

Universidad Autónoma de Baja California

Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño



Maestría y Doctorado en Ciencias e Ingeniería



Sistema móvil para adquisición de variables de la higiene del
sueño

TESIS

que para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el
grado de

MAESTRO EN INGENIERÍA

Presenta

Doreen Patricia Méndez Verdugo

Ensenada, Baja California, Enero del 2019.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD ENSENADA

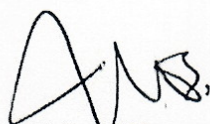
**Sistema móvil para la adquisición de variables de la higiene del
sueño**

TESIS

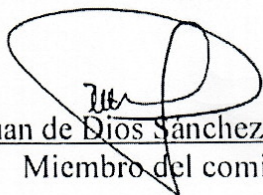
Que para obtener el grado de maestría en ingeniería presenta:

Doreen Patricia Méndez Verdugo

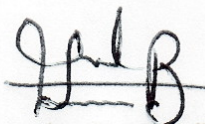
Aprobada por:



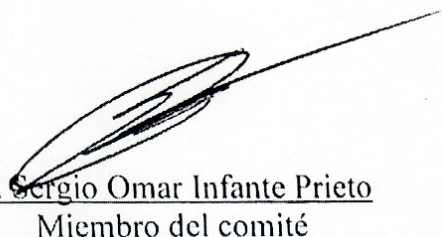
Dra. Mabel Vázquez Briseño
Director de tesis



Dr. Juan de Dios Sánchez López
Miembro del comité



Dr. Armando García Berumen
Revisor de tesis



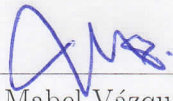
M.C. Sergio Omar Infante Prieto
Miembro del comité

Ensenada Baja California, México. Enero 2019

Resumen de la tesis de **Doreen Patricia Méndez Verdugo**, presentada como requisito parcial para la obtención del grado de MAESTRO EN INGENIERÍA del programa de Maestría y Doctorado en Ciencias e Ingeniería (MYDCI) de la UABC. Ensenada Baja California, México, Enero del 2019.

Sistema móvil para adquisición de variables de la higiene del sueño

Resumen Aprobado por:



Dra. Mabel Vázquez Briseño
Director de Tesis

Recientemente se ha descubierto que una mala Higiene del sueño puede provocar enfermedades como hipertensión, pérdida de memoria y otras, es por eso que es un tema de interés monitorear los factores de la higiene del sueño que están afectando a las personas.

En este trabajo se presenta el proceso de desarrollo de un sistema móvil que forma parte de un Ecosistema Tecnológico completo. El sistema obtiene algunas variables del entorno del usuario, utilizando principalmente los sensores de un dispositivo móvil con SO Android.

En este documento se describe el trabajo realizado consistente en: un análisis de los sistemas que se han diseñado para propósitos tanto para propósitos generales como para tratar problemas del sueño, qué sensores de los dispositivos móviles se pueden usar para este sistema, el diseño para para dicho sistema, su implementación y por último las pruebas realizadas.

Palabras Clave: *higiene del sueño, móvil, variables, sensores, Android*

Dedicatoria

A mi familia con mucho cariño.

Agradecimientos

Quiero expresar mi agradecimiento:

A mi directora de tesis Dra. Mabel Vázquez Briseño y a mis sinodales Dr. Armando García Berumen, Dr. Juan de Dios Sánchez López, y M.C. Sergio Omar Infante Prieto por sus consejos, críticas y apoyo durante el desarrollo de esta tesis.

A mis compañeros y amigos y familiares por los ánimos y apoyo brindado durante estos años.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo económico brindado y a la Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC) por las facilidades otorgadas para la realización de éste trabajo.

Índice general

1. Introducción	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Planteamiento del problema	2
1.3. Justificación	2
1.4. Ecosistema	2
1.5. Pregunta de investigación	3
1.6. Objetivo General	3
1.7. Objetivos específicos	3
1.8. Metodología	4
2. Estado del arte	5
2.1. Higiene del sueño y sus factores	5
2.1.1. Definiciones	5
2.2. Sensores y sistemas relacionados	7
2.3. Sistemas relacionados con el sueño	8
3. FHS y los sensores	10
3.1. Selección de factores	10
3.2. Sensores según el FHS	11
3.2.1. Drogas	11
3.2.2. Interruptores	11
3.2.3. Circadiano y Homeostático	12
3.2.4. Estrés	12
4. Diseño e Implementación del Sistema	15
4.1. Diseño del sistema	15
4.1.1. Interfáz de usuario	15
4.1.2. Diagrama de clases	17
4.2. Implementación del sistema	19
4.2.1. Captura de datos	21
5. Evaluación del sistema	27
5.1. Selección de participantes y evaluación de veracidad del sistema móvil .	27

5.2. Evaluación de usabilidad	29
6. Conclusiones Generales	31
6.1. Conclusiones	31
6.2. Trabajo a futuro	31
A. Instrucciones de instalación de sistema	32
B. Cuestionario diario de usuario	40
C. Cuestionario de usabilidad	41

Índice de figuras

1.1. Diseño completo del ecosistema personal para mejorar la calidad de sueño	3
3.1. Componentes del ECG	13
3.2. Señales de PPG y de ECG	14
4.1. Diagrama General del Sistema Móvil	15
4.2. Diagrama de Casos de Uso	16
4.3. Diseño de mockups para el sistema	17
4.4. Diagrama de Flujo del sistema	20
4.5. Pantallas de configuración inicial	21
4.6. Pantalla mostrada cuando detecte etiqueta NFC con texto Alcohol . . .	21
4.7. Pantalla mostrada cuando detecte etiqueta NFC con texto Cafe	22
4.8. Medición de 2min de RC	24
4.9. Resultados de estrés mostrados en la base de datos	25
4.10. Pantalla de seleccionar si el usuario tiene o no preocupaciones.	26
5.1. Pantalla de la medición del estrés en la aplicación Samsung Health . . .	28
5.2. Datos del Participante1	29
5.3. Gráfica de evaluación del sistema móvil según el cuestionario SUS . . .	29
5.4. Significado de la puntuación de SUS [Brooke, 2013]	30

Índice de tablas

2.1. Clasificación de los factores del sueño	7
3.1. Factores del sueño utilizados en esta investigación	10
4.1. Estrés según Rango de edad y sexo.	25
5.1. Participante y dispositivo móvil asociado.	27

Capítulo 1

Introducción

1.1. Antecedentes

La higiene del sueño es un conjunto de hábitos que nos llevan a tener un entorno de sueño ordenado, tranquilo y cómodo, respetando los horarios naturales de descanso, acostándose a la misma hora por la noche y levantándose a la misma hora por las mañanas. Asegurarse de tener el número de horas de sueño suficiente para sentirse descansado. El desorden horario al dormir repercute negativamente en el descanso y puede provocar trastornos de sueño.

Además de los horarios regulares en la higiene del sueño, también están involucrados otros factores tal como el estrés, las rutinas de ejercicio extremas, alimentación rica en grasas y carbohidratos poco antes de dormir, iluminación en la habitación, entre otras.

Actualmente, se han descrito más de 100 trastornos de sueño y se estima que las dos terceras partes de la población en México -desde jóvenes hasta la edad adulta- tienen a lo largo de su vida cuando menos un trastorno del sueño [Venebra Muñoz et al., 2006]

Investigaciones recientes [Guallar-Castillón et al., 2014][Hodgson et al., 2014] han demostrado que la higiene del sueño es un componente principal para evaluar estados de salud tanto en personas sanas, como en aquellas que presentan algún padecimiento. El poco descanso y la mala calidad del sueño se han asociado con el deterioro de capacidades intelectuales [Bolitho et al., 2014], incremento en el riesgo de enfermedades cardiovasculares [Sekine et al., 2014] y depresión [citechang2014]. Otros autores como en [Zhu et al., 2014] los han calificado como factores de predisposición en el desarrollo de Alzheimer y evoluciones poco promisorias en la calidad de vida de personas con padecimientos crónico degenerativos como la diabetes tipo II.

Con el propósito de analizar estos hábitos, se han desarrollado recientemente varias soluciones tecnológicas sensibles al contexto, orientadas a medir la actividad física, la cantidad y calidad de horas de sueño utilizando teléfonos inteligentes y los sensores incluidos en ellos [Badawi and El Saddik, 2013],[Lane et al., 2011],[Hao et al., 2013].

Sin embargo en dichas investigaciones faltan algunos factores importantes en la higiene del sueño (FHS), es por eso que se propone una aplicación para SO Android, la cual monitorea del entorno del usuario las variables más relevantes para la higiene del sueño.

1.2. Planteamiento del problema

Actualmente la forma más común de detectar trastornos de sueño es con la polisomnografía y actigrafía las cuales monitorean la frecuencia cardiaca, respiración, movimiento de los ojos, entre otros, además la polisomnografía es un procedimiento intrusivo en el que el usuario está plenamente conciente de lo que se está haciendo, ya que generalmente se practica en una habitación especial (es decir, no en el hogar del usuario) y con cables conectados al cuerpo para poder monitorearlo. En este trabajo se propone monitorear los factores del entorno del usuario que influyen en la higiene del sueño de la manera menos intrusiva posible.

1.3. Justificación

La presente investigación está enfocada en personas adultas sanas (esto es, en personas que no tengan ya algún trastorno del sueño) que deseen saber si su contexto previo al sueño y durante el sueño es el adecuado para tener una buena higiene del sueño. Esta investigación será de utilidad también en el área de la salud, que como se mencionó anteriormente existen varias enfermedades relacionadas a un buen descanso.

Aunque en la actualidad existen sistemas que monitorean FHS, la mayoría están enfocados en saber cual fue su descanso durante el sueño y los que toman en cuenta el contexto antes de dormir, generalmente son solo las cuestiones de actividad física, es por eso que se propone este trabajo de tesis.

1.4. Ecosistema

Cabe mencionar que la presente investigación es parte de un sistema tecnológico (Figura 1.1) el cual consiste [Hernández and Briseño, 2016] en 3 partes:

Módulo 1: Se refiere a la presente investigación, la cual es el sistema de adquisición del entorno del usuario de los FHS mediante los sensores de un dispositivo móvil, éste sistema guarda la información en la base de datos la cual es consultada por el módulo 2.

Módulo 2: El modelo de inferencia, es el módulo encargado de hacer los cálculos para determinar si el usuario tuvo o no una buena calidad de sueño y que FHS fueron los

que más afectaron al resultado, esta información también es guardada en la base de datos y consultada a su vez por el módulo 3.

Módulo 3: El sistema persuasivo, consiste en informar al usuario sobre su calidad de sueño y qué FHS son los que están afectando en mayor medida y le da recomendaciones de cómo mejorar dichos factores, además le pide al usuario capturar su percepción de calidad de sueño, la cual es necesaria para retroalimentar al modelo de inferencia.

Se toma como terminado el proceso cuando la calidad de sueño del sistema y la calidad percibida por el usuario se balanceen.

