

SISTEMA ELECTRÓNICO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LA FRECUENCIA DE CAMBIOS DE POSICIÓN Y PREVENCIÓN DE CAÍDAS.

CAMPO TÉCNICO

La presente invención se ubica dentro del campo técnico de los dispositivos o sistemas electrónicos utilizados para realizar un monitoreo constante con el propósito de generar alertas tempranas sobre el cambio de posición que hay que realizar a los pacientes en estado de hospitalización, a partir del promedio evidenciado en la literatura (cambios por horas), que entre otras variables tiene en cuenta el peso y la talla de la persona como punto de referencia.

Así, la presente invención está dirigida a un sistema electrónico para la identificación de la frecuencia de cambios de posición y prevención de caídas, el cual permite monitorear en tiempo real los pacientes bajo estado de hospitalización, permitiendo de manera anticipada la prevención de caídas y prevención de úlceras por presión. De este modo, el sistema de la invención tiene la finalidad de servir como herramienta para el personal asistencial con relación a los tiempos y frecuencia de movimiento de los pacientes en condición de hospitalización en unidades de cuidados intensivos para evitar la aparición de úlceras por presión. Adicionalmente, otro objetivo de la invención es permitir que el sistema pueda ser utilizado como mecanismo de alerta para conocer de manera anticipada posibles patrones de movimiento que conlleven a un evento de caída sobre un paciente en el servicio de hospitalización. En este sentido, lo que busca el sistema es garantizar la seguridad del paciente y evitar sobre costos en la atención y cuidado de los mismos, así como eventos adversos para el hospital.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

En la actualidad, en el ámbito hospitalario existen principalmente dos problemáticas puntuales que corresponden, por una parte, a las úlceras por presión debido a

largas estancias en cama y de otro lado, las caídas intrahospitalarias, donde la primera de éstas se presenta por situaciones tales como en las UCI (Unidades de Cuidados Intensivos) donde muchos de los pacientes duran prolongados periodos de tiempo en la misma posición generando en ocasiones úlceras, mientras que en la segunda problemática definida como caídas el paciente por diferentes motivos pierde el equilibrio y cae al suelo. En cualquiera de los dos casos anteriores no siempre el personal de la salud es informado a tiempo para prever estos eventos.

Uno de los factores de crecimiento de esta problemática se debió a la coyuntura que se vivió de alerta sanitaria (Covid 19), la cual generó mayores ingresos de pacientes a las instituciones hospitalarias o de salud y, por ende, un número elevado de eventos hospitalarios. Ambas problemáticas pueden llegar a ser factores mortales y deben ser abordadas de forma adecuada para obtener un resultado deseado.

De acuerdo con la problemática expuesta, la tecnología tiende a ser una puerta a la generación de soluciones, ya que el avance en el campo de los sensores tiene la capacidad de detectar una magnitud física o química de su entorno; en la actualidad la mayoría de los sensores actúan como transductores transformando estas variables de instrumentación (variable medida) en variables eléctricas que pueden ser procesadas o analizadas por un dispositivo electrónico. En el campo de la medicina los sensores son especialmente utilizados para determinar y monitorear procesos biológicos, químicos o fisiológicos; para la detención de las variables los sensores pueden ser intracorpóreos o extracorpóreos [R. J. Nudo, "*Recent innovations in rehabilitation science*", Kansas City: Raj Mitra, 2019] [D. G. T. Trevor G. Russell, "*Understanding telehealth*" de *Rehabilitation*, Estados Unidos, Rheuban K, & Krupinski E.A., p. Capítulo 12]. El desarrollo de diferentes tipos de sensores en el ambiente clínico se encuentra en auge, a una tasa compuesta anual del 6,8% de 2020 a 2025 [Markets and markets, 2020. Disponible en <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/sensors-market-healthcare-applications-372.html>], una de las áreas con mayor desarrollo en la actualidad son

los sensores portables o sensores inteligentes a causa de su potencial en rehabilitación y monitoreo remoto, permitiendo la captura de datos de alta precisión de múltiples ambientes para diversos pacientes.

A partir de esta realidad, en el campo de la telerehabilitación se utilizan sensores de movimiento y sensores para medir parámetros fisiológicos, para monitorear el estado de salud de un paciente, dando una mejor comprensión del estado fisiológico del paciente, permitiendo ayudar al correcto cumplimiento de un régimen de rehabilitación en el hogar o un monitoreo fisiológico [R. J. Nudo, “*Recent innovations in rehabilitation science*”, Kansas City: Raj Mitra, 2019] [D. G. T. Trevor G. Russell, “*Understanding telehealth*”, de *Rehabilitation*, Estados Unidos, Rheuban K, & Krupinski E.A., p. Capítulo 12].

