

FORMULARIO DE INTENCIÓN DE PROPUESTA
PROGRAMA DE FOMENTO A LA INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO (I+D)
CONVOCATORIA PÚBLICA DE FOMENTO I+D PARA EGRESADOS DE ESTUDIOS DE DOCTORADO
(FIED) 2021

PARA USO DE SENACYT
CÓDIGO DE INTENCIÓN DE PROPUESTA
CATEGORÍA

1. DATOS GENERALES DEL PROYECTO	
1.1 Título del proyecto: Estimación del ritmo cardíaco a distancia mediante visión artificial para aplicaciones en entornos educativos	
1.2 Categoría de aplicación (categoría de evaluación separada): ☒ A. EGRESADOS DE ESTUDIOS DE DOCTORADO ☐ B. EGRESADOS DE ESTUDIOS DE POSTDOCTORADO NOTA: SELECCIONE SOLO UN CASILLERO	
1.3 Áreas Temáticas: Para facilitar su selección, ver listado de Clasificación de las Ciencias, documento publicado con esta convocatoria. ☐ A. Ciencias Naturales ☒ B. Ingeniería y Tecnología ☐ C. Ciencias Médicas ☐ D. Ciencias Agrícolas ☐ E. Ciencias Sociales ☐ F. Humanidades ☐ G. Otras ramas de la ciencia _____ (especifique)	
NOTA: SELECCIONE SOLO UN CASILLERO	
1.4 Monto solicitado a la SENACYT: B/. 60,000.00	1.5 Monto a financiar por otras fuentes (inclusive aportes en especie) B/. 0.00
1.6 Fecha tentativa para inicio de ejecución de la propuesta (dd/mm/aaaa): 15/1/2022	1.7 Período de duración de la propuesta (en meses) 18 meses NOTA: MÁXIMO DE 24 MESES
1.8 Descripción Breve de la INTENCIÓN DE PROPUESTA: (Máximo 150 palabras) El ritmo cardíaco es un parámetro fisiológico conocido por ser un indicador del estado de salud de una persona. Se ha utilizado previamente tanto como un indicador, como un predictor de morbilidades. Por ejemplo, se ha llegado a demostrar que este parámetro puede ser utilizado para la detección temprana, con hasta nueve días de anticipación, de contagios de COVID-19. Adicionalmente, el ritmo cardíaco también es utilizado para la estimación de los niveles de estrés de una persona, donde el estrés crónico es también un promotor de morbilidades y mortalidades. Por eso, este parámetro se puede utilizar como un biomarcador transdiagnóstico entre la medicina y psicología. El objetivo de este proyecto es entonces desarrollar un sistema de medición de ritmo cardíaco a distancia, mediante cámaras, pensado especialmente para aplicaciones en entornos educativos. Esto aporta una mejora significativa dentro del contexto de las mediciones de parámetros de manera masiva, evitando el contacto con los dispositivos.	
1.9 Palabras clave (son palabras que orientarán a SENACYT para el proceso de evaluación): (Máximo 10 palabras) OXIMETRÍA, FOTOPLETISMOGRAMA REMOTO, ESTIMACIÓN DE ESTRÉS, PROCESAMIENTO DE IMÁGENES, VISIÓN ARTIFICIAL	

2. DATOS GENERALES DEL PROPONENTE (ASEGURARSE QUE LOS DATOS SEAN ACTUALIZADOS Y VALIDABLES)		
2.1 Proponente/ Investigador Principal (persona natural que firmará el contrato/ responsable de la propuesta)		
2.3.1 Nombre del Proponente: Alejandro Von Chong Echevers		
2.1.2 Número de identificación personal: 8-794-2255		
2.1.3 Teléfonos (fijo y móvil): 6770-2464		
2.1.4 Correo electrónico: alejandro.von@utp.ac.pa		
2.2 Entidades que apoyan/ colaboran con la propuesta de investigación (si es necesario, añada filas). Toda entidad que se indique que avala/ apoya la propuesta debe presentar la "carta de aval" a la misma, utilizando el formato descrito en este formulario.		
Nombre de la Entidad	Tipo de apoyo/ colaboración	Nombre del responsable del Aval
CEMCIT-AIP	Gestión de fondos	Héctor Montemayor
Universidad Tecnológica de Panamá	Espacio físico	Héctor Montemayor