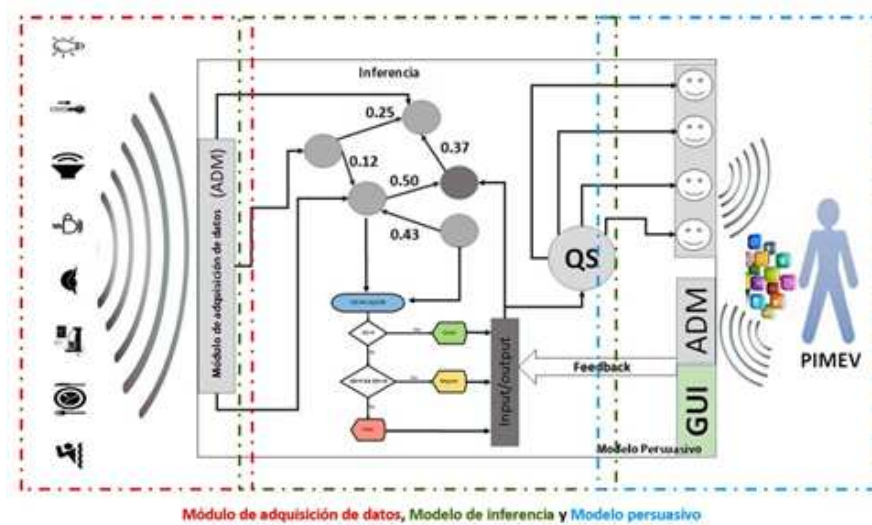


Figura 1.1: Diseño completo del ecosistema personal para mejorar la calidad de sueño

1.5. Pregunta de investigación

¿Cómo lograr una monitorización de las variables más relevantes relacionadas con la higiene del sueño con un dispositivo móvil de una manera poco intrusiva?

1.6. Objetivo General

Diseñar, implementar y evaluar un sistema móvil de monitoreo de variables, consciente al contexto, que se pueda integrar en un ecosistema para mejorar la calidad del sueño.

1.7. Objetivos específicos

- *Seleccionar las variables más relevantes para la higiene del sueño.*

- *Definir los mecanismos no intrusivos para el monitoreo de variables.*
- *Diseñar un Sistema móvil basado en el contexto, que capture y analice la información del entorno relacionada con la higiene del sueño.*
- *Implementar un prototipo como prueba de los conceptos diseñados.*
- *Evaluar el prototipo en entornos simulados y con usuarios reales.*

1.8. Metodología

- *Seleccionar las variables más relevantes para la higiene del sueño.*
 - Estudio del estado del arte.
 - Identificar los sensores del dispositivo móvil y cuáles son programables.
- *Definir los mecanismos no intrusivos para el monitoreo de variables.*
 - Analizar los mecanismos para realizar un sistema no intrusivo.
 - Procesar los datos de entrada y prepararlos para su uso en el modelo de inferencia.
- *Diseñar un sistema móvil basado en el contexto, que capture y analice la información del entorno relacionada con la higiene del sueño.*
 - Utilizando Android Studio, diseñar y programar el sistema móvil que hará la captura de las variables.
- *Implementar un prototipo como prueba de los conceptos diseñados.*
 - Utilizando un teléfono celular Samsung Galaxy S6 implementar el prototipo.
- *Evaluar el prototipo con usuarios reales.*
 - Buscar usuarios
 - Capturar datos
 - Retroalimentación

Capítulo 2

Estado del arte

En este capítulo se hablará sobre la Higiene del sueño, cuáles son los Factores que se involucran con ésta y algunos sistemas que involucren sensores y/o investigación sobre el sueño.

2.1. Higiene del sueño y sus factores

2.1.1. Definiciones

- Sistema no intrusivo

Un sistema de software no intrusivo se refiere a los sistemas que realizan su labor sin interrumpir al usuario.

- Sistema sensible al contexto

En ciencias computacionales, contexto es cualquier información que puede ser usada para caracterizar la situación de una entidad. Una entidad puede ser una persona, un lugar o un objeto que es considerado relevante para la interacción entre un usuario y una aplicación.

Entonces, el contexto de un usuario puede incluir cualquier información que describe su situación, como su ubicación, tiempo, emociones, información mental o psicológica, etc. [Inzunza and Juárez-Ramírez, 2018]

- Sueño

El sueño se refiere al estado de dormir en general, y este está dividido en 5 fases:

Fase 1 que corresponde a la somnolencia o al inicio del sueño ligero, la actividad muscular disminuye paulatinamente y pueden observarse algunas breves sacudidas

musculares súbitas que a veces coinciden con una sensación de caída

Fase 2 la temperatura, la frecuencia cardiaca y respiratoria comienzan a disminuir paulatinamente.

Fases 3 y 4 se denominan de sueño lento y profundo, además reparador.

Fase REM se caracteriza por movimientos oculares rápidos.

El ciclo completo de las 5 fases dura entre 90 y 110 min, por lo cual en toda la noche se presentan de 4 a 6 ciclos de sueño.[Carrillo-Mora et al., 2013]

- Calidad de Sueño (SQ)

Cuando se habla de SQ no se trata solo de si durmió bien o no, se trata de que después de dormir las horas suficientes dependiendo de la edad, (en adultos de entre 25 a 65 años se recomienda entre 7-9 horas según [Hirshkowitz et al., 2015]), qué tan profundo fue el sueño, si se despertó, además de lo anterior, también es importante para la SQ qué tan funcional es el individuo después del sueño, tanto mental como físicamente.

- Higiene del sueño (SH)

Como ya lo vimos anteriormente, la SH se refiere al comportamiento en el estilo de vida y en las condiciones ambientales que facilitan el sueño y mejoran la SQ. [Khazaie et al., 2016]

Estos factores se clasificaron en 4 categorías. Para ello se se tomaron en cuenta el cuestionario para la evaluación de la higiene del sueño (Sleep Hygiene Index - SHI) y el cuestionario de Pittsburgh para la evaluación de la higiene del sueño (Pittsburgh Sleep Quality Index - PSQI),(Ver anexo X) en la Tabla 2.1 se muestran las categorías.

Clasificación de los factores de la higiene del sueño		
Categoría	Factor	Descripción
Drogas	Tabaco	Consumir tabaco cerca de la hora de dormir.
	Alcohol	Consumir alcohol cerca de la hora de dormir.
	Cafeína	Consumir cafeína cerca de la hora de dormir.
Circadiano y Homeostático	Siesta	Tomar siestas durante el día.
	Hora de dormir	Variación de la hora de dormir de día en día.
	Hora de levantarse	Variación de la hora de levantarse de día en día.
	Ejercicio durante la noche	Realizar actividad física por las noches o a horas muy cercanas de la hora de dormir.
	Hábito de levantarse	Quedarse en la cama más tiempo de lo que se debería, 2 o 3 veces por semana.
Interruptores	Cena	Cenar un platillo fuerte en un tiempo cercano a la hora de dormir, por ejemplo: carne, queso, tortillas, frijoles.
	Cama incómoda	Dormir en una cama que no es confortable, por ejemplo: un mal colchón o almohada, cobertores muy gruesos o insuficientes.
	Iluminación	Dormir en una habitación con cierto grado de iluminación.
	Ruido	Dormir en un entorno ruidoso, por ejemplo: calle transitada, paso de aviones o maquinaria trabajando.
	Frío	Dormir en una habitación incómoda por temperatura baja.
Estrés	Calor	Dormir en una habitación incómoda por temperatura alta.
	Estrés	Irse a dormir sintiéndose estresado, enojado, molesto o nervioso.
	Activación antes de dormir	Realizar actividades que puedan despertarlo antes de la hora de dormir, por ejemplo: jugar videojuegos, navegar en la Internet, hacer limpieza.
	Uso de la cama para actividades diferentes a dormir	Utilizar la cama para cosas que no tienen que ver con dormir, por ejemplo: mirar televisión, leer, comer, redes sociales, Internet o estudiar.
	Actividades mentales antes de dormir	Realizar actividades importantes antes de la hora de dormir, por ejemplo: pagos de gastos o facturas, itinerarios u horarios, o estudio.
	Preocupaciones antes de dormir	Pensar, planificar u ocuparse de preocupaciones cuando se está en la cama.

Tabla 2.1: Clasificación de los factores del sueño

2.2. Sensores y sistemas relacionados

Los teléfonos inteligentes son muy populares y se han convertido en un complemento indispensable para las personas en los últimos años, dichos teléfonos cuentan con varios sensores que podrían utilizarse para muchas aplicaciones interesantes. A diferencia de los sensores específicos, que se utilizan para áreas específicas, los sensores de los teléfonos inteligentes podrían proporcionar aplicaciones ilimitadas para ayudar y cambiar la vida de las personas; también el uso de los teléfonos inteligentes hace que las aplicaciones sean más fácilmente aceptadas por el usuario [Liu, 2013]. Los sensores más comunes en los dispositivos móviles son: Acelerómetro, giroscopio, compás electrónico, micrófono, cámara, sensor de proximidad, GPS.

- Phone-based Gait Analysis to Detect Alcohol Use[Kao et al., 2012]

En este estudio utilizan el acelerómetro de un teléfono celular para analizar el modo

de andar en usuarios que han ingerido alcohol con 3 participantes de entre 22 y 24 años de edad. El dispositivo toma los datos del acelerómetro de la siguiente manera: se le pide al usuario que introduzca el dispositivo en el bolsillo de su pantalón y camine 40 metros antes de ingerir alcohol, esto con el propósito de tener el registro del modo de andar normal, después de ingerir alcohol, tiene que volver a caminar los 40 metros cada 30 minutos, este procedimiento se hace hasta que el participante exceda el 0.05 % de concentración de alcohol en la sangre. Dado que el teléfono está en el bolsillo, el acelerómetro captura los datos más significativos del valor del eje-y, las señales del modo de andar se reflejan en ciclos, éstos empiezan cuando un pie toca el piso y termina cuando el mismo pie vuelve a tocar el piso.

- Pressure detection on mobile phone by camera and flash [Low et al., 2014]

El artículo propone un método para detectar la presión ejercida en el teléfono celular utilizando la cámara trasera y el flash del teléfono. Existe un hueco entre la palma de la mano y la cámara cuando el teléfono es colocado en ella. Esto permite que la luz del flash se refleje en la cámara, sin embargo, cuando es aplicada presión sobre el teléfono, el hueco se reduce, reduciendo a su vez el brillo capturado por la cámara. Este fenómeno es aplicado para detectar dos detalles: la presión aplicada en la pantalla y la presión aplicada cuando el usuario aprieta el teléfono celular.

2.3. Sistemas relacionados con el sueño

- Toss'n'turn [Min et al., 2014]

Este sistema captura los datos de los sensores del teléfono inteligente mientras el usuario duerme, los sensores utilizados son: micrófono, para medir el sonido, el sensor de luz de ambiente para la luz, el acelerómetro para el movimiento y el sensor de proximidad. También mantiene registro de si la pantalla está encendida o apagada, las aplicaciones que están corriendo en el teléfono y el estado de la batería (el porcentaje o si está cargándose), además de esto, el usuario llena un cuestionario por las mañanas con preguntas relativas a su descanso mientras durmió.

- mSleepWatcher [Nguyen et al., 2016]

El sistema ayuda al usuario a saber qué factor del ambiente (iluminación, temperatura, presión del aire, humedad y sonido) afecta su descanso mientras duerme. Para ello utiliza los sensores embebidos en un dispositivo móvil, los cuales capturan la información, la procesan para saber si hubo variedad en cada factor y qué tanto afecta la calidad de sueño, el sistema finalmente le informa al usuario cual o cuales fueron los factores que le afectaron en su descanso y le da sugerencias para mejorar las condiciones de su entorno y obtener una buena calidad de sueño.