Gracias a los avances tecnológicos en la telecomunicación y la microelectrónica se puede hablar de la miniaturización de los sensores de monitoreo continuo, y del rendimiento funcional del paciente como puede ser el monitoreo del ritmo cardíaco, la presión arterial y la oxigenación del organismo, entre otros aspectos que siguen en investigación. La búsqueda de controlar los aspectos fisiológicos y de seguridad de un paciente, sigue presente en la investigación tanto para biosensores como para sensores miniaturizados [R. J. Nudo, “*Recent innovations in rehabilitation science*”, Kansas City: Raj Mitra, 2019]. Sin embargo, los avances tecnológicos no siempre significan desarrollo en todos los sectores, pero sí permiten cerrar brechas, como, por ejemplo, cuando se transforma un problema social o de salud pública en un problema de ingeniería, planteando el problema inicial en diferentes problemas técnicos que se pueda usar la tecnología para resolverlos.

De acuerdo con lo expuesto, se han identificado dos problemáticas importantes en el ambiente clínico-hospitalario; la primera se trata de las úlceras por presión y la segunda se orienta a la prevención de caídas, principalmente las úlceras generadas en UCI y las caídas en hospitalización, tal como se definió anteriormente. Así, para

poder traducir estas problemáticas en problemas técnicos, se debe entender un poco más de las úlceras por presión y las caídas.

Las úlceras por presión (UPP) son lesiones que se forman en la piel o tejido subyacente, generada bajo una prominencia ósea, por ejemplo, en los talones, sacro, cadera, codos entre otros. Estas lesiones se producen por causa de una prolongada exposición de las áreas corporales anteriormente mencionadas a una alta presión o fricción que puede ir combinada con cizallamiento, que conduce a isquemias y en casos más graves, generando necrosis del tejido celular. Los factores de riesgo en la aparición de UPP no son únicos, pero tienen relación con la inmovilidad del paciente y reposo prolongado en cama, el estado de la piel, alteraciones de la perfusión, la edad, la humedad de la piel y la comorbilidad previa [Servicio Madrileño de Salud, Ilustre Colegio de Enfermería de Madrid, “PREVENCIÓN DE LAS ÚLCERAS POR PRESIÓN EN PACIENTES ADULTOS”, 18-06-2014].

La Organización Mundial de la Salud (OMS) en su informe sobre la salud en el mundo del año 2010 destaca la promoción y la protección de la salud como aspectos esenciales para el bienestar humano y para lograr un desarrollo socioeconómico sostenido [Organización Mundial de la Salud, “*Informe sobre la salud en el mundo: La financiación de los sistemas de salud: el camino hacia la cobertura universal*”, 2010], lo que hace que disminuir la aparición de UPP en pacientes se convierta en una necesidad.

En la actualidad existen dispositivos para la prevención de UPP efectivos como, los colchones antiescaras que pueden llegar a ser muy costosos. Otras investigaciones incluyen desde la evaluación del riesgo mediante el uso de escalas que aseguran un plan de cuidado de prevención, hasta la rotación en cama de los pacientes durante periodos de tiempo definidos, para evitar el cizallamiento de la piel con sábanas y el colchón, prevención de la humedad, barreras protectoras y superficies de apoyo.

Muy pocas intervenciones de cuidado han demostrado eficacia en la reducción de úlceras mediante el uso de colchones de alto costo, y esponjas para uso en área sacra. Los cambios posturales, de otro lado se constituyen en la intervención más antigua aplicada en la “prevención de úlceras”, pero no existe evidencia que pruebe su eficacia en la reducción de estos eventos, ni cuál es la frecuencia que mejor reduciría tales lesiones. La implementación de un sistema de alertas y un dispositivo que pudiese monitorear los cambios de movimiento de pacientes hospitalizados, por ejemplo, en unidades de cuidados intensivos, no solo serviría al personal de enfermería en la supervisión y atención sobre los cambios de posición a los pacientes a través de periodos de tiempo programados, sino que permitiría establecer las posiciones mejor y peor toleradas por los pacientes y la evaluación de la tasa de úlceras acorde con la frecuencia de cambios [Organización Mundial de la Salud, “*Informe sobre la salud en el mundo: La financiación de los sistemas de salud: el camino hacia la cobertura universal*”, 2010].

