



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN**



**TESIS**

**IMPLEMENTACIÓN DE UNA APP MÓVIL PARA ESTIMAR EL ÍNDICE  
ULTRAVIOLETA EN TIEMPO REAL**

**PRESENTADA POR:**

**CIRO WILLIAM TAIPE HUAMÁN**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:**

**DOCTOR EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN**

**PUNO, PERÚ**

**2023**

## Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**IMPLEMENTACIÓN DE UNA APP MÓVIL  
PARA ESTIMAR EL ÍNDICE ULTRAVIOLE  
TA EN TIEMPO REAL**

AUTOR

**Ciro William Taipe Huamán**

RECuento DE PALABRAS

**20306 Words**

RECuento DE CARACTERES

**102170 Characters**

RECuento DE PÁGINAS

**91 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**2.8MB**

FECHA DE ENTREGA

**Nov 27, 2023 1:06 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Nov 27, 2023 1:08 PM GMT-5**

### ● 18% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 17% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 4% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

### ● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 12 palabras)



  
D. SR. ALEJANDRO A. TARGUI  
ING. ESTADÍSTICO, SISTEMAS E INFORMÁTICA  
CIP. 48099



# UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

## ESCUELA DE POSGRADO

### DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

#### TESIS

### IMPLEMENTACIÓN DE UNA APP MÓVIL PARA ESTIMAR EL ÍNDICE ULTRAVIOLETA EN TIEMPO REAL



#### PRESENTADA POR:

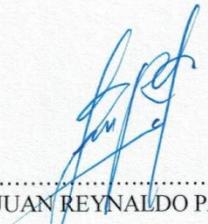
**CIRO WILLIAM TAIPE HUAMÁN**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:**

**DOCTOR EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN**

APROBADA POR EL JURADO SIGUIENTE:

PRESIDENTE

  
.....  
Dr. JUAN REYNALDO PAREDES QUISPE

PRIMER MIEMBRO

  
.....  
Dr. LEONEL COYLA IDME

SEGUNDO MIEMBRO

  
.....  
D.Sc. JUAN CARLOS JUAREZ VARGAS

ASESOR DE TESIS

  
.....  
D.Sc. ALEJANDRO APAZA TARQUI

Puno, 20 de octubre de 2023

**ÁREA:** Ingeniería del software

**TEMA:** Implementación de una app móvil para estimar el índice ultravioleta en tiempo real

**LÍNEA:** Desarrollo de aplicaciones



## DEDICATORIA

Quiero expresar mi gratitud a mis padres, Felipe  
Taípe e Irene Huamán, por su inquebrantable respaldo  
durante mi desarrollo académico.



## AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi agradecimiento al Dr. Alejandro Apaza Tarqui, docente de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Altiplano, por su continua disposición, orientación y respaldo como guía del trabajo de investigación. Su contribución ha sido fundamental para enriquecer mi conocimiento y mejorar mi desempeño como profesional en el campo de las Ciencias de la Computación.

Quiero expresar mi agradecimiento a toda mi familia por brindarme un apoyo constante y comprensión a lo largo de la realización de esta investigación doctoral.



## ÍNDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE ANEXOS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
INTRODUCCIÓN	1

### CAPÍTULO I

#### REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. Marco teórico	4
1.1.1. Radiación solar	4
1.1.2. Incidencia de la radiación solar sobre la superficie terrestre	5
1.1.3. Índice de radiación ultravioleta	7
1.1.4. Cálculo de índice ultravioleta	8
1.1.5. Radiación solar y sensor de luz	15
1.1.6. Determinación del índice UV	16
1.1.7. Android	17
1.1.8. Arquitectura de Android	17
1.1.9. Ventajas de Android	18
1.1.10. Android Studio	19
1.1.11. Java	20
1.2. Antecedentes	21
1.2.1. Aplicaciones móviles de medir el índice ultravioleta	21
1.2.2. Aplicación móvil como interfase de datos	23
1.2.3. Desarrollo de aplicaciones móviles	25

### CAPÍTULO II

#### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Identificación del problema	28
2.2. Enunciados del problema	29
2.3. Justificación	29



2.4. Objetivos	30
2.4.1. Objetivo general	30
2.4.2. Objetivos específicos	30
2.5. Hipótesis	31
2.5.1. Hipótesis general	31
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	
3.1. Lugar de estudio	32
3.2. Población	33
3.3. Muestra	33
3.4. Método de investigación	34
3.5. Descripción detallada de métodos por objetivos específicos	35
3.5.1. Desarrollar la app móvil para la estimación de valores de índice ultravioleta en tiempo real.	35
3.5.2. Validación de los valores de índice ultravioleta calculados por la app móvil con mediciones de instrumento portátil.	44
3.5.3. Resultados Inferenciales	45
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	
4.1. Desarrollar la app móvil para la estimación de valores de índice ultravioleta en tiempo real.	48
4.2. Validación de los valores de índice ultravioleta calculados por la app móvil con mediciones de instrumento portátil.	50
4.3. Prueba de hipótesis	55
4.4. Discusión de resultados.	57
4.4.1. Diseño de la aplicación en función a tres ventanas.	57
4.4.2. Método de cálculo de índice UV	57
4.4.3. Validación de datos por instrumentos	58
4.4.4. Desarrollo de aplicaciones móviles	59
CONCLUSIONES	60
RECOMENDACIONES	61
BIBLIOGRAFÍA	62
ANEXOS	70



## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
1. Valores de los coeficientes de absorción para el ozono ( $k_{\lambda}$ ), para el rango de longitud de onda 0.285mm a 0.385mm, según (Leckner, 1978)	12
2. Puntos de muestreo	33
3. Estadísticos de medidas de índice UV	52
4. Estadísticos de medidas para la provincia de la región de Puno de índice UV	54
5. p-valor	56