2.3 Investigadores que participan en el proyecto propuesto (si es necesario, añada filas)						
Nombre de colaboradores		Institución a la que está vinculado		Motivo de la alianza y actividades a desarrollar en el proyecto		Tiempo de dedicación al proyecto (Hrs/ Semana)
Alejandro Von Chong Echevers		CEMCIT-AIP		IP – Experto en oximetría		10 horas
Fernando Merchán Spiegel		CEMCIT-AIP		Experto en procesamiento de imágenes		2 horas
2.3.1 Recurso Humano que se formará con el proyecto						
Número de Estudiantes		Nivel de Formación		Tarea a realizar dentro del Proyecto		Tiempo de dedicación al proyecto (Hrs/ Semana)
1		Maestría		Implementación código		15
2		Licenciatura		Pruebas y mediciones		15
2.4. Programa y/o concursos en los que han participado los investigadores de la propuesta						
Nombre del programa o concurso Área temática	Nombre de la propuesta	País	Fue aprobado (sí o no)	Monto solicitado	% de colaboración en la propuesta	Fecha (dd/mm/aaaa)
Convocatoria de respuesta rápida al COVID-19	Diseño e implementación de ventiladores mecánicos de bajo costo en respuesta a pandemia provocada por COVID-19	Panamá	Sí	B/. 145,000.00	100% Alejandro Von Chong, IP	12/2020
SENACYT- Programa de Fomento a la Investigación y Desarrollo (I+D) Convocatoria Continua de Fomento a la Inserción de Talento Humano Especializado 2010 –SENACYT	Proyecto: “Tecnología de videovigilancia basada en la fusión compresiva de la información”	Panamá	Sí	B/. 33,722.70	60% Fernando Merchán, IP	05/2010
SENACYT-Programa de Apoyo a las Actividades de Ciencia y Tecnología. Convocatoria Pública Generación de Capacidades Científicas y Tecnológicas 2010 -	Pasantía en Procesamiento Compresivo de la Información	Panamá	Sí	B/. 14,960.00	50% Fernando Merchán, IP	06/2010
SENACYT-Convocatoria Pública de Fomento I+D para el desarrollo sostenible (IDDS) 2015	Biomonitoreo Participativo de la calidad del Agua con Juntas Administradoras de Acueductos Rurales (JAAR): Herramienta para sostenibilidad de los Recursos Hídricos en Panamá	Panamá	Sí	B/. 94,712.00	20% Fernando Merchán	07/2015
PROGRAMA DE FOMENTO A LA INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO (I+D) CONVOCATORIA DE FOMENTO A I+D (FID) 2018	Desarrollo de un sistema de monitoreo acústico en tiempo real basado en tecnología LoRa para la conservación de manatíes en humedales de Panamá	Panamá	Sí	B/. 120,000.00	30% Fernando Merchán, IP	11/2019
2.5 Ubicación geográfica de la propuesta						
Provincia/ Comarca		Distrito		Corregimiento		Lugar

Panamá	Panamá	Ancón	Universidad Tecnológica de Panamá
2.6 Área geográfica de impacto de la propuesta			
Provincia/ Comarca	Distrito	Corregimiento	Lugar
Panamá	Panamá	Ancón	Universidad Tecnológica de Panamá

3. DESCRIPCIÓN DE LA INTENCIÓN DE PROPUESTA

TÍTULO DE LA INTENCIÓN DE PROPUESTA

Estimación del ritmo cardíaco a distancia mediante visión artificial para aplicaciones en entornos educativos