En un estudio del año 2014 en Colombia se encontró que la tasa de eventos adversos relacionados con úlceras por presión es de 2.7 a 8.5 por cada 1000 egresos y la tasa de prevalencia en hospitales de Bogotá, Bucaramanga, Cartagena y Medellín fue de 18 %, 5.27%, 24% y 26.7%, respectivamente. Otro dato importante se relacionó con la edad, ya que 51% de las personas que presentaron UPP tenían entre 62 a 80 años y el 17% entre 80 y 88 años, es decir, las personas mayores a 62 años tienen una mayor prevalencia [D. M. C.-M. A. M.-T. G. D. M.-V. Renata Virginia González-Consuegra, “*Prevalencia de úlceras por presión en Colombia: informe preliminar*”, Revista Iberoamericana de Enfermería Comunitaria., vol. 62, No. 3: 369-377, p. 12–15, 2014].

Ahora, con relación a la segunda problemática planteada, es decir, las caídas, se debe primero tener en cuenta que éstas corresponden a acontecimientos que se generan en contra de la voluntad del individuo, haciendo que este pueda perder el equilibrio y choque con una superficie que le detenga [Organización Mundial de la Salud, 16-01-2018. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact->

sheets/detail/falls]. Las dificultades se generan cuando un individuo al chocar con la superficie sufre una lesión de consideración que puede ir desde un hematoma, una hemorragia o incluso la muerte. La segunda causa de muerte en el mundo por lesiones accidentales no intencionales, son las caídas y un tercio de la población mayor de 65 años sufren de este tipo de eventos; anualmente las cifras van en aumento, principalmente en instituciones hospitalarias, donde se deduce que anualmente mueren 646.000 personas en el mundo debido a caídas y más del 80% se dan en países de bajos o medios ingresos, como es el caso de Colombia [Organización Mundial de la Salud, 16-01-2018. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/falls>].

Las caídas se producen en pacientes hospitalizados con una prevalencia entre el 2% y 12% según un estudio realizado en Chile [Superintendencia de Salud de Chile, *“Normas sobre la seguridad de la atención del paciente y calidad de la atención respecto: reporte de caídas de pacientes hospitalizados”*]. Para prevenir una caída en un ambiente hospitalario se debe tener en cuenta los posibles factores de riesgo, entre los que se han identificado una disminución de la visión, debilidad muscular, alteraciones de la marcha, pérdida del equilibrio, efectos secundarios de los medicamentos, incontinencia, pero también existen factores de riesgo a causa del entorno hospitalario como lo son la altura de la cama, ausencia de barandales, pisos mojados, poca iluminación, y ausencia de alarmas adecuadas que detecten un cambio en el movimiento de pacientes con riesgo [INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS MÉDICAS Y NUTRICIÓN SALVADOR ZUBIRÁN, *“Programa institucional para la prevención de caídas en el paciente Hospitalizado”*].

Teniendo en consideración lo definido en los párrafos anteriores, algunos centros hospitalarios pueden llegar a contar con alternativas para minimizar estos riesgos; en particular, poseen programas de prevención de caídas intrahospitalarias, la implementación de una guía de práctica clínica de prevención de caídas, la cual incluye la minimización de la altura de las camas y camas equipadas con barandas que la rodean. Además, en algunos casos cuentan con estrategias de prevención

ambientales, evaluación de riesgo de pacientes, uso de timbres para asistencia, etc. Sin embargo, en la actualidad prevalecen las caídas y se les atribuye a varios factores; entre ellos está el poco personal de enfermería, condiciones médicas, cirugías, conexiones a equipos o sondas, debilidad muscular, entre otros.

La incidencia de las UPP es un indicador de calidad del cuidado hospitalario evaluado a nivel mundial, así mismo, también es usado por el Ministerio de Protección Social Colombiano. Estos eventos son de gran impacto dado que derivan en problemas de salud para el individuo que las padece, reduciendo así su calidad de vida. Así mismo, suele haber repercusiones legales para los equipos de salud, por cuanto se considera que algunas de estas lesiones son prevenibles, algunos casos pueden ser considerados negligencia profesional.

Con el avance de la tecnología y la revolución 4.0 en los últimos años, surgió un concepto conocido como Internet de las Cosas Médicas (IoMT), el cual puede ser definido como la aplicación de principios, fundamentos, técnicas y conceptos para fusionar dispositivos médicos y sus aplicaciones al interconectarlos con los sistemas de información de los servicios de salud usando tecnología de redes que se basa en diferentes protocolos de comunicación actuales. El uso de los conceptos de IoMT y sus herramientas están día a día cambiando por completo el sistema de salud, en su manera de operar y optimizar sus servicios de salud¹.

La tecnología de la información de atención médica permite a los médicos llevar información con ellos a donde sea que vayan a través de aplicaciones en sus teléfonos inteligentes. Y esta creciente conectividad no muestra signos de desaceleración. De hecho, solo está acelerando. Se espera que el mercado global de Internet de cosas médicas (IoMT) aumente a una valoración de \$158 mil millones en 2022, frente a \$41 mil millones en 2017. En resumen, más conexión significa datos más accesibles y mejor atención médica para los pacientes².