- SleepCoacher [Daskalova et al., 2016]

Este sistema combina la adquisición de datos por medio de los sensores de ruido y movimiento y datos aportados por clínicos profesionales, esto con el propósito que el sistema envíe comentarios diarios sobre el sueño y recomendaciones personalizadas para mejorar el sueño.

Como se puede observar, las aplicaciones anteriormente mencionadas no cubren la mayoría de las variables involucradas en la higiene del sueño, se enfocan más en la actividad física y en el comportamiento del usuario mientras duerme, es por eso que en esta investigación se pretende incluir más variables de la higiene del sueño y con ellas, hacer un monitoreo desde las 4 horas previas a dormir y hasta despertar.

Capítulo 3

FHS y los sensores

En el capítulo anterior vimos cuales son los FHS de una forma general. En este capítulo se describe cuáles de los FHS fueron seleccionados para este trabajo de investigación, por qué fueron seleccionados y con qué sensores se hará la medición.

3.1. Selección de factores

El funcionamiento del sistema propuesto se basa en la determinación de los FHS, de los 21 antes mencionados, se decidió hacer una selección, quedando:

Categoría	Factor	Descripción
Drogas	Alcohol	Consumir alcohol cerca de la hora de dormir.
	Cafeína	Consumir cafeína cerca de la hora de dormir.
Circadiano y Homeostático	Hora de dormir	Variación de la hora de dormir de día en día.
	Hora de levantarse	Variación de la hora de levantarse de día en día.
Interruptores	Iluminación	Dormir en una habitación con cierto grado de iluminación.
	Ruido	Dormir en un entorno ruidoso, por ejemplo: calle transitada, paso de aviones o maquinaria trabajando.
Estrés	Estrés	Irse a dormir sintiéndose estresado, enojado, molesto o nervioso.
	Preocupaciones antes de dormir	Pensar, planificar u ocuparse de preocupaciones cuando se está en la cama.

Tabla 3.1: Factores del sueño utilizados en esta investigación

Lo anterior gracias al equipo de trabajo y tomando en cuenta la investigación [Hernández, 2018], donde resultaron ser los más relevantes: que la hora de dormir y despertar fuera constante, el estrés y las preocupaciones antes de dormir, sin embargo esto nos deja dos grupo de factores fuera, por lo que se agregaron en este diseño la ingesta de alcohol y de cafeína para el grupo de drogas, y el ruido e iluminación para el grupo de interruptores.

3.2. Sensores según el FHS

3.2.1. Drogas

Alcohol y Cafeína

Para estos factores, se buscó un método no intrusivo para detectar cuando el usuario consumió alguno de estas bebidas, sin embargo hasta el momento no se encontró ningún estudio donde se haga de forma diferente a ingresar manualmente si el usuario ingirió alguna de las sustancias, es por eso que en este trabajo se decidió utilizar etiquetas NFC, una de ellas con el texto Cafeína y la otra con el texto Alcohol.

La tecnología NFC (Near Field Communication) es una tecnología inalámbrica de corto alcance (menos de 10 cm de distancia) que permite conectar dos dispositivos al emitir una señal, y que al mismo tiempo puede también recibir una señal. Permite, por lo tanto, una lectura-escritura en ambos sentidos.

Las etiquetas NFC funcionan de 3 formas:

Emulación de tarjetas Habilita a los dispositivos móviles para que actúen como monederos electrónicos, de esta forma se pueden efectuar pagos.

Lectura/escritura Permite que los dispositivos móviles puedan leer/escribir información en etiquetas o posters inteligentes.

Punto a punto Permite que los dispositivos móviles se comuniquen entre ellos para intercambiar información

En este caso se utilizará como **Lectura/escritura**, la etiqueta contiene el texto y el dispositivo móvil la lee.

3.2.2. Interruptores

Como se mencionó en el capítulo anterior, el ciclo del sueño consta de varias fases, estas fases pueden ser interrumpidas por diferentes causas, dos de ellas son la iluminación o ruido excesivo en la habitación o lugar de descanso.

Iluminación

Para medir la iluminación de la habitación donde el usuario duerme, se utilizó el sensor de luz del dispositivo móvil.

Los datos que obtiene el sensor de luz generalmente no requieren calibración, por lo cual es de los sensores más fáciles de usar. En general, el propósito de este sensor es

medir la intensidad de la luz exterior y modificar la luz de la pantalla (más o menos brillo según sea el caso)

El sensor de luz se encarga de recoger la información de la luz ambiental, las unidades con que trabaja el sensor son luxes (lx), $1 \text{ lux} = 1 \text{ lm/m}^2$

Ruido

Para medir el ruido en la habitación donde el usuario duerme, se utilizó el micrófono del dispositivo móvil.

El micrófono de los dispositivos móviles es usado para grabar el sonido, guardarlo y si se requiere, reproducirlo nuevamente.

3.2.3. Circadiano y Homeostático

Los ritmos circadianos son cambios físicos, mentales y conductuales en ciclos de aproximadamente 24 hrs. Por su parte, la homeostásis es una propiedad de los organismos que consiste en su capacidad de mantener una condición interna estable compensando los cambios en su entorno.

Hora de levantarse y dormir

Para detectar la hora de levantarse y dormir se utilizaron: El sensor de luz para la iluminación, el micrófono para medir el ruido y el acelerómetro para medir el movimiento, cuando detecta ciertos niveles de cada sensor, entonces se da por hecho que el usuario se levantó/durmió.

Anteriormente se describió cómo funciona el sensor de luz y el micrófono, a continuación se explica brevemente cómo funciona el acelerómetro:

En el acelerómetro encuentran unos resortes muy finos hechos de silicio, que oscilan contactando una serie de puntos. Cuando éstos se mueven empujados por la gravedad, los puntos de contacto miden la diferencia de potencial y pueden discernir en qué dirección o cómo se está moviendo el dispositivo en cuestión.

La función principal del acelerómetro dentro de los dispositivos móviles es reorientar la pantalla (horizontal o vertical) a medida que un usuario mueve el dispositivo.

3.2.4. Estrés

Estrés

Según la RAE define Estrés como *‘Tensión provocada por situaciones agobiantes que originan reacciones psicósomáticas o trastornos psicológicos a veces graves.’*

Una forma cada vez más común de medir el estrés mediante con un dispositivo móvil, es por medio del Ritmo Cardíaco (RC). En un organismo sano, hay un equilibrio relativo dinámico entre el sistema nervioso simpático (SNS) y el sistema nervioso parasimpático (PNS). La actividad de PNS predomina en reposo, lo que da como resultado un RC promedio de 75 latidos por minuto(lpm).

La actividad parasimpática reducida se ha encontrado en un número de patologías cardíacas y en pacientes con **estrés** o pánico, ansiedad o preocupación. La disminución de la actividad parasimpática puede explicar principalmente la reducción de la VRC en el envejecimiento. [Shaffer et al., 2014]

Si observamos la señal del RC en un electrocardiograma (ECG), veremos que la señal se compone de varias partes, para saber el ritmo cardíaco de una persona se toma en cuenta el complejo QRS, sin embargo para la medición del estrés nos interesa el intervalo RR, el cual indica la Variabilidad del Ritmo Cardíaco (VRC).

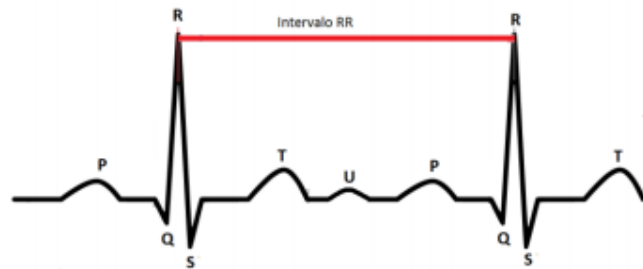


Figura 3.1: Componentes del ECG

Dado que el ECG es un dispositivo costoso, los desarrolladores de tecnología celular han integrado en sus dispositivos un sensor PPG (por su nombre en inglés Photoplethysmogram) el cual en dichos dispositivos, tiene la finalidad de medir el ritmo cardíaco.

Un PPG es un sensor que emite luz roja/infraroja, esta luz ilumina la piel y el foto sensor mide los cambios en la absorción de luz. Cada pico reflejado en la gráfica representa un ciclo cardíaco. Por lo tanto ahora nos interesa el PPI (Peak to Peak Interval), la Figura 3.2 muestra un ejemplo de las señales tomadas con un ECG y un PPG.

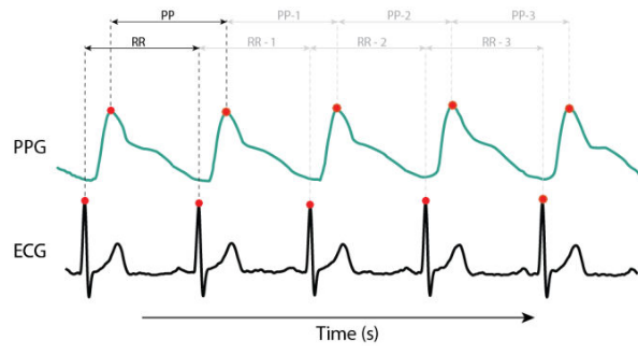


Figura 3.2: Señales de PPG y de ECG

Preocupaciones antes de dormir

Según la RAE, Preocupar es *‘Interesar a alguien de modo que le sea difícil admitir o pensar en otras cosas’*, por lo cual se tomarán como preocupaciones antes de dormir aquellas cosas que al usuario le causen angustia y no esté resuelta antes de la hora de irse a dormir.

Se buscaron métodos para poder medir de forma no intrusiva las preocupaciones, sin embargo no se tuvo éxito, por lo cual, el usuario tendrá que especificar directamente en el sistema móvil si es que tuvo o no preocupaciones antes de dormir.

Capítulo 4

Diseño e Implementación del Sistema

En el capítulo anterior se determinaron los sensores que se usarán en el sistema. En este capítulo se mostrará el diseño realizado y su implementación.

4.1. Diseño del sistema

4.1.1. Interfáz de usuario

Una vez definidos los FHS y los sensores con los cuales se puede hacer la captura de datos, se pensó en un sistema móvil como el que se muestra en la Figura 4.1:



Figura 4.1: Diagrama General del Sistema Móvil

La aplicación móvil permitirá a los usuarios:

- Configuración de datos
- Editar Configuración de datos

- Ingresar preocupaciones
- Ingresar consumo de Alcohol/Cafeína
- Ingresar estrés percibido
- Tomar el ritmo cardiaco

Por su parte, el sistema le pedirá al usuario:

- Monitorear contexto del usuario
- Medir el estrés. Esto se hará una vez que el usuario haya ingresado el estrés percibido y se haya tomado el ritmo cardiaco

Lo anterior se puede ver gráficamente en la Figura 4.2.