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN (Describa el problema, sus causas y efectos)

El ritmo cardíaco es una medida asociada a la actividad fisiológica de una persona y es un indicador de su estado de salud; el ejercicio físico, el estrés mental, el uso de medicinas, todas influyen en la actividad y funciones cardíacas. En consecuencia, el ritmo cardíaco se utiliza en numerosas aplicaciones tales como: diagnósticos médicos, evaluaciones de la condición física y reconocimiento emocional [1]. Hasta hace poco, la estimación del ritmo cardíaco había sido relegada para uso en ámbitos médicos únicamente, ya que es sabido que una disfunción cardíaca es un predictor de morbilidad y mortalidad [2]. Sin embargo, la evidencia sustenta la idea que los diagnósticos psiquiátricos están también asociados a un aumento en la morbilidad y mortalidad ligado a disfuncionalidades cardíacas [3]. Por ejemplo, el estrés crónico produce un aumento de riesgo de manifestar enfermedades cardiovasculares que está a la par con otros factores de riesgo reconocidos, tales como fumar, hipertensión o diabetes [4]. Aunque los mecanismos de cómo están ligados el estrés y las variaciones en el ritmo cardíaco no están del todo claros, la teoría generalizada de la inseguridad del estrés provee una posible explicación [5], [6].

La pandemia del COVID-19 ha traído numerosas afectaciones en términos psicológicos (debido al confinamiento) y fisiológicos (debido, entre otras, a la reducción considerable de la actividad física durante los períodos de cuarentena) en la población global [7], [8]. Factores tales como el miedo y percepciones negativas asociadas a la enfermedad y el estrés por las consecuencias económicas que han provocado las cuarentenas, han exacerbado los problemas de salud mental [7]. Adicionalmente, no se puede perder de vista que la mayoría de las enfermedades respiratorias (como aquella provocada por el COVID-19) y cardiovasculares afectan el ritmo cardíaco y la frecuencia respiratoria [9]. De hecho, la variabilidad del ritmo cardíaco (conocido en inglés como, Heart Rate Variability, o HRV) ha probado ser un predictor de la severidad de la infección de una persona que se haya contagiado con COVID-19 y que, con una intervención temprana, aumenta de manera significativa la posibilidad de mitigar una respuesta severa a la enfermedad [10]. Otramente dicho, el ritmo cardíaco podría ser utilizado como un biomarcador *transdiagnóstico* con utilidad clínica en psicología, psiquiatría y en medicina, para mejorar la identificación de personas con factores de riesgo [11].

Actualmente, se usa de manera generalizada el monitoreo de fiebre mediante cámaras térmicas o termómetros infrarrojos, normalmente previo al ingreso a un establecimiento, para evitar el ingreso de una persona febril y así la proliferación del COVID-19. Pero esto no es sin limitaciones: estos termómetros pueden medir valores normales aún en personas febriles, o incluso hipotermia, debido a factores externos como la temperatura externa, el viento o la lluvia [12]. Las personas febriles pueden también tomar antipiréticos para evitar ser retenidos en estos controles. En [12], se reporta que, de 40,887 personas con intención de ingresar a un hospital, sólo 5 pacientes evidenciaron temperaturas febriles, pero luego de efectuar una segunda medición de temperatura, ya en el interior del establecimiento, se hallaron 37 más. Incluso, la FDA menciona que las mediciones de temperatura podrían ser un indicador limitado, y que utilizar estas lecturas únicamente, podrían fallar en detectar más de la mitad de las personas infectadas [13].