¹ <http://ticfacmat.blogspot.com/2017/10/iomt-internet-de-las-cosas-medicas.html>

² <https://www.businessinsider.com/iot-healthcare>

Así las cosas, en el estado del arte existe una pluralidad de divulgaciones relacionadas con aparatos o dispositivos que permiten hacer algún tipo de monitoreo de pacientes para evitar caídas de éstos o úlceras en pacientes, dentro de las que se encuentra el documento KR 101504968, el cual se refiere a un sistema de detección de riesgo de caídas, más concretamente, a un sistema de detección de caídas que responde inmediatamente a una caída detectando la caída mediante el uso de un sensor de infrarrojos y transmitiendo una señal a un administrador como un médico y una enfermera en caso de caída de un paciente con inmovilidad en un sanatorio o en un hospital. Dicho sistema de detección de caídas incluye: un detector sensor de infrarrojos que se instala en la cama de un paciente para generar una señal de transmisión cuando detecta el movimiento de un paciente; una pluralidad de relés para recibir la señal de transmisión del detector sensor de infrarrojos y retransmitir la señal de transmisión; un transceptor principal para recibir la señal de transmisión desde el detector o relé del sensor de infrarrojos, analizando la señal y transmitiendo una señal que incluye una frecuencia de identificación; y un buscapersonas que coincide con la frecuencia de identificación para recibir la señal emitida desde el transceptor principal y generar un sonido de alerta.

Sin embargo, el sistema definido en dicha anterioridad presenta el inconveniente o la desventaja que corresponde a un sistema de detección de riesgo de caída de un paciente basado en un sensor IR y una señal que se sincroniza con un buscapersonas o dispositivo de un médico o profesional de salud, pero no se basa en el internet de las cosas ni tampoco cuenta con una pluralidad de capas para lograr el objetivo. Además, no se menciona que el dispositivo también sea útil para prevenir úlceras en dichos pacientes, sino que únicamente se basa en caídas.

De otra parte, se encuentra el documento CN 109480403 que divulga un método de detección y advertencia de caídas de personas mayores de una banda de reconocimiento basada en grandes datos, donde dicho método incluye la detección de anomalías corporales, la activación de un mensaje de alarma, el manejo manual,

el permitir que un temporizador esté en el tiempo de espera, la activación de una nueva comprobación y la activación de la alarma. La detección de anomalías de múltiples aspectos y la verificación doble se llevan a cabo con base al concepto de inteligencia artificial, es decir, la verificación del cuerpo y la verificación de la cámara; se reduce la tasa de falsas alarmas del sistema y se mejora la precisión de detección del sistema. El posicionamiento y las alarmas se activan para transmitir con eficacia la información básica y la información anómala del cuerpo del usuario a un hospital comunitario, se reducen las posibilidades de que el hospital obtenga una comprensión insuficiente de la información del paciente, se gana más tiempo para el usuario y el paciente caído puede ser rescatado con mayor eficacia.

No obstante, este documento previo puede llegar a representar un inconveniente, dado que realiza un monitoreo constante de variables relacionadas con el cuerpo del paciente, verificando anomalías que se pueden presentar y activando una serie de alarmas para transmitir una información básica en caso de un evento, pero falla en divulgar una capa completa de sensado y otras capas que permiten obtener un sistema más robusto, al tiempo que no se basa en el internet de las cosas, ni tampoco se especifica que pueda ser usado para prevenir úlceras en los pacientes, lo que indica que su uso es muy limitado.

Ahora bien, también se tiene el documento GB 2581767 relacionado con el control del movimiento de un paciente, preferiblemente mientras está en una cama de hospital, donde un sensor, tal como una cámara térmica, recopila datos y atribuye una de una pluralidad de posiciones predeterminadas del paciente, y determina si la persona se está moviendo. Se clasifica un nivel de riesgo en función de la posición y el movimiento de la persona, es decir, la posibilidad/probabilidad de que se caiga. Si se supera un umbral de riesgo predeterminado, se realiza un cambio en las condiciones ambientales, como una alarma visual o de audio, o una barrera/carril mecánico. Los datos de posición pueden incluir secciones de la cama y/o la posición del cuerpo con respecto a la cama, como tumbarse boca abajo, sentarse en el centro o sentarse con las piernas fuera de la cama. Se pueden usar sensores de

sonido o tapetes de presión. Se puede usar una cámara de tiempo de vuelo para generar automáticamente imágenes en 3D. El posicionamiento canónico del paciente se puede determinar comparando la topografía de la cama del paciente con un conjunto de datos de configuraciones conocidas.