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
1. Espectro de la radiación solar global	5
2. Fracción de radiación solar directa.	6
3. Índice de radiación ultravioleta, según (OMS, 2003)	7
4. Nivel de clasificación de IUUV	8
5. Relación entre $\beta$ y $w$ .	11
6. Índice ultravioleta y radiación solar global	16
7. Arquitectura Android	18
8. Imagen de la interfaz gráfica (modo de diseño)	20
9. Valores de índice UV en la región de Puno	32
10. Región de Puno	34
11. Etapas de desarrollo de aplicación móvil	36
12. Datos de índice UV y radiación solar global	37
13. Relación de índice UV y radiación solar	37
14. Celular de gama alta con datos requeridos	38
15. Diagrama de caso de uso app móvil	38
16. Diagrama de flujo de cálculo del índice UV	41
17. Desarrollo en Android Studio	42
18. Celular Xiaomi 11T Pro	43
19. Medidor UV GD-UV06	44
20. Icono de App móvil medidor índice UV	48
21. Captura de pantalla de la app, (a) Índice UV, (b) Medidas de seguridad, (c) información de la app	49
22. Medidor de índice UV	50
23. Medida de índice UV en tiempo real	51
24. Medida de índice UV celular y medidor GD-UV06	51
25. Medidas en Juli y Moho	53
26. Valores medidos de índice UV (a) Juli y (b) Moho	53
27. Índice UV para diferentes dispositivos para la ciudad de Juliaca	55



## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
1. Datos tomados en las regiones	70
2. Imágenes de muestras en la región	75
3. Marca y modelo	78
4. Curva de ajuste lineal y cuadrático	80



## RESUMEN

La investigación tuvo el objetivo de desarrollar una aplicación móvil para estimar los valores de índice ultravioleta en tiempo real mediante el uso de un celular. Por lo cual se desarrolla una aplicación en Android Studio considerando datos obtenidos del sensor de luz del medio ambiente del celular y valores teóricos de radiación solar espectral para cielos despejados considerando datos de posición geográfica, día juliano y hora real obtenidas del celular. Para luego implementar el algoritmo para estimar el índice ultravioleta. Sea considerado para el análisis de resultados de los valores medidos de índice ultravioleta los estadísticos de desviación media absoluta, el error porcentual absoluto medio, y para la prueba de hipótesis se utiliza el cálculo del estadístico t para la validación de los valores medidas por la aplicación considerando el medidor de UV GD-UV06. Efectuando la evaluación de mediciones en tiempo real en trece puntos geográficos ubicados en la región de Puno. Y la comparación de medida de tres marcas de celulares en tiempo real. Se logró realizar la validación de los valores estimados de índice UV por la App móvil desarrollado, logrando un error menor a 9.051% considerando la totalidad de días nublado, parcial mente nublados y despejados. Concluyendo que es posible estimar valores de índice ultravioleta mediante el uso de un celular y App móvil en tiempo real desarrollado en Android Studio utilizando el sensor de luz ambiental del celular y el modelo espectral de la radiación solar.

**Palabras clave:** App móvil, celular, índice ultravioleta, radiación solar, sensor de luz.

## ABSTRACT

The research aimed to develop a mobile application to estimate the ultraviolet index values in real-time using a cell phone. Therefore, an application is developed in Android Studio considering data obtained from the environmental light sensor of the cell phone and theoretical values of spectral solar radiation for clear skies based on geographic position data, Julian day, and real-time obtained from the cell phone. To then implement the algorithm to estimate the ultraviolet index. For the analysis of the results of the measured values of the ultraviolet index, the statistics of mean absolute deviation, and the mean absolute percentage error, and for the hypothesis test, the calculation of the T-statistic is used for the validation of the values measured by the application considering the UV meter GD-UV06. Real-time measurements were evaluated in thirteen geographical points located in the Puno region. And the comparison of measurements of three brands of cell phones in real-time. It was possible to validate the estimated values of the UV index by the mobile App developed, achieving an error of less than 9.051% considering the totality of cloudy, partially cloudy, and clear days. In conclusion, it is possible to estimate UV index values using a cell phone and mobile App in real time developed in Android Studio using the ambient light sensor of the cell phone and the spect model.

**Keywords:** Cell phone, ultraviolet index, light sensor, mobile app, solar radiation.



Dr. Renzo F. Valdivia Terrazas  
Docente Principal UNA-PUNO

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la información de los valores del índice ultravioleta (UV) se obtiene de las bases de datos proporcionadas en la web, como la que ofrece el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú SENAMHI (SENAMHI - Perú, 2023), que son valores promedio diarios para grandes regiones, que difieren de los valores estimados en tiempo real, debido a las características del lugar, el tipo de clima que se presenta. La otra forma de obtener valores de índice UV es mediante aplicaciones móviles que proporcionan datos de bases de datos web, también son valores estimados promedio que difieren de las mediciones en tiempo real, porque estos valores se estiman para áreas grandes y no se consideran la nubosidad que puede ocurrir en el lugar (Taïpe *et al.*, 2023). También hay aplicaciones que se basan en la cámara del teléfono celular que no depende de ninguna base de datos, solo en la información proporcionada por la imagen, la dificultad es que no puede estimar los valores del índice UV, cuando estas imágenes no se toman de la manera adecuada (Mei *et al.*, 2016). También hay aplicaciones basadas en el uso del sensor de luz del teléfono celular que, para estimar el valor del índice UV, utiliza un factor de proporcionalidad con la radiación solar global, lo que dificulta la estimación del índice UV (Ananno *et al.*, 2018). Considerando que esta asociación se aplica a los promedios diarios de los valores del índice UV., que son distintos de las estimaciones en tiempo real, es importante tener en cuenta que la intensidad de la radiación solar fluctúa a lo largo del día. Una alternativa para obtenerlo es por medio de dispositivos de medición, como espectrorradiómetros y equipos portátiles para medir el índice UV. Estos instrumentos ofrecen resultados altamente precisos, sin embargo, el inconveniente radica en que los ciudadanos no tienen acceso a su uso.