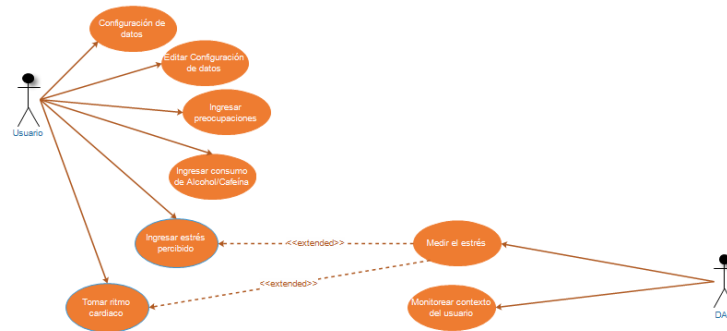


Figura 4.2: Diagrama de Casos de Uso

Tomando en cuenta esos casos de uso, se diseñaron mock ups para la interfáz de usuario, estas se pueden ver en la Figura 4.3, cabe señalar que dichas imágenes pueden cambiar debido a limitaciones o requerimientos específicos en la implementación en Android.

El primer mockup (arriba a la izquierda) muestra la pantalla dónde el usuario llenará sus datos, esta pantalla solo se muestra automáticamente si es la primera vez que el usuario ingresa en el sistema. El siguiente mockup muestra la pantalla ya con los datos que el usuario registró, para modificar algún dato, el usuario tiene que seleccionar el ícono de configuración y éste lo llevará a la pantalla anterior. El siguiente mockup es la pantalla que se muestra cuando sea momento de ingresar el nivel de estrés percibido por el usuario. El cuarto mockup es la pantalla que se muestra para que el usuario indique si se siente o no preocupado. El mockup de abajo a la izquierda es la pantalla que se muestra cuando sea momento de tomar el ritmo cardiaco y con ésta información calcular el estrés del usuario. Los 2 últimos mockups son los que se muestran en caso que el usuario acerque una etiqueta NFC con el texto de la sustancia ingerida.

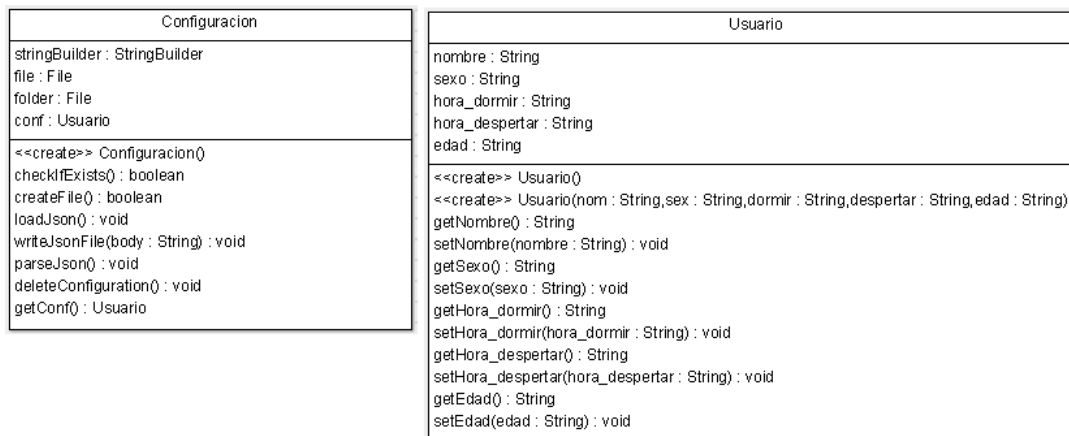
The mockups are organized into two rows. The top row contains four screens: 'Configuración usuario' with fields for Name, Age, Sex, Sleep time, and Wake time; 'Higiene del Sueño' with similar fields; '¿Qué tan estresado se siente?' with radio buttons for 'Sin estrés', 'Poco estrés', and 'Mucho estrés'; and 'Se siente preocupado?' with radio buttons for 'Si' and 'No'. Each of these four screens has a green 'Guardar' button. The bottom row contains three screens: 'Medición del ritmo cardiaco' with instructions and a green 'Empezar medición' button; 'Sustancia detectada' showing a coffee cup icon; and another 'Sustancia detectada' screen showing a bottle and glass icon.

Figura 4.3: Diseño de mockups para el sistema

4.1.2. Diagrama de clases

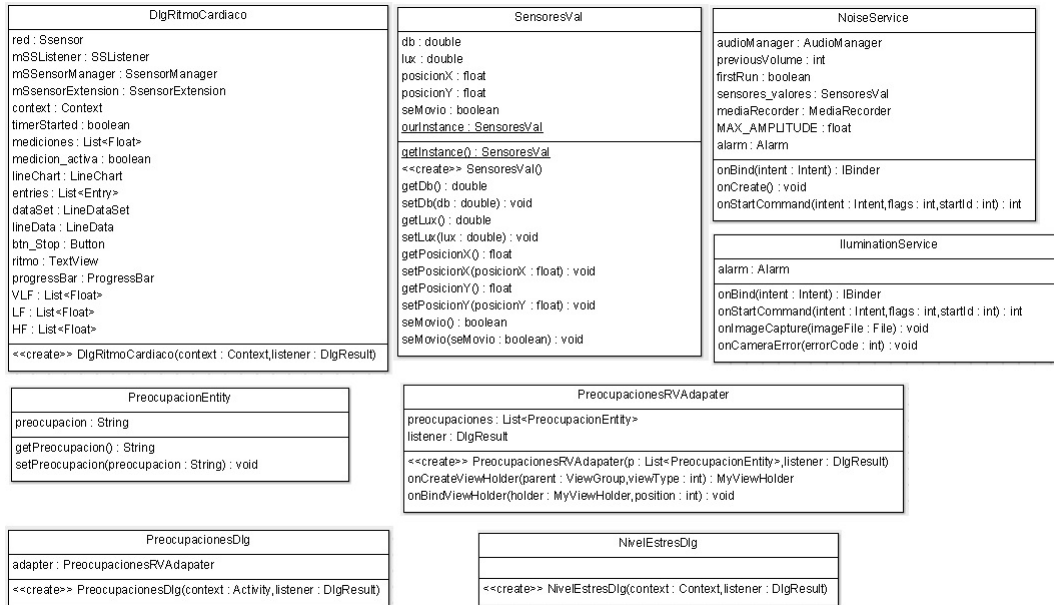
El sistema se divide en las clases con los datos de configuración que ingresa el usuario, las clases con los datos de los sensores para las mediciones de los FHS, las clases para saber cuando lanzar cada medición y las clases para el registro en la base de datos, estas se muestran a continuación:

- Configuración de usuario



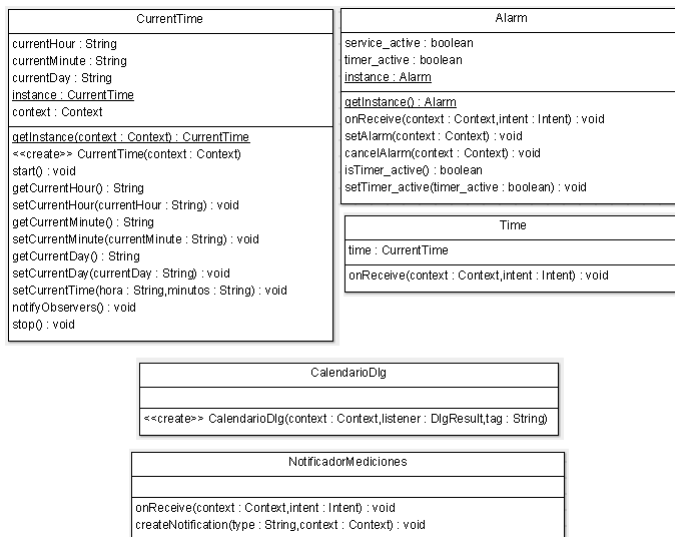
Como se puede ver, en esta clase se agregan los datos de Configuración iniciales y el objeto es creado en la clase Configuración usando Json.

• Sensores de los FHS

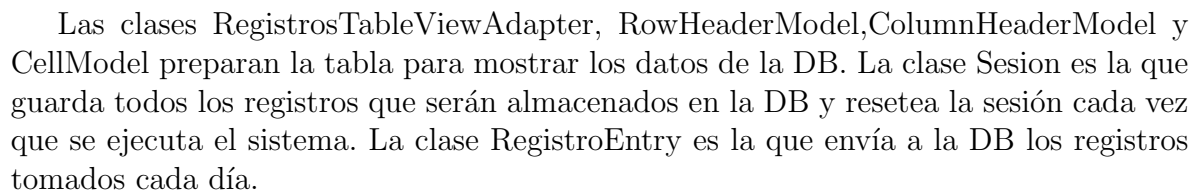


La clase DlgRitmoCardiaco es la clase encargada de medir el ritmo cardiaco al usuario, hacer el cálculo y dependiendo del sexo y edad del usuario, determinar si está o no estresado. El resultado se ve reflejado solamente en la base de datos. La clase SensoresVal obtiene los valores de posición del acelerómetro, los dB del micrófono y los Lux del sensor de luz, estos dos últimos se ejecutan en las clases NoiseService e IluminationService.

• Tiempo de mediciones



- Registro en Base de Datos (DB)



Como se mencionó en un inicio, uno de los cuestionarios que se se tomó como referencia es el SHI utilizado en el estudio [Mastin et al., 2006] y se puede observar que el ítem *“I use alcohol, tobacco, or caffeine within 4 h of going to bed or after going to*

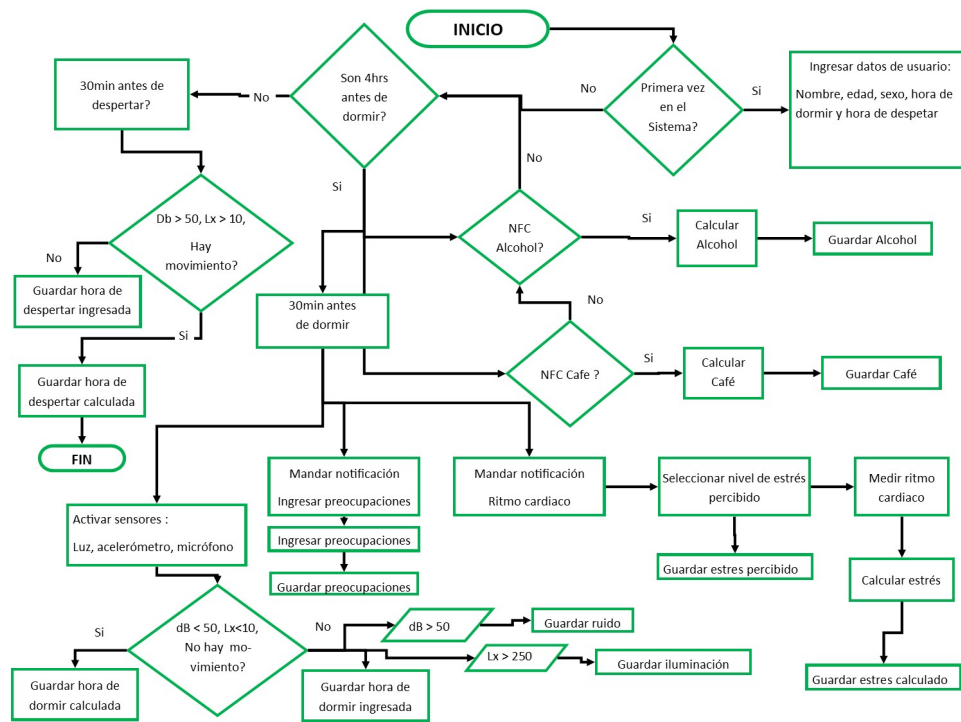


Figura 4.4: Diagrama de Flujo del sistema

bed.” toma como referencia 4hrs previas a dormir y como en este estudio se utilizan 2 de los factores mencionados, las mediciones se harán a partir de esas 4hrs previas.