Sin embargo, el sistema de monitoreo del paciente para determinar o prevenir una caída del mismo definido de dicha anterioridad se basa en una serie de sensores y un tapete que se ubica directamente en la cama donde se encuentra el paciente, pero presenta el inconveniente que falla en divulgar el hecho que se basa en el internet de las cosas y el uso de una pluralidad de capas para lograr el objetivo, al tiempo que no se especifica que el sistema pueda ser utilizado también para la prevención de úlceras en el cuerpo del paciente, por lo que su uso es limitado.

Adicionalmente, se encuentra el documento AU 2021101323 que enseña un sistema de prevención de caídas de aprendizaje automático que se puede utilizar para predecir, detectar y reducir de manera efectiva las caídas de pacientes tanto en centros de atención para personas mayores como en hospitales. El sistema de prevención de caídas inventado utiliza una cámara de profundidad como sensor principal, lo que permite que el sistema extraiga datos del esqueleto del cuerpo humano y, por lo tanto, rastree los movimientos humanos en el campo de visión de la cámara. Con los datos extraídos en tiempo real, el método de aprendizaje automático desarrollado puede detectar con éxito las caídas de los pacientes con una precisión de al menos el 90%. Con respecto a la seguridad personal, la privacidad tanto de los pacientes como de los trabajadores del hospital se puede proteger transformando la apariencia de los monitoreados en un formato simple de figura de palo. Cuando se detecta o se predice que ocurrirá una caída, la aplicación móvil o de computadora desarrollada enviará automáticamente una notificación a los médicos y enfermeras asociados con el paciente. Esto permite que el personal del hospital intervenga rápidamente y detenga la caída antes de que ocurra, o brinde asistencia inmediata al paciente después de que haya ocurrido la caída para mitigar la gravedad de cualquier lesión causada por la caída.

No obstante, aunque esta anterioridad define un sistema robusto que permite detectar y predecir cuándo se va a presentar una caída de un paciente y así alertar o enviar un mensaje a las personas encargadas para tomar las respectivas medidas, el mismo presenta la desventaja que no menciona el uso del internet de las cosas para hacer envío de información de forma constante, al tiempo que tampoco indica que se haga un monitoreo de las frecuencias o variables del paciente para dicha predicción. Adicionalmente, no se especifica que el sistema o dispositivo pueda ser usado para la prevención de úlceras en el paciente.

Finalmente, está el documento AU 2021104891 que divulga un sistema de monitoreo de salud de emergencia con prevención de caídas para ancianos que usa comunicación de luz visible, y se relaciona con ayudar a los ancianos independientes que tienen problemas de salud al detectar e identificar su momento de caída junto con su orientación física, protegiéndolos rápidamente al inflar una bolsa de aire portátil que se usa alrededor del paciente para evitar lesiones por caídas. La detección continua de parámetros como la frecuencia cardíaca, la presión arterial, la saturación de oxígeno en la sangre, la temperatura corporal, el ECG, los cambios de inercia del cuerpo, la velocidad de rotación, los patrones de marcha y las fuerzas de caída en el suelo durante una caída del paciente también se realizan mediante una serie de sensores, y cuando alguno de los parámetros sube o baja, se envía un mensaje a los médicos o familiares y se inicia una llamada automática a una ambulancia para una atención de emergencia.

Sin embargo, esta anterioridad puede ser considerada como estado del arte general, dado que se basa en la detección o predicción de una caída para habilitar una bolsa de aire y amortiguar un poco dicha caída y evitar problemas serios en el paciente. Además, presenta la desventaja que no se basa en el internet de las cosas ni tampoco indica que se pueda usar para la prevención de úlceras en la piel del paciente.

A partir de la información anterior, se puede concluir que las divulgaciones previas o existentes se relacionan con una serie de dispositivos o sistemas que se basan en una pluralidad de sensores para determinar o predecir una caída de un paciente en un hospital o en centro de cuidado, especialmente para ancianos que están al cuidado de un personal específico, donde en varias oportunidades el sistema o dispositivo se basa en sensores de presión, y en otros se basa en sensores de tipo IR o en cámaras que detectan los movimientos del paciente y pueden detectar una caída o predecirla. En un caso específico se incluye una serie de elementos que permiten leer las variables de la persona, tal como ECG, presión, saturación, etc., que ayudan a que se pueda hacer una predicción más acertada.