La radiación solar UV tiene efectos nocivos sobre la salud de los seres humanos, en la piel la radiación UV causa envejecimiento prematuro, reacciones de tipo alérgicas, como foto-queratitis (Ansary *et al.*, 2021), cáncer en la piel (Rivas *et al.*, 2020). En los ojos causa cataratas (McCarty y Taylor, 2021) y afecta al sistema inmunológico (Bernard *et al.*, 2019). El efecto más común de la sobreexposición a la radiación solar es la quemadura solar o eritema, que aparece 10-16 horas después de la exposición al sol (Wolf *et al.*, 2020). La exposición no es en toda su magnitud perjudicial, está relacionado con la vitamina D (Neale *et al.*, 2023). Los efectos en la naturaleza como en la agricultura y la vida acuática se presentan en las plantas y peces (Sweet *et al.*, 2012). A la vegetación afecta en su crecimiento (Kunz *et al.*, 2006; Zhang *et al.*, 2014), en la conservación y

durabilidad de materiales como el plásticos y la pintura (Andrady *et al.*, 2023; Mouillet *et al.*, 2008).

En los últimos años, los teléfonos móviles, especialmente los smartphones, han experimentado un rápido desarrollo y se han convertido en dispositivos fundamentales para la comunicación y la computación en la vida cotidiana de las personas. Junto con el desarrollo de los teléfonos móviles, el desarrollo de aplicaciones móviles APPs también ha ganado mucha popularidad debido a su conveniencia (Ghahramani *et al.*, 2020). Martín *et al.* (2019) afirma que los teléfonos inteligentes móviles están emergiendo rápidamente como un medio efectivo de comunicándose. Mediante el uso de aplicaciones móviles, es posible conectarse a bases de datos remotas, realizar un seguimiento del clima y la ubicación, además de incorporar la información proporcionada por el usuario para brindar detalles sobre su estado de salud individual.

Por lo tanto, se propone el objetivo de desarrollar una aplicación móvil con el fin de calcular de manera precisa y en tiempo real los valores fiables del índice ultravioleta, para lo cual se va desarrollar la aplicación móvil para la estimación de valores de índice ultravioleta en tiempo real y Posteriormente se procederá a validar los valores del índice ultravioleta generados por la aplicación móvil a través de la comparación con mediciones obtenidas mediante un instrumento portátil. Esta información del nivel de índice UV, permita al usuario del smartphone tomar precauciones con respecto a la exposición prolongada de la radiación solar (Taïpe *et al.*, 2023). Con el objetivo de colaborar en la prevención de enfermedades relacionadas con la exposición excesiva y prolongada a la radiación solar.

En el Perú se formula la ley N° 30102 de 2013, ley que dispone medidas preventivas contra los efectos nocivos para la salud por la exposición prolongada a la radiación solar Perú (Congreso de la Republica de Perú, 2013). Que en su artículo 7, difusión de los niveles de radiación solar, designa la difusión al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (Taïpe *et al.*, 2023).

Los valores proporcionados por el SENAMHI en su sitio web, son valores estimados para grandes áreas geográficas, y son promedios diarios los cuales no son valores en tiempo real, pues estos valores difieren con medidas ínsito por factores de condiciones climáticas, como la presencia de nubosidad y aerosoles.



La estructura de este documento está diseñada de manera que el primer capítulo aborda conceptos esenciales que resultan fundamentales para la comprensión del estudio que se está llevando a cabo. Estos conceptos son abordados en detalle, y además se incluye una lista de investigaciones previas que han sido utilizadas como referencia para orientar la presente tesis. En el segundo capítulo, se aborda la identificación del problema que ha impulsado la realización del estudio, resaltando su relevancia. Se establecen los objetivos perseguidos y se analizan las posibles respuestas al problema identificado. El tercer capítulo se enfoca en los recursos utilizados durante la investigación, así como en el proceso metodológico empleado. Posteriormente, en el cuarto capítulo se presentan de manera detallada los resultados obtenidos, seguidos de una exhaustiva discusión en torno a los mismos. Por último, se exponen las conclusiones obtenidas a partir del estudio realizado, así como recomendaciones para futuras investigaciones.

## CAPÍTULO I

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 1.1. Marco teórico

##### 1.1.1. Radiación solar

El Sol emite principalmente en las franjas del espectro ultravioleta, visible e infrarrojo. Las longitudes de onda entre  $10\text{ nm}$  ( $10^{-8}\text{m}$ ) a  $700\text{ nm}$  se denominan radiación de onda corta (ultravioleta y visible), mientras que el flujo de radiación de onda larga se encuentra entre  $700\text{ nm}$  a  $106\text{nm}$  (infrarrojo) (Petty, 2006). La ley de Planck se utiliza para obtener la irradiancia espectral del Sol, como se muestra en la figura 1.

Utilizando la ley de Wien se puede determinar la longitud de onda donde se encuentra el pico de emisión en el espectro solar en relación a la temperatura. Aplicando la ley de Wien y la temperatura de la superficie solar (aproximadamente  $5800\text{K}$ ), se puede determinar que esta longitud de onda es  $499.5\text{ nm}$ . Esta longitud de onda corresponde al color verde de la naturaleza. El rango de longitudes de onda visible para el ojo humano coincide con el rango en el cual el Sol irradia con mayor intensidad.

Con la ley de Stefan-Boltzmann se puede encontrar la energía emitida por el sol a partir de su temperatura solar, obteniendo como resultado un valor aproximado de  $6.4 \times 10^7 \text{ Wm}^{-2}$ . Esta energía se propaga en todas las direcciones disminuyendo su densidad en relación al inverso del cuadrado de la distancia entre Sol y la Tierra, de manera que el flujo de energía por unidad de área que intercepta la tierra en el tope de la atmósfera corresponde a  $1367 \text{ Wm}^{-2}$ . Este valor permanece constante debido a la órbita casi circular de la Tierra con respecto al Sol y se denomina constante solar.