Se ha logrado demostrar que es posible realizar predicciones presintomáticas de contagios de COVID-19 utilizando la información provista por un reloj inteligente [14]. En este estudio se muestra que 63% de los casos de contagios por COVID-19 se pueden predecir antes de la aparición de los síntomas, con hasta 9 días de anticipación, mediante cambios extremos en el ritmo cardíaco en reposo con respecto a los valores normales para cada persona. Por esta razón, la posibilidad de monitorear de manera remota y continua el ritmo cardíaco de manera remota se convierte en una herramienta adicional para el detección y seguimiento de personas potencialmente afectadas por el COVID-19. Actualmente, las formas más comunes para la estimación del ritmo cardíaco son a través de un electrocardiograma [11] o a través de un oxímetro de pulso [15]. Ambas requieren contacto directo y no son adecuadas para el seguimiento en el contexto del COVID-19.

Gracias al avance en la rama de procesamiento digital de señales y al incremento del poder de procesamiento de los dispositivos electrónicos, recientemente se han propuesto algoritmos para detección del ritmo cardíaco y la variación de la frecuencia cardíaca a distancia y en tiempo real mediante cámaras [16], [17]. Los métodos de medición del ritmo cardíaco a distancia se basan en la diferencia de absorción luminica de un tejido debido al incremento de volumen sanguíneo, igual que en la oximetría de pulso [18]. Dentro de la literatura se encuentran algunos códigos de libre acceso para el desarrollo de estos sistemas tales como el propuesto en [19], lo cual facilita y reduce enormemente el tiempo de implementación.

Adicionalmente, previo a la pandemia causada por el COVID-19, la estimación a distancia ritmo cardíaco y la variación de la frecuencia cardíaca estaba cobrando especial interés en ámbitos académicos y se han utilizado como indicadores de los niveles de estrés en estudiantes universitarios mediante un oxímetro de pulso (ver Fig. 1) [20]. Esta herramienta podría ser de utilidad también para estudiar los efectos de algunos cursos o profesores en el nivel de estrés de los estudiantes y así proveer una realimentación positiva para la mejora del estado anímico estudiantil.

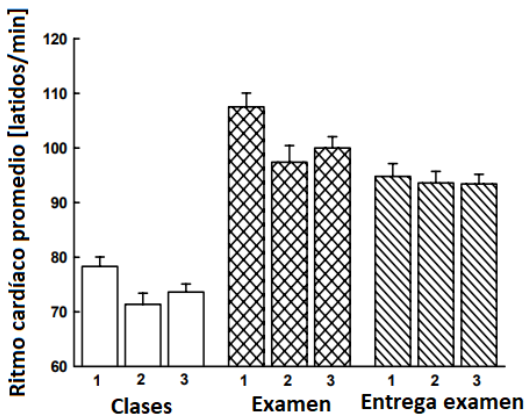


Fig. 1. Ritmo cardíaco promedio de 10 estudiantes en clases, durante un examen y justo después de la entrega del examen [21].

El objetivo de este proyecto es entonces, la implementación de un sistema piloto para la estimación del ritmo cardíaco y la variación de la frecuencia cardíaca para entornos educativos mediante cámaras. Este es el paso inicial con un doble propósito en mente: realizar detecciones tempranas en cambios extremos en la variabilidad del ritmo cardíaco como una herramienta adicional para la detección y seguimiento de morbilidades como el COVID-19 y como un estimador del estrés, el cual podría ser utilizado para mejorar políticas universitarias, por ejemplo, al momento de la confección de horarios de clase, o para el reforzamiento positivo al cuerpo docente y/o estudiantil.

Este proyecto encaja dentro de dos de los cuatro grandes desafíos establecidos en el Plan Nacional de Ciencia y Tecnología e Innovación 2015-2019. El tercer gran desafío consiste en lograr una competitividad sostenible basada en tecnología e innovación, donde este proyecto contiene una componente importante. Como se menciona en el próximo punto, el uso de visión artificial para aplicaciones biomédicas es un campo activo de investigación. El uso y avance de tecnologías para la telemedicina está en avance y con gran ímpetu, incluso acelerado por la pandemia del COVID-19. También, sobre la problemática planteada en el cuarto gran desafío, puesto que, al pertenecer a una entidad educativa, tenemos una incidencia directa sobre la generación, transmisión y uso del conocimiento.