La primera vez que se utiliza el sistema móvil, el usuario debe especificar los siguientes datos (Figura 4.5):

- Nombre
- Edad
- Sexo
- Hora habitual de dormir
- Hora habitual de levantarse

Una vez establecidos los datos, el sistema puede empezar a medir los factores, si es que se está dentro de las 4hrs previas a dormir.



Figura 4.5: Pantallas de configuración inicial

4.2.1. Captura de datos

•Alcohol

En el estudio [Ebrahim et al., 2013] establece que una dosis moderada del alcohol va de un rango de 0.5 a 0.75mg/kg de etanol, lo que es equivalente de 2 a 4 bebidas estandar, es por eso que se definió como 3 bebidas alcohólicas como consumo de alcohol. Cada vez que el usuario ingiera una bebida alcohólica, se le pide que acerque la etiqueta NFC (que contenga el texto: Alcohol) al dispositivo móvil, si está dentro de las 4hrs previas a dormirse, la app. mostrará en la pantalla del dispositivo que se ha detectado la sustancia Alcohol (Figura 4.6), cuando sean 3 o más veces las capturadas por el sensor, entonces se guarda 1 en la base de datos, si es menos de 3, se guarda 0.



Figura 4.6: Pantalla mostrada cuando detecte etiqueta NFC con texto Alcohol

•Cafeína

En el estudio [Drake et al., 2013] se establece que una bebida comercial de 16 oz (1.9 tazas) contiene aproximadamente 500mg de cafeína y que 400mg de consumo de cafeína tomados de 0 a 6hrs previas a dormir pueden perturbar significativamente el sueño. Por estas razones se estableció que de 2 a más tazas de café se toma como que el usuario si consumió cafeína. Es por eso que se le pide al usuario que cada vez que consuma una taza de café, acerque la etiqueta NFC (que contenga el texto: cafe) al dispositivo móvil, si está dentro de las 4hrs previas a dormirse, la app. mostrará en la pantalla del dispositivo que se ha detectado la sustancia café, cuando sean 2 o más veces las capturadas por el sensor, entonces se guarda 1 en la base de datos, si es menos de 2, se guarda 0.



Figura 4.7: Pantalla mostrada cuando detecte etiqueta NFC con texto Cafe

- Hora de levantarse y hora de dormir

Si son 30 min antes de la hora de dormir, los sensores de luz, movimiento y sonido se activarán, y tomarán como hora de dormir cuando la luz detectada sea menor a 10 lux, el ruido menor a 40 dB, y no se detecte movimiento del dispositivo móvil. Según la Organización Mundial de la salud, se considera que un sonido entre 40 y 60 dB es un entorno de plática mientras que más de 40 dB es un ambiente ruidoso.

Por el contrario, para tomar como hora de despertarse, se tomarán en cuenta niveles mayores a los antes mencionados, es decir, ruido mayor a 60 dB, iluminación mayor a 10 lux y movimiento en el dispositivo móvil.

En caso de no detectar dichos rangos, se guardará como hora de dormir/despertarse la hora que el usuario ingresó en la configuración.

- Iluminación

Según el estudio [Cho et al., 2016] la exposición a la luz artificial de noche es un

componente importante para los ritmos circadianos; por lo tanto, muchos países regulan dicha exposición al establecer limitaciones de intensidad de luz a 10 lux o menos. Por lo tanto, el presente trabajo toma como un ambiente iluminado si se detectan más de 10 lux a la hora que el usuario duerme. Cuando esto pase, se guarda 1 en la base de datos, de lo contrario se guarda un 0.

- Ruido

En el estudio [Caddick et al., 2018] marca como niveles para dormir de 35-40dB, mientras que la Organización Mundial para la Salud establece que un sonido de más de 60 db se considera un ambiente ruidoso, por tal motivo, en este trabajo se considera que el lugar donde duerme el usuario es ruidoso si excede los 60dB. Se guarda 1 en la base de datos si se encuentra ruido mayor a 60dB y 0 si es menor.

- Estrés

Media hora antes de irse a dormir, el sistema manda un mensaje al usuario para recordar que seleccione que nivel de estrés siente que percibe en ese momento (tiene 3 opciones: Sin estrés, Intermedio y Con estrés), inmediatamente después empieza la medición del ritmo cardiaco. Esto se hace mostrando en el sistema móvil un botón que dice Ritmo Cardiaco, al presionarlo aparece una ventana para que elija el nivel de estrés e inmediatamente después empieza a hacer la medición del estrés con el sensor de ritmo cardiaco.

Una vez que se tienen los datos del sensor, es necesario pasar los datos crudos al dominio de la frecuencia, para este tipo de estudios se utiliza habitualmente la transformada rápida de Fourier (FFT), lo que se hace ya que se tienen los datos en frecuencia, se descompone la señal en diferentes bandas espectrales en las cuales se representa la densidad de cada banda de frecuencia, pudiéndose apreciar la contribución de la señal PP en ellas [Cancino, 2011]. Normalmente se dividen en muy baja frecuencia (VLF) menor a 0.04 Hz, baja frecuencia (LF) 0.04-0.15 Hz y alta frecuencia (HF) 0.15-0.4 Hz.

En este mismo estudio, se menciona que la relación LF/HF ha sido utilizado para determinar el balance autonómico. Un valor entre 1.5 y 2.0 ha sido considerado normal para un registro de corta duración. Por otro lado, valores por sobre 2.0 sugieren una mayor dominancia simpática. Si recordamos, anteriormente se mencionó que una baja actividad parasimática (que sería el caso de tener valores por sobre 2.0) se ha visto reflejado en pacientes con estrés.

Entonces tenemos que en este sistema, se hace una medición del ritmo cardiaco de 2 min (120seg), esto nos da 17500 datos.

Dichos datos se pasan al dominio de la frecuencia con la FFT, para esto se requiere

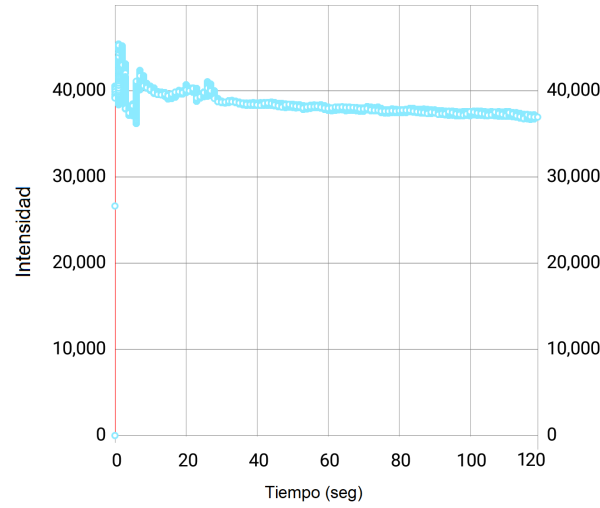


Figura 4.8: Medición de 2min de RC

que el número de datos sea potencia de 2, por lo cual se utilizó 2^{13} lo que nos da un total de 16384 datos.

Ya se tienen los datos en el dominio de la frecuencia, ahora para saber cuales son los datos que equivalen a cada banda espectral se necesita sacar el periodo (T), y Δf

$$T = \frac{t}{N}$$

$$\Delta f = \frac{1}{\frac{T}{N}}$$

Entonces tenemos que $T=0.068$ y $\Delta f = 0.008$

Ahora que sabemos cada cuanto incrementa el eje de la frecuencia se dividen las bandas espectrales:

LF = índices $6 < 20$
HF = índices $20 < 51$

Se hace una suma de todos los datos que estén en esos índices y finalmente se divide LF/HF, como se mencionó anteriormente, por arriba de 2.0 se considera estresado, sin embargo, en el estudio [Antelmi et al., 2004] se presenta la relación LF/HF según el rango de edades y el sexo de la persona, por lo cual, los rangos que se tomaron en este trabajo son los mostrados en la Tabla 4.1.

Estrés si es mayor a		
Rango de edad	LF/HF Hombres	LF/HF Mujeres
$\geq 20 < 30$	2.1	1.8
$\geq 30 < 40$	2.14	1.84
$\geq 40 < 50$	2.32	2
$\geq 50 < 60$	2.3	1.86
≥ 60	2.1	1.79

Tabla 4.1: Estrés según Rango de edad y sexo.

Todo lo anterior es transparente al usuario, el solo ve las mediciones que arroja el sensor de RC y la gráfica, al despertarse, es cuando se guardan los datos en la base de datos y es hasta entonces que el usuario puede ver la información, si la relación LF/HF fue superior a lo marcado en la Tabla 4.1, se guardará “Estresado” en la base de datos, de lo contrario, se guarda “No Estresado”. (Ver Figura 4.9)

Registros del sueño			
	sensacionEstrés	estresCalculad	preocupaciones
	Intermedio	No Estresad	1
	Sin Estrés	No Estresad	1
	Intermedio	No Estresad	0
	NA	NA	-1
	Sin Estrés	No Estresad	0
	NA	NA	-1
	Sin Estrés	No Estresad	0
	Sin Estrés	No Estresad	0

Figura 4.9: Resultados de estrés mostrados en la base de datos

•Preocupaciones antes de dormir

Como se mencionó anteriormente, no se cuenta con un sensor o una forma de medir las preocupaciones aparte de preguntarle directamente al usuario, por lo cual, media hora antes de dormir se envía una alerta para pedirle al usuario que seleccione si tiene preocupaciones o no, esto se hace mediante activar un botón que al seleccionarlo le pregunta si tiene preocupaciones (Figura 4.10), de ser así, se guarda un 1 en la base de datos, de lo contrario, se guarda un 0.

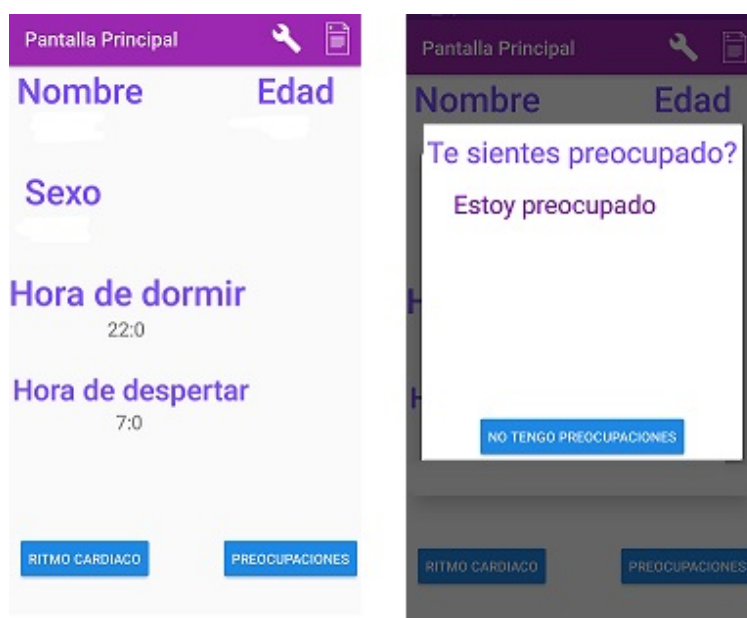


Figura 4.10: Pantalla de seleccionar si el usuario tiene o no preocupaciones.