Sin embargo, todos los documentos del estado del arte previo presentan el inconveniente que no permiten hacer un monitoreo doble ni en tiempo real, es decir, donde se aborden las dos problemáticas como se definieron previamente, sino que se enfocan únicamente en el monitoreo de las caídas o en la prevención de úlceras, pero sin poder realizar los dos procesos de forma simultánea o según sea configurado por el usuario. Además, no hacen uso de nuevas tecnologías de información, tal como el internet de las cosas (IoT) para poder enviar los datos de forma continua y permanente para que puedan ser visualizados en cualquier momento por el personal a cargo del cuidado del paciente, además de garantizar una trazabilidad constante en la monitorización de pacientes.

De acuerdo con lo indicado previamente, es claro para el experto en la materia que en el estado del arte existe una necesidad por diseñar e implementar un dispositivo, aparato o sistema que pueda ser utilizado para el monitoreo y la predicción de caídas en una unidad hospitalaria o centro de cuidado, donde se hace altamente deseable y necesario que dicho dispositivo o sistema también pueda ser utilizado para evitar úlceras en la piel en dichos pacientes, todo esto mediante el uso de nuevas tecnologías de la información que permitan hacer un monitoreo constante y remoto, al tiempo que sea confiable y adecuado para que el cuidador pueda tomar

las decisiones correctas y se eviten inconvenientes de salud o incluso la muerte del paciente.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

Considerando los problemas y/o necesidades anteriormente mencionadas, los presentes inventores han propuesto un nuevo sistema electrónico para la identificación de la frecuencia de cambios de posición y prevención de caídas, el cual permite monitorear en tiempo real los pacientes bajo estado de hospitalización, permitiendo de manera anticipada la prevención de caídas y prevención de úlceras por presión. De este modo, el sistema de la invención tiene la finalidad de servir como herramienta para el personal asistencial con relación a los tiempos y frecuencia de movimiento de los pacientes en condición de hospitalización en unidades de cuidados intensivos para evitar la aparición de úlceras por presión. Adicionalmente, otro objetivo de la invención es permitir que el sistema pueda ser utilizado como mecanismo de alerta para conocer de manera anticipada posibles patrones de movimiento que conlleven en caída de un paciente en el servicio de hospitalización. En este sentido, lo que busca el sistema es garantizar la seguridad del paciente y evitar sobre costos en la atención y cuidado de los pacientes, así como eventos adversos para el hospital.

Adicionalmente, el sistema de la presente invención se caracteriza porque tiene dos finalidades u objetivos principales. El primero de ellos es servir como herramienta para el personal asistencial con relación a los tiempos y frecuencia de movimiento de los pacientes en condición de hospitalización en unidades de cuidados intensivos para evitar la aparición de úlceras por presión. En segundo lugar, permitir que el sistema pueda ser utilizado como mecanismo de alerta para conocer de manera anticipada posibles patrones de movimiento que conlleven en caída de un paciente en el servicio de hospitalización. De este modo, lo que busca el sistema de la presente invención es garantizar la seguridad del paciente y evitar sobre costos en

la atención y cuidado de los pacientes, así como eventos adversos para el hospital o centro de cuidado donde se encuentra el paciente.

De forma concreta, el dispositivo o sistema de la presente invención permite la monitorización sobre los dos factores objeto de estudio (úlceras por presión/eventos de caídas) de manera simultánea. Así mismo, la tecnología con la cual fue desarrollada está directamente asociada al internet de las cosas, tecnología que garantiza la transmisión de información en tiempo real, permitiendo de manera satisfactoria el desarrollo de sistemas de alerta inmediata al personal asistencial, bien sea por medio de una aplicación web/móvil, e-mail o mensajes de texto personalizados.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

La presente invención está dirigida a un nuevo sistema electrónico para la identificación de la frecuencia de cambios de posición y prevención de caídas. En el caso de la detección de úlceras en la piel producidas por la presión que existe en diferentes partes del cuerpo en pacientes que permanecen durante largos periodos de tiempo en estado de hospitalización la tecnología conocida como internet de las cosas, permite la transmisión de información en tiempo real, generando de manera satisfactoria el desarrollo de sistemas de alerta inmediata al personal asistencial, bien sea por medio de una aplicación web/móvil, e-mail o mensajes de texto personalizados.