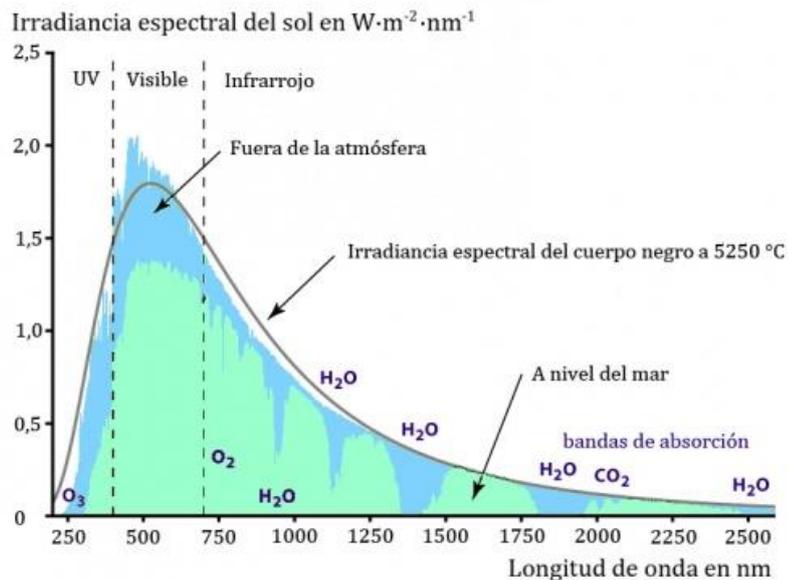


Figura 1. Espectro de la radiación solar global

Fuente: [https://cyt-ar.com.ar/cyt-ar/index.php/Irradiaci%C3%B3n\\_solar](https://cyt-ar.com.ar/cyt-ar/index.php/Irradiaci%C3%B3n_solar)

### 1.1.2. Incidencia de la radiación solar sobre la superficie terrestre

La radiación solar recibida en la parte superior de la atmósfera varía según la ubicación geográfica (latitud, longitud y elevación) y factores temporales como la estación del año y la duración del día (Poveda, 2020). Estos componentes pueden ser adecuadamente identificados con precisión con el fin de calcular la cantidad exacta de energía solar disponible. Por otro lado, después de que la radiación solar penetra en la atmósfera, el elemento más significativo que afecta su incidencia en la superficie son las nubes, las cuales están influenciadas por las condiciones meteorológicas (Poveda, 2020). Los parámetros fundamentales que definen la magnitud de la radiación solar incidente en la superficie son:

- La transparencia de la atmósfera, caracterizada por su índice de claridad.
- La nubosidad.
- El día del año y su duración basada en consideraciones astronómicas.
- La elevación del sol en el horizonte.
- La heliofanía definida como el tiempo en horas durante el cual el sol tiene un brillo solar efectivo.

La radiación que llega a la superficie terrestre se clasifica en:

- **Radiación solar directa:** La radiación solar que proviene del disco solar experimenta una disminución en su energía debido al esparcimiento y la absorción antes de llegar a la superficie de la Tierra. Esta radiación conserva su trayectoria original y puede ser calculada mediante la siguiente expresión:

$$H_d = H_s \text{sen } h \quad (1)$$

Donde  $H_s$  la intensidad de radiación directa  $Wm^{-2}$  sobre una superficie normal a los rayos solares,  $H_d$  es la componente vertical de la intensidad de radiación solar directa sobre una superficie horizontal,  $h$  es el ángulo formado entre la normal del plano horizontal geográfico y la línea de la trayectoria de los rayos del sol, y  $\theta_z$  el ángulo cenital como se muestra en la figura 2 (Poveda, 2020).

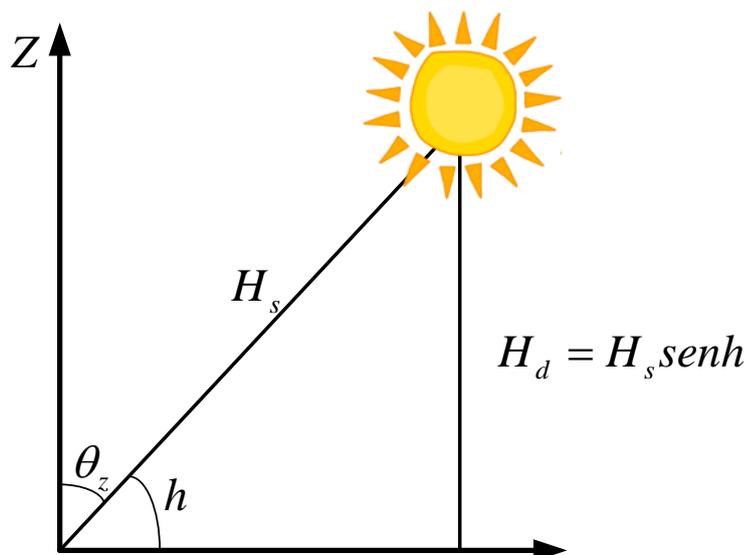


Figura 2. Fracción de radiación solar directa.

Fuente: Poveda (2020)

El flujo de radiación directa se ve afectado por diversos factores, incluyendo la constante solar, la transparencia atmosférica y la presencia de gases absorbentes, así como la existencia de nubes y niebla. Todos estos elementos afectan la cantidad de radiación solar directa que alcanza la superficie terrestre.

- **Radiación solar difusa:** La radiación por dispersión se alude a la fracción del flujo de radiación solar que se disemina en todas las direcciones al interactuar con

diminutas partículas suspendidas en la atmósfera o componentes de las nubes. Algunos autores la describen como la radiación que incide desde todas las direcciones sobre una superficie horizontal, excluyendo la radiación directa.

En la ausencia de nubes, la dispersión ocurre entre las partículas presentes en la atmósfera, sin la presencia de elementos nubosos. En la superficie de la tierra la radiación por esparcimiento depende de la altura del sol en el horizonte, de la cantidad de partículas en la atmósfera, de la nubosidad y de la altura sobre el nivel del mar (Petty, 2006).