TIPO DE INVESTIGACIÓN (Exploratorios o descriptivos; Analíticos o comparativos; De intervención o experimentales)

Esta investigación encaja dentro del marco exploratorio, ya que, a nuestro conocimiento, no se ha implementado un sistema como tal dentro de un aula de clase. La detección del ritmo cardíaco mediante cámaras es actualmente un campo de investigación activo y hay múltiples retos que aún no han sido resueltos. El desarrollo experimental de la mayoría de los estudios que utilizan esta técnica varía significativamente y no se ha producido aún ningún método generalizable; factores tales como la variación de la tasa de adquisición de imágenes de la cámara, la iluminación, el movimiento del individuo, su distancia a la cámara y hasta su color de piel influyen en las estimaciones [1].

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

El primer paso para llevar a cabo este proyecto es la implementación de los algoritmos de detección en un computador o microprocesador de alto rendimiento. Esto es necesario porque el tratamiento de videos en tiempo real es un proceso computacionalmente exigente. Se tomará como base los algoritmos propuestos en [19] para la implementación inicial. Como en todo proceso de implementación en ingeniería, será necesario hacer cambios antes de poder ser utilizado en un entorno real diferente al que se desarrolló en dicho trabajo. Aunque se hará lo posible para mejorar el desempeño del algoritmo, no es el enfoque de este proyecto.

Estos algoritmos tienen, de base, tres etapas de funcionamiento principales: el preprocesamiento, la extracción de la señal y el post procesamiento (ver Fig. 2). Dentro del contexto de la detección de ritmo cardíaco mediante cámaras la componente con un mayor grado de complejidad es aquella del preprocesamiento. La segmentación y seguimiento de las imágenes es computacionalmente exigente y que requiere de una configuración experimental conveniente (iluminación apropiada, distancia entre el sujeto y la cámara relativamente constante, sujeto en estado de reposo, etc.). El método basado en variación de la intensidad de las imágenes consiste en el mismo principio que aquel observado en la oximetría de pulso clásica: la variación en los volúmenes de sangre arteriales debido a las palpitaciones del corazón varía la absorción de luz de manera cíclica. A la señal obtenida mediante métodos ópticos se le denomina fotopletismograma [15]. Pero, a diferencia de la oximetría de pulso clásica, donde se obtienen señales de gran amplitud debido a que las mediciones se hacen directamente sobre un dedo u otro tejido, al utilizar cámaras la señal tiene una relación señal/ruido más baja. Esto se puede compensar utilizando fuentes de luz adecuadas, es decir, con longitudes de onda que tengan una interacción máxima con respecto al espectro de absorción de la sangre. Una fuente de luz comúnmente utilizada es una lámpara fluorescente [19].

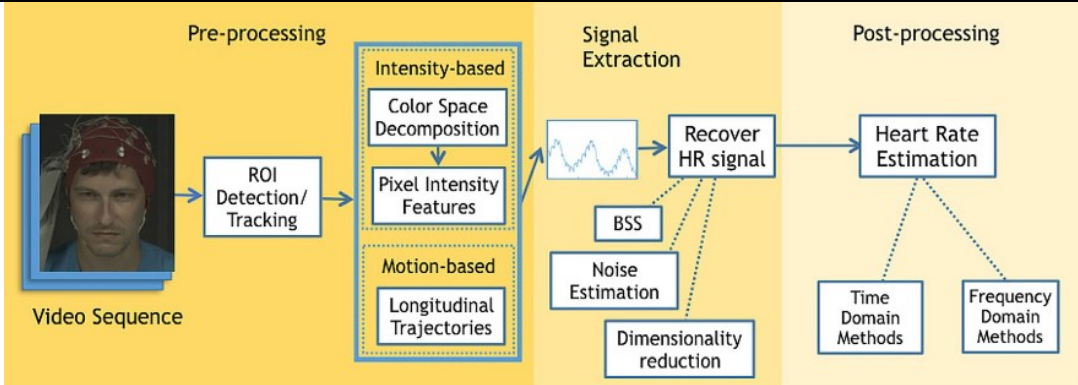


Fig. 2. Etapas de procesamiento para detección del ritmo cardíaco mediante cámaras [19].