Capítulo 5

Evaluación del sistema

En éste capítulo se presentan las pruebas y resultados obtenidos con sistema móvil propuesto en este trabajo de tesis.

5.1. Selección de participantes y evaluación de veracidad del sistema móvil

Para poder instalar el sistema móvil es necesario que el participante cuente con un dispositivo móvil Samsung Galaxy S6 o mayor, ya que estos dispositivos son los que cuentan con los sensores utilizados en este sistema, además, los usuarios deben estar en el rango de edad de entre 25 y 65 años.

Participante	Tipo de dispositivo
1	S6
2	S9
3	S7 Edge
4	S6
5	S6 Edge

Tabla 5.1: Participante y dispositivo móvil asociado.

Se seleccionaron 5 personas, 3 mujeres (entre 33 y 42 años) y 2 hombres (25 y 41 años). Se les pidió que instalaran el sistema y lo utilizaran durante una semana, se les pidió que inmediatamente después de tomarse las mediciones del ritmo cardiaco con el sistema propuesto, utilizaran la aplicación Samsung Health específicamente la opción de medir el estrés (Ver Figura 4.1)

Se debe señalar que los 5 participantes, solo 2 de ellos estuvieron en una misma ciudad, por lo cual se les hizo un documento con las instrucciones de la instalación del

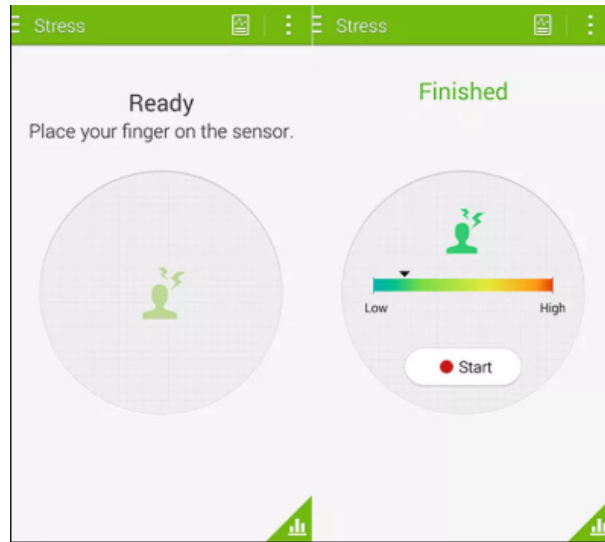


Figura 5.1: Pantalla de la medición del estrés en la aplicación Samsung Health

sistema (ver Apéndice A).

También se les pidió que al de preferencia diario al despertar, llenaran el cuestionario de usuario en línea (Ver Apéndice B), esto con la finalidad de comparar los datos que obtuvo el sistema móvil con lo que percibió el usuario y con el resultado que le da la medición de estrés la app Samsung Health.

Desafortunadamente solo uno de los participantes (Participante1) pudo hacer las mediciones los 5 días, de los otros 4: 2 pudieron instalar la aplicación sin mayores contratiempos. El Participante2 solamente un día le mandó la indicación de medir el estrés y las preocupaciones, el resto de los días no mandó notificaciones ni registró información. El Participante3 instaló el sistema, sin embargo ningún día le mandó notificaciones de tomar mediciones ni registró información alguna. El participante4 pudo instalar la aplicación pero tuvo problemas al ingresar los datos de configuración. Y finalmente el Participante5 por otras causas se quedó sin dispositivo móvil.

Los datos del Participante1, tanto los del sistema como los obtenidos por el cuestionario (estos últimos marcados en verde) se muestran en la Figura 4.2, aquí podemos notar que sólo 2 días se sintió estresado y la app Samsung Health también lo marcó como estresado, sin embargo de esos 2 días sólo uno se vio reflejado el estrés en este sistema, esto puede ser debido a que la app de Samsung va en rango desde nada estresado hasta muy estresado y en este sistema solo muestra si se está estresado o no, por lo que el rango de nivel intermedio de la app de Samsung puede estar en el rango de no estresado de este sistema.

Sin embargo, debido a las dificultades presentadas con los otros 4 participantes, no es posible hacer una evaluación certera sobre de la veracidad del sistema.

Fecha	Nombre	Edad	Sexo	Hora de dormir del sistema	Hora de despertar del sistema	Café	Alcohol	Estrés percibido	Estrés calculado por el sistema	Estrés calculado por Samsung Health	Preocupaciones	Ruido	Despertó por ruido?	Iluminación	Despertó por iluminación	Despertó por otros motivos	Hora de despertar calculada	Hora de despertar real	Hora de dormir calculada	Hora de dormir real
26/12/2018	Participante1	41	Mujer	23:00	7:00	0	0	Intermedio	No estresado	Nada estresado	0	1	No	-1	No	No	7:00	7:35	22:41	23:15
28/12/2018	Participante1	41	Mujer	23:30	7:30	0	0	Sin estrés	No estresado	Nada estresado	0	1	No	-1	No	No	7:30	7:35	23:17	0:15
30/12/2018	Participante1	41	Mujer	22:30	7:30	0	0	NA	NA	Nada estresado	-1	1	No	0	No	No	7:30	8:10	22:30	23:15
31/12/2018	Participante1	41	Mujer	22:30	7:30	0	1	Sin estrés	No estresado	Nada estresado	0	1	No	0	No	No	7:30	8:20	22:27	1:15
1/1/2019	Participante1	41	Mujer	22:30	7:30	0	0	Sin estrés	No estresado	Nada estresado	0	1	No	0	No	No	7:30	9:30	22:30	22:45
3/1/2019	Participante1	41	Mujer	22:00	7:00	0	0	Intermedio	Estresado	Intermedio	1	1	No	0	No	Si	7:00	7:35	21:38	22:15
4/1/2019	Participante1	41	Mujer	22:00	7:00	0	0	Con estrés	No estresado	Intermedio	1	1	No	0	No	No	7:00	7:45	21:33	22:40

Figura 5.2: Datos del Participante1

Es probable que el motivo por el cual el sistema no funcionó de la manera esperada con los dispositivos Participantes 2 y 3 sean los cambios de versión del SO.

5.2. Evaluación de usabilidad

Uno de los métodos más usados para la evaluación de la usabilidad de sistemas es el cuestionario System Usability Scale (SUS), éste utiliza 10 elementos a evaluar (Ver Apéndice C), todos con la escala Liker (1 al 5, donde 1 es totalmente en desacuerdo hasta 5 que es totalmente de acuerdo).

Para calcular la puntuación hay que sumar primero las contribuciones de cada punto. Para los puntos 1, 3, 5, 7 y 9, la contribución será la posición de la escala menos 1. Para los puntos 2, 4, 6, 8 y 10, la contribución será 5 menos la posición en la escala. Se multiplica la suma de los resultados por 2.5 para obtener el valor global del SUS. El resultado estará entre 0 y 100.

El resultado de la evaluación de usabilidad de este sistema (Ver Figura 4.2) es promedio de 70, lo cual cae en el límite de lo aceptable, según la Figura 4.3

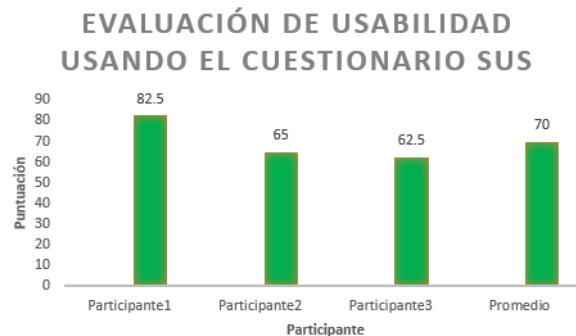


Figura 5.3: Gráfica de evaluación del sistema móvil según el cuestionario SUS

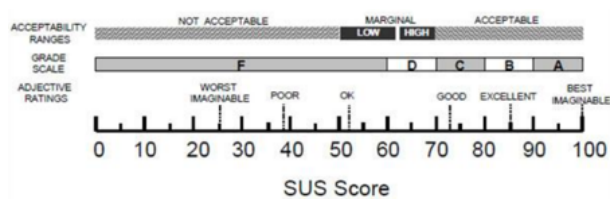


Figura 5.4: Significado de la puntuación de SUS [Brooke, 2013]

Capítulo 6

Conclusiones Generales

6.1. Conclusiones

Al inicio de este trabajo de tesis, se pensaba que los FHS que serían más relevantes serían ruido, iluminación y temperatura de la habitación, también el ingerir alimentos altos en grasas y probablemente el ejercitarse cerca de la hora de ir a dormir, por lo que el factor más difícil de medir con los sensores del dispositivo móvil sería la ingesta de alimentos.

Como se pudo notar, los FHS que se encontraron relevantes son altamente difíciles de medir con solo los sensores del dispositivo móvil, por lo cual se tuvieron que buscar soluciones que estuvieran a nuestro alcance. Por lo cual nos lleva a concluir que la respuesta a la pregunta:

¿Cómo lograr una monitorización de las variables más relevantes relacionadas con la higiene del sueño con un dispositivo móvil de una manera poco intrusiva?

Es complicado hacerlo con la tecnología existente en los dispositivos móviles, concretamente en los teléfonos celulares, creo que combinando el teléfono celular con los relojes inteligentes podría ser una solución más práctica pensando en el FHS del Estrés, sin embargo, los FHS Alcohol, Café y Preocupaciones seguirían siendo de forma intrusiva.

6.2. Trabajo a futuro

- Corregir los errores del sistema móvil.
- Buscar métodos menos intrusivos para la captura de los datos.
- Unir los 3 módulos del Ecosistema Tecnológico.