- **Radiación solar global:** La radiación solar global constituye la suma del flujo de radiación directa y la radiación por dispersión; es decir, representa la totalidad de la radiación solar que incide en la superficie terrestre y se cuantifica en una superficie horizontal (Huillca y Taipe, 2018). Esta radiación depende de dos factores: una contribución directa que se debilita por absorción y esparcimiento y una contribución de radiación difusa, que incluye esparcimiento debido al aire, los aerosoles y las partículas de las nubes (Petty, 2006).

### 1.1.3. Índice de radiación ultravioleta

El índice de radiación ultravioleta (IUV) es una medida que cuantifica la intensidad de la radiación ultravioleta (UV) en la superficie terrestre (OMS, 2003). En la Figura 3 y 4 se muestra los valores del índice de radiación ultravioleta a nivel mundial, el nivel de exposición en cada caso, según Organización Mundial de la Salud (OMS) en 2002 (OMS, 2003).



Figura 3. Índice de radiación ultravioleta, según (OMS, 2003)

Los niveles del Índice de Radiación Ultravioleta oscilan desde 0 durante la noche hasta valores superiores a 11 en regiones tropicales y de alta montaña con cielos despejados. A medida que el IUV aumenta, se incrementa el riesgo de daño cutáneo y ocular ocasionado por la radiación UVA y UVB. Asimismo, se disminuye el tiempo seguro de exposición solar sin sufrir lesiones.

El fototipo categoriza los distintos tipos de piel según su respuesta a la luz solar. Esta respuesta está determinada por el color de la piel (blanca, morena o negra) y el resultado de la exposición a la radiación ultravioleta, como el bronceado. Esta clasificación fue analizada y sugerida para su uso en América Latina, en el marco de los Consensos de Santiago de Chile (2006) y Porto Alegre (2008), como parte de los 3ros y 4tos Congresos Latinoamericanos de Fotomedicina y Fotobiología y del Consenso de Quito, en la Jornada sobre Índice UV organizada en Quito, Ecuador, en 2009 por la Corporación CORPAIRE que mide la calidad de aire en dicha ciudad.



Figura 4. Nivel de clasificación de IUUV

El índice ultravioleta se calcula mediante el uso del espectro de acción eritemática, que refleja la respuesta de la piel humana a la radiación ultravioleta. Este índice es determinado por la Comisión Internacional de la Iluminación.

#### 1.1.4. Cálculo de índice ultravioleta

Para estimar la irradiancia directa espectral en el suelo se considera la ecuación (2)

$$I_{n\lambda} = I_{on\lambda} E_o \tau_r(\lambda) \tau_a(\lambda) \tau_o(\lambda) \quad (2)$$

Donde  $I_{on\lambda}$  es la constante solar espectral a la distancia media Tierra Sol,  $E_o$  es el factor de corrección para la distancia Tierra-Sol,  $\lambda$  longitud de onda,  $\tau_r(\lambda)$  transmitancia por la dispersión de Rayleigh,  $\tau_a(\lambda)$  transmitancia espectral del aerosol atmosférico y  $\tau_o(\lambda)$  transmitancia para el ozono (Duffie *et al.*, 2020), los cuales se pueden estimar de la forma siguiente.

#### 1.1.4.1. Transmitancia de la dispersión de Rayleigh

La dispersión o esparcimiento por moléculas de aire descrito por la teoría Rayleigh es basado en la suposición de que la dispersión de las partículas es esférica, y que son menores de  $0,2\lambda$  de diámetro, las partículas se dispersan independientemente entre sí (Taïpe *et al.*, 2023). Basado en la formulación teórica de Pendfor (1957), Leckner (1978) presentó la siguiente fórmula de aproximación del coeficiente de dispersión del aire para condiciones estándares:

$$k_{r\lambda} = 0.008735\lambda^{-4.08} \quad (3)$$

Por consiguiente la expresión completa de transmitancia por la dispersión de Rayleigh se define como sigue:

$$\tau_{r(\lambda)} = e^{-0.008735\lambda^{-4.09}m_a} \quad (4)$$

donde  $m_a$  es la masa de aire relativa a la presión actual, y definida como  $m_a = m_r \left(\frac{p}{p_o}\right)$ ,  $p_o$  y  $p$  representan, respectivamente, la presión estándar y la presión actual en el suelo.  $m_r$  es la masa de aire relativa presentado por Kasten, (1966), (Hernández *et al.*, 2014) y se escribe como sigue:

$$m_r = [\cos \theta_z + 0.15(93.885 - \theta_z)^{-1.253}]^{-1} \quad (5)$$

#### 1.1.4.2. Transmitancia del aerosol atmosférico

El espesor óptico de la capa de aerosol atmosférico, denotado como  $k_{a\lambda}$ , es influenciado por las propiedades de dispersión y absorción, las cuales, a su vez, están condicionadas por la microestructura del aerosol, incluyendo el espectro de tamaños y la composición química. Más aún, dado que el espesor óptico es un parámetro integral (en la vertical) éste depende también de la distribución vertical de su concentración (Taïpe *et al.*, 2023).

La aplicación de la teoría de Mie para la dispersión de vapor de agua y partículas de polvo nos facilita realizar estimaciones de  $k_{a\lambda}$  en modelos simplificados de partículas que constituyen el aerosol atmosférico. Se asume que las partículas son esféricas y siguen una distribución de tamaños basada en la ley potencial de Junge y con un índice de refracción cuya parte

imaginaria es pequeña (despreciable), con estas consideraciones, es factible derivar un espectro óptico cuya variación en función de la longitud de onda de la radiación incidente se puede expresar mediante una fórmula análoga a la del espesor óptico del aire puro y seco (Rayleigh), a esta formulación se le conoce como la Ley de Ångström, expresada de la siguiente manera:

$$k_{a\lambda} = \beta\lambda^{-\alpha} \quad (6)$$

$\beta$ , es el llamado coeficiente de turbiedad de Angstrom, siendo proporcional a la cantidad de material presente en una columna vertical de sección unitaria.