Implementar este sistema para un aula de clase facilita el proceso de preprocesamiento ya que mantener las sillas en una posición fija y, con los estudiantes mirando generalmente hacia el frente, introduce relativamente poca variabilidad al algoritmo de detección y seguimiento. Adicionalmente, se pueden modificar las configuraciones de iluminación para maximizar la relación señal/ruido de la señal del fotopletismograma. Para lograr esto, se realizará un cuarto oscuro en un laboratorio dentro de la Universidad Tecnológica de Panamá, en la Facultad de Ingeniería Eléctrica, con diferentes controles de iluminación. Luego de obtener las variaciones en la intensidad de los pixeles dentro de una región de interés asociadas a la naturaleza cíclica de incremento de volúmenes de sangre arteriales, se utilizan métodos del dominio en el tiempo como tiempo entre picos del fotopletismograma para el cálculo del ritmo cardíaco. Como referencia, se usará un oxímetro de pulso, los cuales ya realizan de manera extensiva esta medición.

Al final, el alcance esperado del proyecto culmina en un escenario de detección apropiada del ritmo cardíaco para una persona en condiciones normales de un aula. Estas pruebas se llevarán a cabo en condiciones controladas dentro de un laboratorio. En un futuro y, en base a los hallazgos de este proyecto, podría extenderse a múltiples personas en un escenario real de clases.

Determinar la configuración adecuada para esta implementación, permitirá llevarla a otros escenarios más críticos, como en salas de espera en hospitales. A pensar que es un escenario menos controlado, llegar a tener un estimador de estrés en este contexto puede servir para una mejor determinación y clasificación del nivel de urgencia de atención de un paciente, lo cual podría ser una herramienta que contribuya a salvar vidas. Finalmente, cabe destacar que la detección del ritmo cardíaco es un primer paso antes de poder hacer una estimación de la saturación en oxígeno puesto que la estimación de saturación en oxígeno se realiza mediante las variaciones de absorción entre dos longitudes de onda distintas en una señal fotopletismográfica [15]. Dentro del contexto de COVID-19, hay numerosos reportes de infectados sufriendo hipoxia *silenciosa*, es decir, pacientes con niveles de saturación en oxígeno graves, que pueden causar daños irreversibles a los órganos vitales si se mantienen sin ser detectados por tiempos prolongados [22], [23].

BIBLIOGRAFÍA

[1]

C. Wang, T. Pun, and G. Chanel, “A comparative survey of methods for remote heart rate detection from frontal face videos,” *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, vol. 6, no. MAY, pp. 1–16, 2018, doi: 10.3389/fbioe.2018.00033.

[2]

K. Lau *et al.*, “Resting Heart Rate as an Important Predictor of Mortality and Morbidity in Ambulatory Patients With Heart Failure: A Systematic Review and Meta-Analysis,” *Journal of Cardiac Failure*, vol. 27, no. 3, pp. 349–363, 2021, doi: 10.1016/j.cardfail.2020.11.003.

[3]

E. R. Walker, R. E. McGee, and B. G. Druss, “Mortality in mental disorders and global disease burden implications a systematic review and meta-analysis,” *JAMA Psychiatry*, vol. 72, no. 4, pp. 334–341, 2015, doi: 10.1001/jamapsychiatry.2014.2502.

[4]

A. Tawakol *et al.*, “Relation between resting amygdalar activity and cardiovascular events: a longitudinal and cohort study,” *The Lancet*, vol. 389, no. 10071, pp. 834–845, 2017, doi: 10.1016/S0140-6736(16)31714-7.