De esta forma, las Figuras 1 a 4 presentan un sistema electrónico de monitoreo de pacientes para identificación de cambios de posición y prevención de caídas, y detección de úlceras por presión en la piel (UPP), en donde dicho dispositivo o sistema comprende o consiste esencialmente, en general, sin limitaciones, de las siguientes partes o componentes:

- Una carcasa externa (1) en cuyo interior se ubican los componentes electrónicos que forman parte del presente sistema, donde dicha carcasa (1) cuenta con un botón (2) que permite el encendido o apagado del sistema. Por otra parte, la carcasa (1) cuenta con un puerto de conexión tipo “C” (3) ubicado preferiblemente en un borde de la carcasa externa (1) permitiendo realizar el proceso de recarga de la batería sin la necesidad de abrir la carcasa (1) del dispositivo;
- Un módulo de sensado que permite monitorear de forma permanente y en tiempo real un paciente, con el fin de prevenir una posible caída o la aparición de úlceras por presión, donde dentro de los componentes internos del módulo de sensado se encuentra una tarjeta que combina cuatro sensores de última generación de Bosch Sensortec, donde principalmente se hace uso del sensor inercial también conocido como unidad de medición inercial (IMU) de seis ejes que permite obtener la aceleración lineal y velocidad angular los movimientos realizados en los ejes (x, y, z), esto combinado con un sensor geomagnético de tres ejes tipo brújula para garantizar la orientación del paciente en el eje z y la generación de algoritmos de “sensor data fusión”;
- Una unidad central de procesamiento, la cual preferiblemente corresponde a un microcontrolador que es un circuito integrado programable capaz de realizar operaciones complejas a gran velocidad y conectarse con sensores y/o periféricos externos por medio de protocolos de comunicación I2C;
- Un sistema de almacenamiento y procesamiento de datos, el cual se soporta en un modelo entidad-relación que hace referencia a una herramienta para el modelo de datos, el cual facilita la representación de entidades de una base de datos, y al mismo tiempo, se encarga no solo de almacenar información, sino también de conectarlos entre sí de una manera lógica, en donde dicho módulo de almacenamiento y procesamiento de datos corresponde a un sistema que gestiona cada uno de los dispositivos independientemente de la configuración de caídas o úlceras, lo que quiere decir que representa sus características o atributos (datos);

- Un módulo de encriptación de datos, el cual se basa en el uso o aplicación de un protocolo de seguridad que sirve para brindar confianza al usuario final que interactúa con la aplicación web, tal como SSL, lo que permite que el sistema sea considerado auténtico, real y confiable para ingresar datos a nivel personales o para el manejo de datos sensibles como los que puede haber en algún momento;
- Un módulo de potencia, el cual permite suministrar la energía o la potencia necesaria a todos los elementos o componentes del sistema para su adecuado funcionamiento, en donde, de forma preferida pero no limitante, dicho módulo de potencia es de tipo recargable y es recargado a través del puerto de carga tipo “C” (3) que se encuentra en la parte externa de la carcasa (1);
- Una interfaz de usuario que permite la interacción con el usuario (aplicación web).

Así las cosas, en una modalidad preferida de la invención, en su parte externa, la carcasa externa (1) del sistema está construida a partir de un ortoedro con bordes redondeados, cuyas dimensiones se encuentran preferiblemente en el rango de 4.5 cm de longitud, preferiblemente 5.0 cm, de 4.5 a 5 cm de profundidad, preferiblemente 4.5 cm, y de 1 a 2 cm de alto, preferiblemente 1.5 cm. Sin embargo, dentro del presente documento también se contemplan carcasas externas (1) que tienen dimensiones mayores o menores a las especificadas, así como otras formas geométricas o figuras, siempre y cuando sean adecuadas para ser usadas con el sistema de la invención.

Adicionalmente, la carcasa externa (1) del sistema de la presente invención está construida preferiblemente en un material adecuado y con la resistencia deseada, preferiblemente se construye en plástico o ácido poliláctico (PLA).

Ahora bien, dentro del sistema de comunicación del dispositivo de la invención, se contempla también la inclusión de comunicación a la nube (servidor VPS), la cual

es utilizada para el envío de la información desde el dispositivo mediante el protocolo MQTT (“Message Queuing Telemetry Transport”), el cual se encarga de transferir la información del dispositivo a un servidor en la nube a través de un puerto virtual dedicado, donde estos datos son organizados y enviados como “mensajes” en formato JSON, el cual es necesario para este protocolo de envío de información. Así mismo, en el VPS se encuentra instalado un bróker o servidor de mensajería MQTT que permite la recepción y registro de estos mensajes, donde los datos recibidos son registrados en una base de datos que hace las veces de un sistema de gestión de información de tipo “relacional”, lo que significa que los datos contienen una serie de celdas que se dividen en columnas y filas (registros).

Por otra parte, el sistema de la presente invención además cuenta con o hace uso de un servicio de alertas, las cuales tienen por objeto informar de manera temprana los posibles riesgos que existen para los pacientes. En este caso, se presenta un sistema de almacenamiento de información alterna donde se almacenan los mensajes provenientes del dispositivo como “objetos” en formato tipo JSON. Esta base de datos puede conceptualizarse como un árbol de mensajes bajo el formato JSON alojado en la nube. A diferencia de una base de datos de SQL, no hay tablas ni registros, es decir de tipo no relacional.