El parámetro  $\alpha$ , es un exponente que guarda una estrecha relación con el tamaño y la forma de la distribución de partículas. Normalmente,  $\alpha$  tiene un valor comprendido entre 0,5 y 2,5. Un valor de 1,3 es utilizado en este trabajo, el cual es sugerido por varios autores (Duffie *et al.*, 2020) en la mayoría de las atmósferas naturales, como fue originariamente sugerido por Ångström (1929).

Mediante la aplicación de la ecuación de turbidez de Ångström, es posible expresar la transmitancia espectral  $\tau_{a\lambda}$  del aerosol atmosférico como sigue:

$$\tau_{a(\lambda)} = e^{-\beta\lambda^{-\alpha}m_a} \quad (7)$$

El coeficiente de turbiedad atmosférica  $\beta$ , se estima al correlacionar sus valores con los del vapor de agua precipitable  $w$  de la atmósfera, como se ilustra en la figura 5. Los valores de  $\beta$  fueron previamente determinados por Wright (1990, 2003), con mediciones hechas in situ de la irradiancia directa normal incidente en condiciones de cielos claros (Hernández *et al.*, 2014).

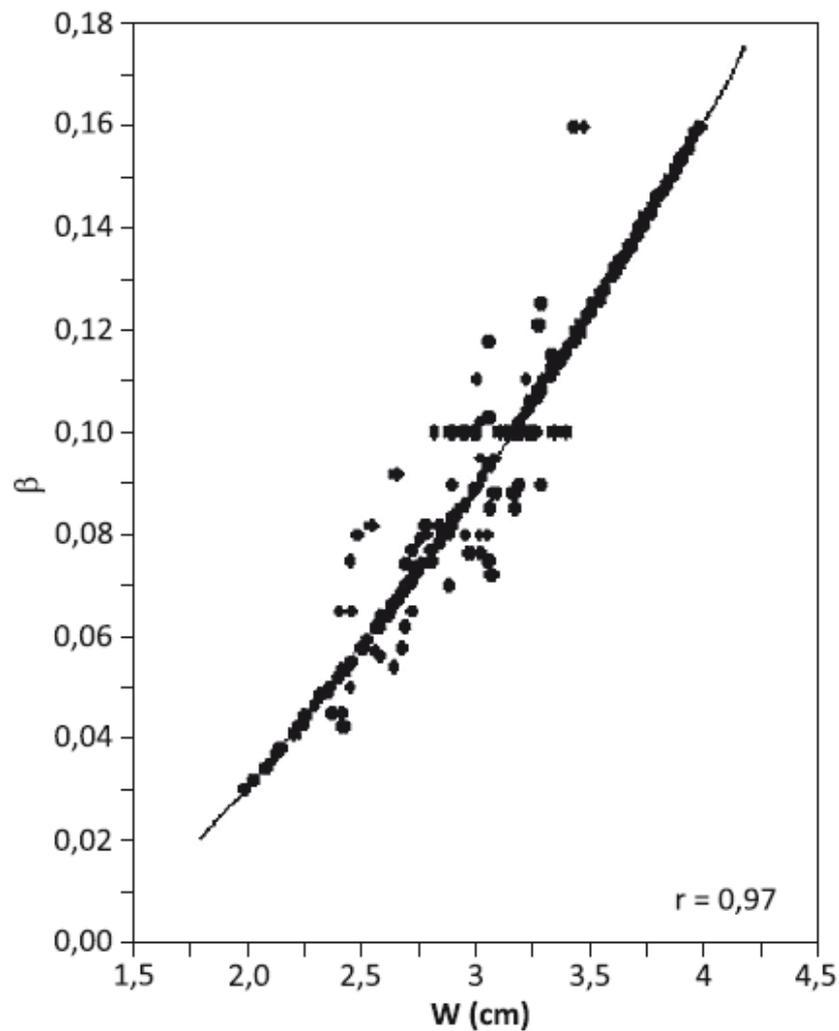


Figura 5. Relación entre  $\beta$  y  $w$ .

Fuente: (Hernández *et al.*, 2014)

La figura 5 muestra la excelente correlación ( $r = 0,97$ ) existente entre los valores de  $\beta$  y  $w$ . Los valores de  $\beta$  son estimados mediante la ecuación de regresión, utilizando el método de los mínimos cuadrados a los datos de  $\beta$  y  $w$  por la siguiente relación:

$$\beta = -4.9 \times 10^{-2} + 2.67 \times 10^{-2}w + 6.43 \times 10^{-3}w^{-3} \quad (8)$$

Los valores de  $w$  son estimados a partir de la siguiente ecuación (Leckner, 1978)

$$w = \frac{0.493H_r p_s}{T} \quad (9)$$

Donde:

$H_r$  es la humedad relativa en fracciones de uno.

$T$  es la temperatura ambiente en grados kelvin.

$p_s$  es la presión parcial del vapor de agua del aire saturado y calculado por la siguiente ecuación:

$$p_s = \exp\left(26.23 - \frac{5416}{T}\right) \quad (10)$$

### 1.1.4.3. Transmitancia del ozono

Vigroux (1953) presentó una fórmula apropiada de la forma de la ley de Bouguer, para calcular la transmitancia  $\tau_{o(\lambda)}$  para el ozono de la forma (Taípe *et al.*, 2023):

$$\tau_{o(\lambda)} = e^{-k_{o\lambda} l m_o} \quad (11)$$

Donde:  $k_{o\lambda}$  es el coeficiente de atenuación para la absorción del ozono.