[5]

J. F. Brosschot, B. Verkuil, and J. F. Thayer, “Exposed to events that never happen: Generalized unsafety, the default stress response, and prolonged autonomic activity,” *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, vol. 74. Elsevier Ltd, pp. 287–296, Mar. 01, 2017. doi: 10.1016/j.neubiorev.2016.07.019.

[6]

J. Held, A. Višlā, C. Wolfer, N. Messerli-Bürgy, and C. Flückiger, “Heart rate variability change during a stressful cognitive task in individuals with anxiety and control participants,” *BMC Psychology*, vol. 9, no. 1, pp. 1–8, Dec. 2021, doi: 10.1186/s40359-021-00551-4.

[7]

M. Passavanti *et al.*, “The psychological impact of COVID-19 and restrictive measures in the world,” *Journal of Affective Disorders*, vol. 283, pp. 36–51, Mar. 2021, doi: 10.1016/j.jad.2021.01.020.

[8]

N. Bourdillon, S. Yazdani, L. Schmitt, and G. P. Millet, “Effects of COVID-19 lockdown on heart rate variability,” *PLoS ONE*, vol. 15, no. 11 November, Nov. 2020, doi: 10.1371/journal.pone.0242303.

[9]

M. A. Hassan, A. S. Malik, D. Fofi, B. Karasfi, and F. Meriaudeau, “Towards health monitoring using remote heart rate measurement using digital camera: A feasibility study,” *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, vol. 149, p. 106804, 2020, doi: 10.1016/j.measurement.2019.07.032.

[10]

F. Hasty, G. García, H. Dávila, S. H. Wittels, S. Hendricks, and S. Chong, “Heart Rate Variability as a Possible Predictive Marker for Acute Inflammatory Response in COVID-19 Patients,” *Military Medicine*, vol. 186, no. 1–2, pp. e34–e38, Jan. 2021, doi: 10.1093/milmed/usaa405.

[11]

B. W. Nelson, C. A. Low, N. Jacobson, P. Areán, J. Torous, and N. B. Allen, “Guidelines for wrist-worn consumer wearable assessment of heart rate in biobehavioral research,” *npj Digital Medicine*, vol. 3, no. 1, pp. 1–9, 2020, doi: 10.1038/s41746-020-0297-4.

[12]

S. H. Hsiao, T. C. Chen, H. C. Chien, C. J. Yang, and Y. H. Chen, “Measurement of body temperature to prevent pandemic COVID-19 in hospitals in Taiwan: repeated measurement is necessary,” *Journal of Hospital Infection*, vol. 105, no. 2. W.B. Saunders Ltd, pp. 360–361, Jun. 01, 2020. doi: 10.1016/j.jhin.2020.04.004.