Finalmente, el servicio de visualización se realiza a través de una página web, donde como requisito, es necesario realizar un sencillo registro, para luego poder ingresar a través de credenciales previamente suministradas por el administrador de la plataforma. En esta página web es posible identificar las posiciones de cada uno de los pacientes que porten el dispositivo de monitorización por medio de imágenes diseñadas previamente. En este aspecto, las posiciones adoptadas por los avatares representados en cada imagen de la página web son el resultado de algoritmos desarrollados bajo el lenguaje de programación JavaScript con la ayuda de tecnologías como de aprendizaje de máquina los cuales permiten la toma de decisiones de manera precisa con relación a los movimientos del usuario. En este caso, la información es recibida a través del protocolo HTTPS de cada uno de los

dispositivos (mensajes) y a partir de rangos definidos para cada uno de los casos (caídas/úlceras) se determina automáticamente la respuesta del sistema. Conforme con lo expuesto, a este tipo de arquitectura se le denomina como distribuida, ya que la información se recolecta desde diferentes dispositivos a internet, se realiza un proceso de depuración desde el bróker.

Por otra parte, con respecto al proceso de almacenamiento, se garantiza que los registros son almacenados de manera segura a través de una base de datos de tipo relacional, ya que proporciona los métodos y herramientas para garantizar la integridad de los datos, como de la misma forma, adicionar, editar, eliminar o actualizar de manera sencilla los registros obtenidos. Del mismo modo, se puede decir que este mismo sistema de almacenamiento permite administrar los permisos de acceso a los usuarios (sistema de login).

Con relación a los datos obtenidos del sensor, se tiene una periodicidad de muestreo de alrededor de 20 segundos y se almacenan bajo las etiquetas de (x, y, z). Por lo tanto, la estructuración de la cadena de mensajes es determinada con un número de identificación (id), fecha, hora y rendimiento de la batería.

Así las cosas, los datos transmitidos son almacenados para su posterior procesamiento, con el fin de analizarlos, agruparlos e interpretarlos para la generación de información clave que conduzca a la toma de decisiones de manera eficiente. El procesamiento de la información capturada está directamente relacionado con la aplicación web. En esta aplicación se presenta una serie de algoritmos que tienen como entrada de activación los valores de los ángulos generados por el dispositivo y que concuerdan con los movimientos realizados por el paciente, que, bajo los estudios realizados por el personal asistencial, determinan la generación de una alerta en particular.

En ese sentido, el procesamiento de los datos se valida directamente con base a los rangos establecidos en el algoritmo de inteligencia artificial, donde a su vez,

permite generar tanto de manera visual como auditiva, los posibles riesgos en los que puede estar un paciente en un momento dado. Por otra parte, toda la información recolectada se encuentra almacenada en bases de datos y permite tener una trazabilidad a lo largo del tiempo sobre el comportamiento de cada uno de los dispositivos (paciente).

Ahora bien, con respecto al módulo de encriptación de datos, el protocolo deseado es SSL y bajo dicho protocolo la información recolectada y transferida desde el dispositivo a la nube viaja de forma “cifrada” entre los dos puntos (extremo a extremo). Dichos puntos suelen ser el servidor y el cliente, esto quiere decir que la transmisión de los datos entre un servidor y un usuario web, y viceversa, es totalmente cifrada o encriptada.

Complementario a lo definido anteriormente, una de las características importantes a resaltar del diseño del sistema de la presente invención es que integra un módulo de carga para la batería. Otro de los componentes del sistema es la batería, la cual tiene la función de alimentar o darle energía tanto a la unidad de procesamiento central (microcontrolador) como a la tarjeta que contiene el sensor IMU y la brújula. En ese sentido, es importante destacar que se trata de una batería litio polímero de 3.7v / 500mA, la cual tiene la característica de ser recargable a través de un sistema externo (cargador) y tener un circuito de protección de sobre carga y cortocircuito.

Aunque la presente invención ha sido definida en términos de las modalidades y/o configuraciones preferidas que permiten obtener el resultado deseado, se entiende entonces que dentro de la presente divulgación se contemplan las múltiples modificaciones y/o alternativas que se puedan derivar de forma evidente para un experto en la materia, razón por la cual el alcance de la presente invención no está definido únicamente por las implementaciones preferidas definidas acá, sino que, por el contrario, el mismo está enteramente definido por las reivindicaciones adjuntas.