El Tabla 1 muestra los valores del coeficiente de atenuación para el ozono  $k_{o\lambda}$ , según Vigroux (1953) y Leckner (1978);  $l$  es el espesor de la capa de ozono en cm para condiciones estándares de temperatura y presión atmosférica (STP);  $m_o$  es la masa de aire óptica relativa para el ozono, dada por la siguiente relación:

$$m_o = \frac{1 + \frac{z_3}{r_e}}{\left[\cos^2 \theta_z + 2\left(\frac{z_3}{r_e}\right)\right]^{1/2}} \quad (12)$$

Tabla 1

Valores de los coeficientes de absorción para el ozono ( $k_{o\lambda}$ ), para el rango de longitud de onda 0.285mm a 0.385mm, según (Leckner, 1978)

$\lambda(\text{mm})$	$I_{on\lambda}(W / m^2 \mu m^{-1})$	$k_{o\lambda}$
0.295	560	20.000
0.300	527.50	10.000
0.305	557.50	4.800
0.310	602.51	2.700
0.315	705.00	1.350

0.320	747.50	0.800
0.325	782.50	0.380
0.330	997.50	0.160
0.335	906.25	0.075
0.340	960.00	0.040
0.345	877.50	0.019
0.350	955.00	0.007
0.355	1044.99	0.000
0.360	940.00	0.000
0.365	1125.01	0.000
0.370	1165.00	0.000
0.375	1081.25	0.000
0.380	1210.00	0.000
0.385	931.25	0.000

Fuente: (Hernández *et al.*, 2014)

Donde:  $z_3$ , es la altura de la máxima concentración de ozono, el cual es de aproximadamente 22 km. La altitud del ozono experimenta variaciones en función de la latitud y la estación del año (Taipe *et al.*, 2019), donde  $r_e$  representa el radio de la Tierra, que es de 6,370 km.

El espesor de la capa de ozono se mide en unidades Dobson, utilizando los datos recopilados por los instrumentos TOMS (Total Ozone Mapping Spectrometer) de la NASA y OMI (Ozone Monitoring Instrument) a bordo de la nave espacial Aura (Taipe *et al.*, 2023).

La ecuación (13) se utiliza para calcular la irradiancia difusa espectral en el suelo.

$$I_{d\lambda} = I_{dr\lambda} + I_{da\lambda} + I_{dm\lambda} \quad (13)$$

Donde  $I_{dr\lambda}$  es la irradiancia difusa espectral producida por la dispersión de Rayleigh,  $I_{da\lambda}$  es la irradiancia difusa espectral producida por los aerosoles y  $I_{dm\lambda}$  es la irradiancia difusa espectral producido por múltiples reflexiones entre el suelo y la atmósfera (Duffie *et al.*, 2020), los cuales se calcular de la forma siguiente.

La irradiancia difusa espectral generada por la dispersión de Rayleigh se estima por la ecuación.

$$I_{dr\lambda} = I_{on\lambda} \cos \theta_z \tau_{o\lambda} [0.5(1 - \tau_{r\lambda})\tau_{a\lambda}] \quad (14)$$

Donde  $\theta_z$ , es el ángulo cenital del lugar en unidad de grados.

La irradiancia difusa espectral causada por los aerosoles se determina mediante la ecuación (15)

$$I_{da\lambda} = I_{on\lambda} \cos \theta_z \tau_{o\lambda} [F_c w_o (1 - \tau_{a\lambda})\tau_{r\lambda}] \quad (15)$$

En la ecuación  $F_c$  denota el cociente entre la energía dispersada en la dirección entrante y la energía total dispersada. Por otro lado,  $w_o$  hace referencia a la dispersión simple del albedo (Taipe *et al.*, 2022).

La irradiancia difusa espectral originada por múltiples reflexiones entre el suelo y la atmósfera se calcula mediante la ecuación (16).

$$I_{dm\lambda} = Q_\lambda \left( \frac{\rho_{g\lambda} \rho_{a\lambda}}{1 - \rho_{g\lambda} \rho_{a\lambda}} \right) \quad (16)$$

En la ecuación (16), la variable  $Q_\lambda$  representa la irradiación difusa que resulta de las múltiples reflexiones entre el suelo y la atmósfera,  $\rho_{a\lambda}$  se refiere al albedo de la atmósfera y  $\rho_{g\lambda}$  al albedo del suelo.

Al considerar las ecuaciones (14), (15) y (16), se deriva la ecuación (17) para estimar la irradiancia difusa espectral.

$$I_{d\lambda} = (I_{dr\lambda} + I_{da\lambda}) \frac{1}{1 - \rho_{g\lambda} \rho_{a\lambda}} + I_{n\lambda} \cos \theta_z \left( \frac{\rho_{g\lambda} \rho_{a\lambda}}{1 - \rho_{g\lambda} \rho_{a\lambda}} \right) \quad (17)$$

La ecuación (18) se utiliza para calcular la irradiancia ultravioleta global espectral en una superficie horizontal.

$$I_\lambda = I_{n\lambda} \cos \theta_z + I_{d\lambda} \quad (18)$$

El índice de radiación ultravioleta se formula utilizando el espectro de acción eritemática, el cual refleja la respuesta de la piel humana a la radiación ultravioleta (Grifoni *et al.*, 2005). Esta formulación ha sido establecida por la Comisión Internacional de Iluminación.

$$IUV = k_{er} \int_{0.28}^{0.4} I_{\lambda} \varepsilon_{(\lambda)} d\lambda \quad (19)$$

Donde  $k_{er}$  es una constante igual a  $40 \text{ m}^2/\text{W}$  y  $\varepsilon_{(\lambda)}$  es coeficiente de acción eritemática cuyo valores vienen dados por la ecuación (20) propuestos por Madronich y Flocke (Sánchez-Pérez *et al.*, 2019).

$$\varepsilon_{(\lambda)} = \begin{cases} 1 & , \lambda \leq 0.298\mu\text{m} \\ 10^{0.094(298-\lambda1000)} & , 0.298\mu\text{m} < \lambda \leq 0.328\mu\text{m} \\ 10^{0.015(139-\lambda1000)} & , 0.328\mu\text{m} < \lambda \leq 0.400\mu\text{m} \end{cases} \quad (20)$$