FIED-IP-v0.1-210414

- [13] B. J. Quilty, S. Clifford, S. Flasche, and R. M. Eggo, “Effectiveness of airport screening at detecting travellers infected with novel coronavirus (2019-nCoV),” *Eurosurveillance*, vol. 25, no. 5. European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC), Feb. 06, 2020. doi: 10.2807/1560-7917.ES.2020.25.5.2000080.
- [14] T. Mishra *et al.*, “Pre-symptomatic detection of COVID-19 from smartwatch data,” *Nature Biomedical Engineering*, vol. 4, no. 12, pp. 1208–1220, Dec. 2020, doi: 10.1038/s41551-020-00640-6.
- [15] A. von Chong, M. Terosiet, A. Histace, and O. Romain, “Towards a novel single-LED pulse oximeter based on a multispectral sensor for IoT applications,” *Microelectronics Journal*, 2018, doi: 10.1016/j.mejo.2018.03.005.
- [16] A. Gudi, V. Tud, M. Bittner, R. T. Lochmans, and J. van Gemert TUD, “Efficient Real-Time Camera Based Estimation of Heart Rate and Its Variability ♥,”
- [17] W. Wang, S. Stuijk, and G. de Haan, “Exploiting spatial redundancy of image sensor for motion robust rPPG,” *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 62, no. 2, pp. 415–425, 2015, doi: 10.1109/TBME.2014.2356291.
- [18] W. Verkruysse, L. O. Svaasand, and J. S. Nelson, “Remote plethysmographic imaging using ambient light,” *Optics Express*, vol. 16, no. 26, p. 21434, Dec. 2008, doi: 10.1364/oe.16.021434.
- [19] K. M. van der Kooij and M. Naber, “An open-source remote heart rate imaging method with practical apparatus and algorithms,” *Behavior Research Methods*, vol. 51, no. 5, pp. 2106–2119, Oct. 2019, doi: 10.3758/s13428-019-01256-8.
- [20] S. Hammoud, R. Karam, R. Mourad, I. Saad, and M. Kurdi, “Stress and heart rate variability during university final examination among Lebanese students,” *Behavioral Sciences*, vol. 9, no. 1, Jan. 2019, doi: 10.3390/bs9010003.
- [21] N. L. Elwess and F. Daniel Vogt, “Heart Rate and Stress in a College Setting.”
- [22] J. Herrmann, V. Mori, J. H. T. Bates, and B. Suki, “Modeling lung perfusion abnormalities to explain early COVID-19 hypoxemia,” *Nature Communications*, vol. 11, no. 1, Dec. 2020, doi: 10.1038/s41467-020-18672-6.
- [23] T. Voshaar, P. Stais, D. Köhler, and D. Dellweg, “Conservative management of COVID-19 associated hypoxaemia,” *ERJ Open Research*, vol. 7, no. 1, pp. 00026–02021, Jan. 2021, doi: 10.1183/23120541.00026-2021.

4. CERTIFICACIONES

CON LA ENTREGA DE ESTA INTENCIÓN DE PROPUESTA EL PROPONENTE ACEPTA LA OBLIGACIÓN DE CUMPLIR CON LOS TÉRMINOS Y CONDICIONES INDICADOS EN LA PRESENTE CONVOCATORIA Y EL REGLAMENTO DEL PROGRAMA (RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA 191 DE 31 DE JULIO DE 2017) DISPONIBLE EN LA PÁGINA WEB DE LA SENACYT.

- CERTIFICO QUE HE LEIDO Y ESTOY DE ACUERDO CON LOS TÉRMINOS Y CONDICIONES INDICADOS EN LA RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA 191 DE 31 DE JULIO DE 2017.**

☒ Sí ☐ No

DECLARA Y ACEPTA EL PROPONENTE QUE LA PROPUESTA CON LA QUE PARTICIPA EN LA CONVOCATORIA ES ORIGINAL Y QUE NO HA SIDO FINANCIADA ANTERIORMENTE POR LA SENACYT, BAJO EL MISMO U OTRO NOMBRE, O POR OTRO PROPONENTE O POR OTROS ORGANISMOS NACIONALES O INTERNACIONALES, SIN HABERLO INFORMADO O PUESTO EN CONOCIMIENTO DE LA SENACYT.

- CERTIFICO QUE LAS DECLARACIONES PRESENTADAS AQUÍ (EXCLUYENDO HIPÓTESIS Y/O OPINIONES CIENTÍFICAS, TÉCNICAS Y DEMÁS) SON VERDADERAS Y ESTÁN COMPLETAS.**

☒ Sí ☐ No

PROponente/ Investigador Principal

Nombre: Alejandro Von Chong Echevers

Firma: 

Fecha: 22-05-2021

Este formulario posee su código de versión único, indicado en la esquina superior izquierda de cada página. La versión digital del mismo está disponible en la página web de SENACYT a partir del día del lanzamiento de la convocatoria a la que corresponde. Todos los formularios correspondientes a fechas o versiones anteriores quedan insubsistentes