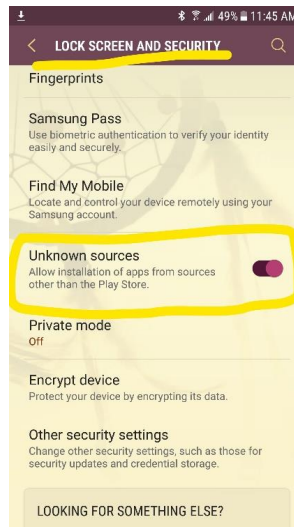
Apéndice A

Instrucciones de instalación de sistema

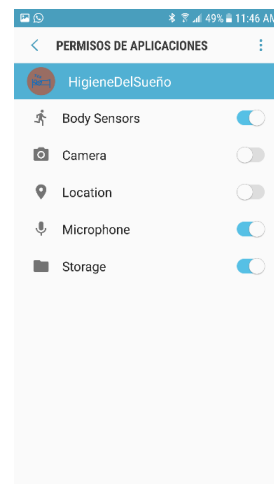
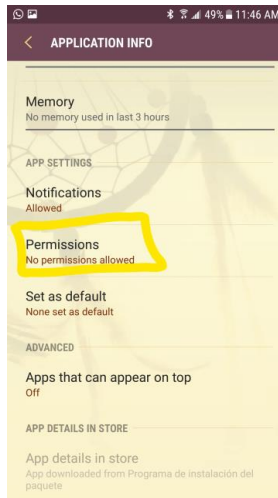
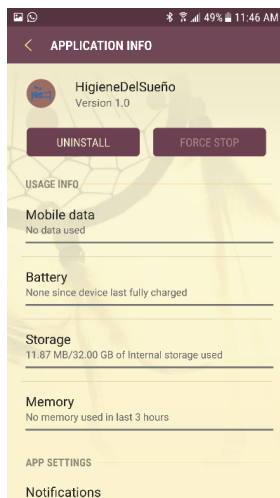
Instrucciones para la instalación y uso de la aplicación Higiene del Sueño

1. Antes de instalar el archivo HigieneS.apk, permitir en el cel instalación de orígenes desconocidos.

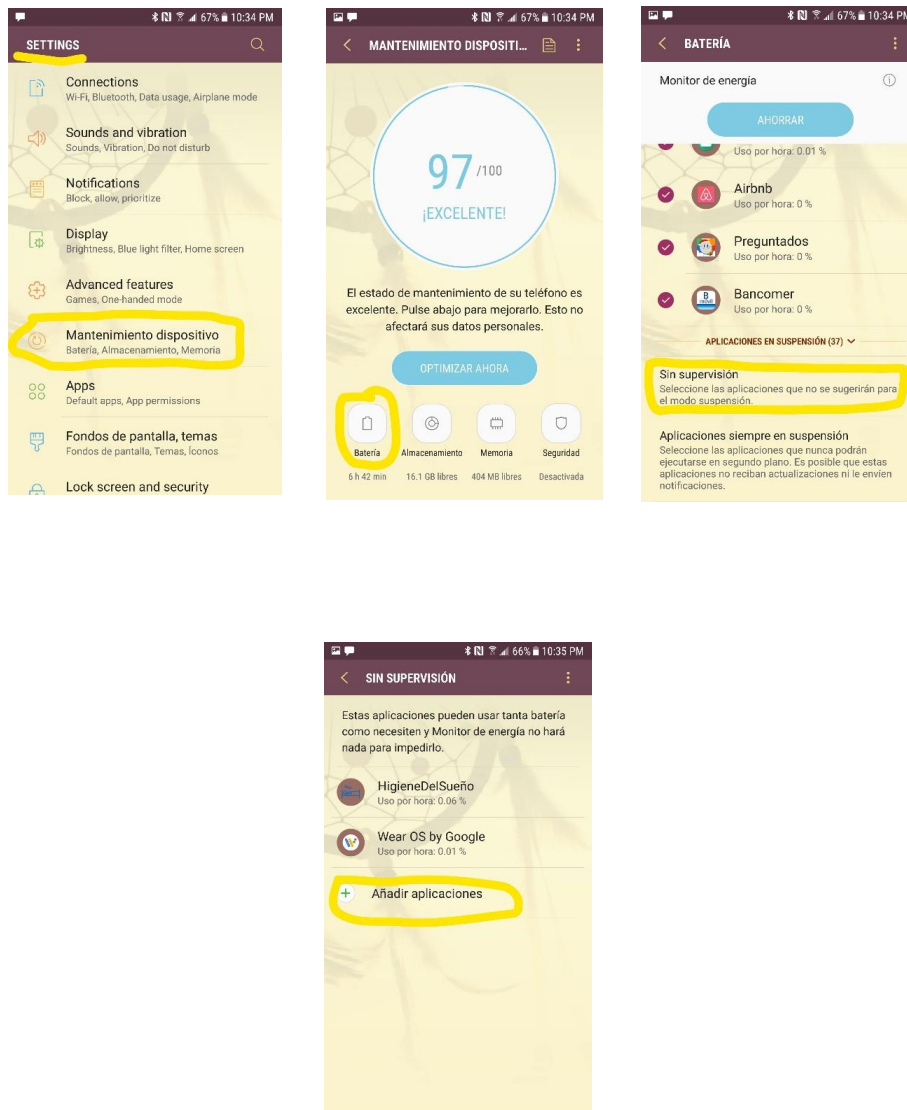
En la configuración del celular, elegir Bloqueo y seguridad > Orígenes desconocidos



2. Descargar la app e instalarla NOTA: NO ABRIRLA, buscar en la configuración del sistema la aplicación: Configuración>Aplicaciones>Higiene del Sueño y darle PERMISOS



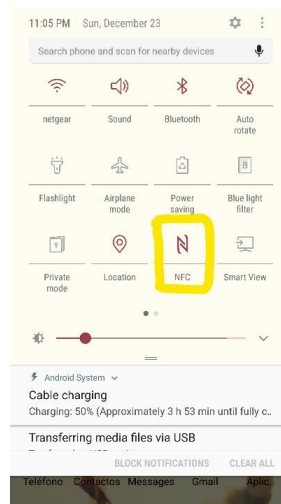
3. Configurar la app para que no se suspenda por mucho uso de batería:



4. Abrir la aplicación y configurar los datos. TEN EN CUENTA QUE ESTÁ EN CONFIGURACIÓN DE 24HRS.

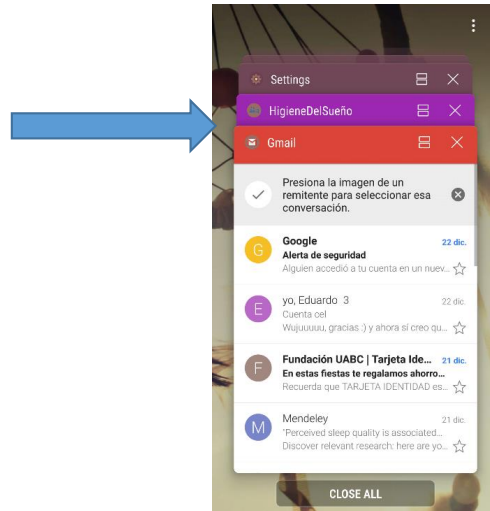


5. Permitir la lectura de NFC



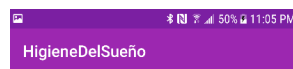
USO DE LA APLICACIÓN

Una vez configurada, no cerrarla, dejar que corra en SEGUNDO PLANO para que se activen los sensores. ASEGURARSE QUE TIENE AL MENOS 50% DE BATERÍA, o dejarlo cargando.



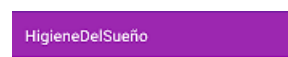
4 horas antes de la hora configurada de irse a dormir, se podrán registrar los consumos de Alcohol/Cafeína

1. Al tomar alguna de las sustancias con cafeína/alcohol pasar la etiqueta NFC



Se detecto la
siguiente sustancia:

Alcohol

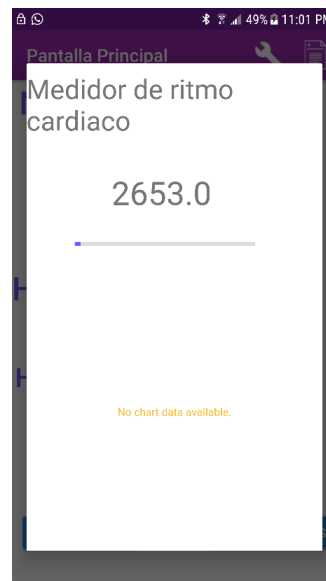
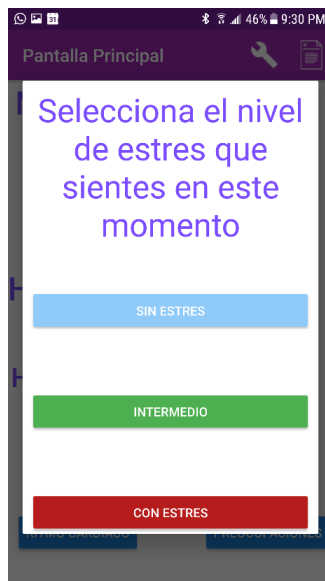
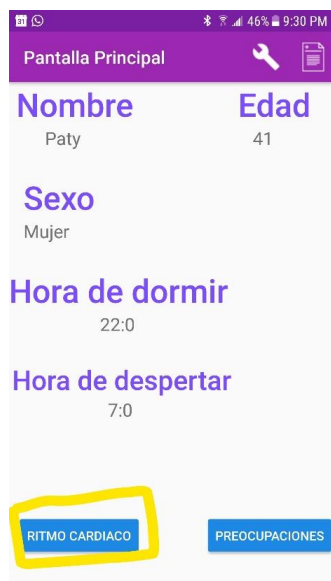
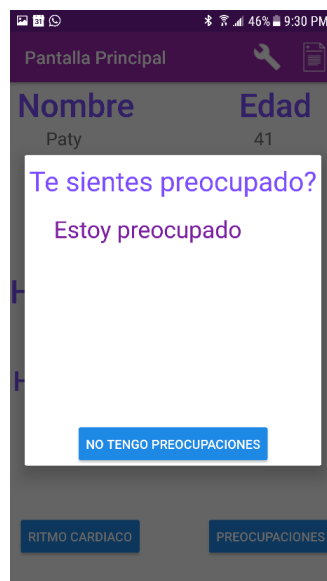
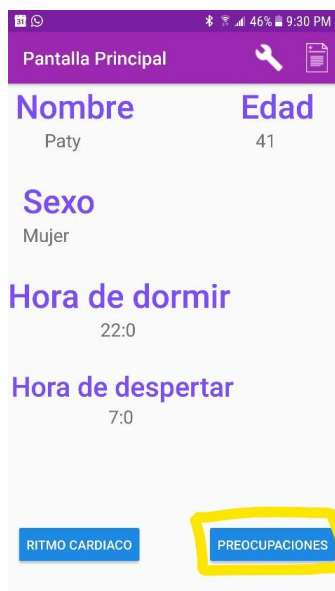


Se detecto la
siguiente sustancia:

Agregado



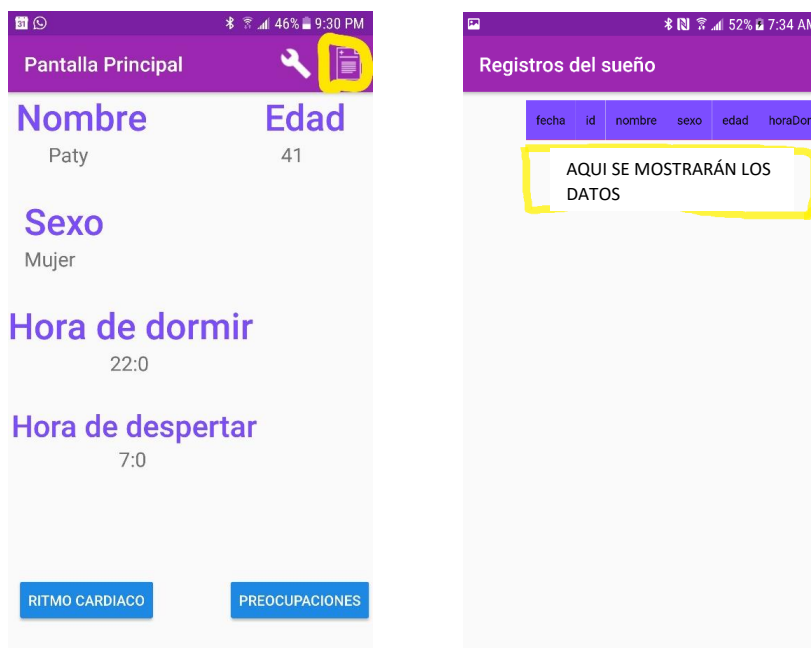
2. Media hora antes de la hora configurada, la aplicación pedirá que seleccione si tiene o no preocupaciones y que se tome el ritmo cardiaco(aprox. 2min):



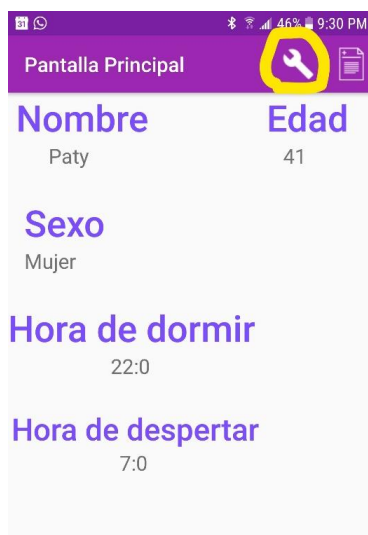
3. Medirse el estrés con la app Samsung Health



4. Una vez pasada la hora de despertar, se guardarán los datos tomados por el celular y se podrán ver en la parte de la Base de Datos



5. Para editar los datos de la configuración:



6. Contestar el cuestionario de usuario de Higiene del Sueño

<https://goo.gl/forms/8J0a1bufvclUXoHp2>

7. Al finalizar la semana, contestar el cuestionario de usabilidad

<https://goo.gl/forms/d3NEO3XFYKXSixlf2>

Apéndice B

Cuestionario diario de usuario

Cuestionario de usuario

Este cuestionario debe llenarse diario, de preferencia después de despertar

* Required

Nombre *

Your answer

Hora aprox. que se fue a dormir *

Time

: AM ▾

Hora aprox. que despertó *

Time

: AM ▾

Nivel de estrés de Samsung Health *

	1	2	3	
Nada estresado	☐	☐	☐	Muy estresado

Tuvo un descanso ininterrumpido? *

- ☐ Si
☐ No

En caso de contestar no a la pregunta anterior, cual fue la razón?

- ☐ Ruido
☐ Iluminación
☐ Otra

SUBMIT

Apéndice C

Cuestionario de usabilidad

1. Creo que me gustaría utilizar este sistema frecuentemente.
2. El sistema me resultó innecesariamente complejo.
3. Creo que el sistema es bastante fácil de utilizar.
4. Creo que necesitaría el soporte de un técnico para poder utilizar este sistema.
5. Creo que las diferentes funciones del sistema se encuentran muy bien integradas.
6. Opino que hubo demasiada inconsistencia en el sistema.
7. Imagino que la mayoría de las personas aprendería a utilizar el sistema rápidamente.
8. Me sentí algo incómodo al utilizar este sistema.
9. Me sentí muy seguro al utilizar este sistema.
10. Necesito aprender muchas otras cosas antes de poder utilizar correctamente el sistema.

Bibliografía

- [Antelmi et al., 2004] Antelmi, I., De Paula, R. S., Shinzato, A. R., Peres, C. A., Mansur, A. J., and Grupi, C. J. (2004). Influence of age, gender, body mass index, and functional capacity on heart rate variability in a cohort of subjects without heart disease. *The American journal of cardiology*, 93(3):381–385.
- [Badawi and El Saddik, 2013] Badawi, H. and El Saddik, A. (2013). Towards a context-aware biofeedback activity recommendation mobile application for healthy lifestyle. *Procedia Computer Science*, 21:382–389.
- [Bolitho et al., 2014] Bolitho, S., Naismith, S. L., Rajaratnam, S., Grunstein, R. R., Hodges, J. R., Terpening, Z., Rogers, N., and Lewis, S. J. G. (2014). Disturbances in melatonin secretion and circadian sleep–wake regulation in parkinson disease. *Sleep medicine*, 15(3):342–347.
- [Brooke, 2013] Brooke, J. (2013). Sus: a retrospective. *Journal of usability studies*, 8(2):29–40.
- [Caddick et al., 2018] Caddick, Z. A., Gregory, K., Arsintescu, L., and Flynn-Evans, E. E. (2018). A review of the environmental parameters necessary for an optimal sleep environment. *Building and environment*.
- [Cancino, 2011] Cancino, J. (2011). Variabilidad del ritmo cardiaco:¿ por qué el caos puede ser saludable? *PENSAR EN MOVIMIENTO: Revista de Ciencias del Ejercicio y la Salud*, 9(1):22–32.
- [Carrillo-Mora et al., 2013] Carrillo-Mora, P., Ramírez-Peris, J., and Magaña-Vázquez, K. (2013). Neurobiología del sueño y su importancia: antología para el estudiante universitario. *Revista de la Facultad de Medicina (México)*, 56(4):5–15.
- [Cho et al., 2016] Cho, C.-H., Lee, H.-J., Yoon, H.-K., Kang, S.-G., Bok, K.-N., Jung, K.-Y., Kim, L., and Lee, E.-I. (2016). Exposure to dim artificial light at night increases rem sleep and awakenings in humans. *Chronobiology international*, 33(1):117–123.
- [Daskalova et al., 2016] Daskalova, N., Metaxa-Kakavouli, D., Tran, A., Nugent, N., Boergers, J., McGeary, J., and Huang, J. (2016). Sleepcoach: A personalized automated self-experimentation system for sleep recommendations. In *Proceedings of the*

- 29th Annual Symposium on User Interface Software and Technology*, pages 347–358. ACM.
- [Drake et al., 2013] Drake, C., Roehrs, T., Shambroom, J., and Roth, T. (2013). Caffeine effects on sleep taken 0, 3, or 6 hours before going to bed. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 9(11):1195–1200.
- [Ebrahim et al., 2013] Ebrahim, I. O., Shapiro, C. M., Williams, A. J., and Fenwick, P. B. (2013). Alcohol and sleep i: effects on normal sleep. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*, 37(4):539–549.
- [Guallar-Castillón et al., 2014] Guallar-Castillón, P., Bayán-Bravo, A., León-Muñoz, L. M., Balboa-Castillo, T., López-García, E., Gutierrez-Fisac, J. L., and Rodríguez-Artalejo, F. (2014). The association of major patterns of physical activity, sedentary behavior and sleep with health-related quality of life: a cohort study. *Preventive medicine*, 67:248–254.
- [Hao et al., 2013] Hao, T., Xing, G., and Zhou, G. (2013). isleep: unobtrusive sleep quality monitoring using smartphones. In *Proceedings of the 11th ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems*, page 4. ACM.
- [Hernández and Briseño, 2016] Hernández, A. J. L. and Briseño, M. V. (2016). Personal ict ecosystem to promote habits that improve sleep quality. In *Proceedings of the 10th EAI International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare*, pages 219–222. ICST (Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering).
- [Hernández, 2018] Hernández, A. L. (2018). *Adaptive Model to Predict Sleep Quality from the Personalized Selection of Sleep Hygiene Factors. An Approach from the Machine Learning Algorithms*. Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Baja California, Campus Ensenada.
- [Hirshkowitz et al., 2015] Hirshkowitz, M., Whiton, K., Albert, S. M., Alessi, C., Bruni, O., DonCarlos, L., Hazen, N., Herman, J., Katz, E. S., Kheirandish-Gozal, L., et al. (2015). National sleep foundation’s sleep time duration recommendations: methodology and results summary. *Sleep Health*, 1(1):40–43.
- [Hodgson et al., 2014] Hodgson, N., Gitlin, L. N., and Huang, J. (2014). The influence of sleep disruption and pain perception on indicators of quality of life in individuals living with dementia at home. *Geriatric Nursing*, 35(5):394–398.
- [Inzunza and Juárez-Ramírez, 2018] Inzunza, S. and Juárez-Ramírez, R. (2018). A comprehensive context-aware recommender system framework. In *Computer Science and Engineering—Theory and Applications*, pages 1–24. Springer.

- [Kao et al., 2012] Kao, H.-L. C., Ho, B.-J., Lin, A. C., and Chu, H.-H. (2012). Phone-based gait analysis to detect alcohol usage. In *Proceedings of the 2012 ACM Conference on Ubiquitous Computing*, pages 661–662. ACM.
- [Khazaie et al., 2016] Khazaie, H., Chehri, A., Sadeghi, K., Heydarpour, F., Soleimani, A., and Rezaei, Z. (2016). Sleep hygiene pattern and behaviors and related factors among general population in west of iran. *Global journal of health science*, 8(8):114.
- [Lane et al., 2011] Lane, N. D., Mohammod, M., Lin, M., Yang, X., Lu, H., Ali, S., Doryab, A., Berke, E., Choudhury, T., and Campbell, A. (2011). Bewell: A smartphone application to monitor, model and promote wellbeing. In *5th international ICST conference on pervasive computing technologies for healthcare*, pages 23–26.
- [Liu, 2013] Liu, M. (2013). A study of mobile sensing using smartphones. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 9(3):272916.
- [Low et al., 2014] Low, S., Sugiura, Y., Lo, D., and Inami, M. (2014). Pressure detection on mobile phone by camera and flash. In *Proceedings of the 5th Augmented Human International Conference*, page 11. ACM.
- [Mastin et al., 2006] Mastin, D. F., Bryson, J., and Corwyn, R. (2006). Assessment of sleep hygiene using the sleep hygiene index. *Journal of behavioral medicine*, 29(3):223–227.
- [Min et al., 2014] Min, J.-K., Doryab, A., Wiese, J., Amini, S., Zimmerman, J., and Hong, J. I. (2014). Toss’n’turn: smartphone as sleep and sleep quality detector. In *Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems*, pages 477–486. ACM.
- [Nguyen et al., 2016] Nguyen, A., Raghebi, Z., Banaei-Kashani, F., Halbower, A. C., and Vu, T. (2016). Libs: a low-cost in-ear bioelectrical sensing solution for healthcare applications. In *Proceedings of the Eighth Wireless of the Students, by the Students, and for the Students Workshop*, pages 33–35. ACM.
- [Sekine et al., 2014] Sekine, M., Tatsuse, T., Cable, N., Chandola, T., and Marmot, M. (2014). U-shaped associations between time in bed and the physical and mental functioning of japanese civil servants: the roles of work, family, behavioral and sleep quality characteristics. *Sleep medicine*, 15(9):1122–1131.
- [Shaffer et al., 2014] Shaffer, F., McCraty, R., and Zerr, C. L. (2014). A healthy heart is not a metronome: an integrative review of the heart’s anatomy and heart rate variability. *Frontiers in psychology*, 5:1040.
- [Venebra Muñoz et al., 2006] Venebra Muñoz, A., García, J. S., and García, F. G. (2006). Trastornos del dormir. *Revista Médica de la Universidad Veracruzana*, 6(2):18–28.

- [Zhu et al., 2014] Zhu, B.-Q., Li, X.-M., Wang, D., and Yu, X.-F. (2014). Sleep quality and its impact on glycaemic control in patients with type 2 diabetes mellitus. *International Journal of Nursing Sciences*, 1(3):260–265.