### 1.1.5. Radiación solar y sensor de luz

El sensor de luz a bordo de la mayoría de los dispositivos inteligentes utiliza típicamente la serie de hardware TRD277XX de sensor de luz ambiental. Estos sensores están calibrados para medir la intensidad de la luz de las superficies para las fuentes de luminancia del entorno. El sensor de luminosidad ambiental exhibe la capacidad de brindar una medida precisa de la irradiancia solar, expresada en unidades de lux. La unidad convencional para la irradiancia solar es el watt por metro cuadrado (Taipe *et al.*, 2023). Por lo tanto, se convierte la unidad de lux utilizando la ecuación (21) pues no hay una relación directa entre estas dos unidades.(Ananno *et al.*, 2018).

$$I_{lux} = K_m \int I_{watt} V(\lambda) d\lambda \quad (21)$$

Donde  $I_{lux}$  es la medida de irradiancia solar expresada en unidades de lux,  $I_{watt}$  denota la irradiación solar respectiva, expresada en unidades de watt,  $V(\lambda)$  se refiere a la función de respuesta visual normalizada en relación con su valor pico y  $K_m$  es la eficacia luminosa, actuando como el factor de escala que ajusta el valor y las unidades apropiadas para  $V(\lambda)$ . Para la función de respuesta fotónica,  $K_m$  es 683 lumenes/watt, lo que corresponde al pico de  $V(\lambda)$  a una longitud de onda de 555nm considerando

la luz solar como monocromática por simplicidad (Ananno *et al.*, 2018). Ajustando la ecuación, obtenemos.

$$I_{watt} = \frac{I_{lux}}{K_m} \quad (22)$$

Empleando los valores pertinentes para  $K_m = 120$  se obtiene la irradiación solar en watts por metro cuadrado.

De acuerdo a Iqbal (1983) (Duffie *et al.*, 2020) la luz visible a nivel del suelo con el Sol en su cenil es el 44% de la radiación solar global incidente sobre la superficie terrestre.

### 1.1.6. Determinación del índice UV

No existe una relación simple entre el índice UV y la intensidad de radiación solar. Sin embargo, como el índice UV es más ampliamente aceptado y usado clínicamente. Modificamos nuestro algoritmo para dar la salida de la intensidad radiación solar en términos de índice UV y a partir de los datos obtenidos del pronóstico meteorológica de la región de Puno para 8 días despejados considerando las cuatro estaciones del año el cual se muestra en la figura 6, ajustamos un modelo de regresión polinomial para convertir muestra intensidad radiación solar en términos de índice UV utilizando la siguiente ecuación (23).

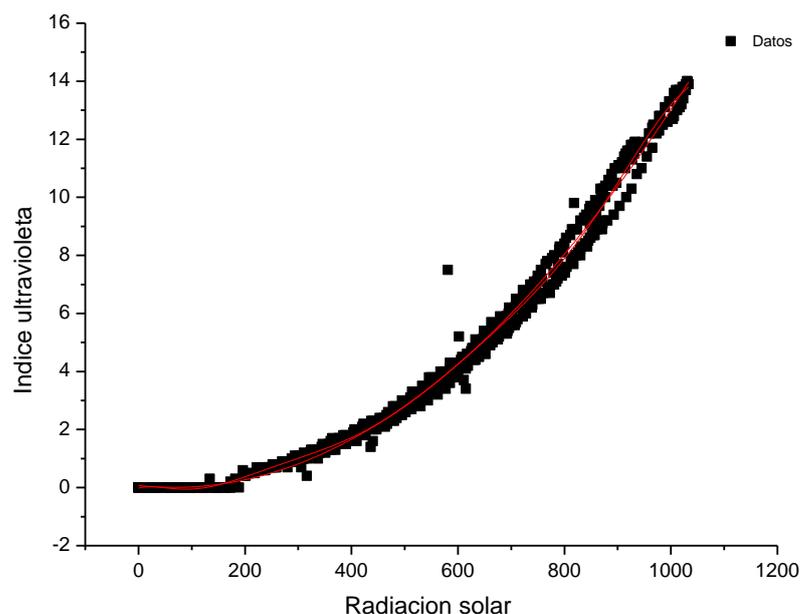


Figura 6. Índice ultravioleta y radiación solar global

La ecuación que relaciona estas dos magnitudes es:

$$IUV = 0.07646 - 0.00202 * R + 0.0000149757 * R^2 \quad (23)$$

Donde IUV es la índice UV estimado, R es la radiación solar global, el modelo de regresión tiene un coeficiente de correlación 0.9925 (Taipe *et al.*, 2023).

### 1.1.7. Android

Android es una plataforma de software y un sistema operativo basado en el núcleo de Linux. Su principal propósito es ser utilizado en teléfonos móviles. Sin embargo, también se utiliza en otros dispositivos como tablets, netbooks, reproductores de música e incluso computadoras personales, aunque esta última opción no es muy común. Una característica clave de Android es su entorno de desarrollo, que se basa en el lenguaje de programación Java y proporciona un conjunto de herramientas y bibliotecas para crear aplicaciones (Kojo, 2020). Estas aplicaciones operan en una máquina virtual Dalvik, la cual constituye una derivación de la máquina virtual Java y cuenta con la capacidad de compilar el código en tiempo de ejecución. En resumen, Android ofrece un sistema operativo y una plataforma de software versátil y ampliamente adoptada, que permite a los desarrolladores programar aplicaciones utilizando Java y ejecutarlas en dispositivos compatibles con Android. Además, lo que le diferencia de otros sistemas operativos, es que cualquier persona que sepa programar puede crear nuevas aplicaciones, widgets, o incluso, modificar el propio sistema operativo, dado que Android es de código libre, por lo que sabiendo programar en lenguaje Java, va a ser muy fácil comenzar a programar en esta plataforma (Tomás y Lloret, 2022).

### 1.1.8. Arquitectura de Android

La plataforma Android se fundamenta en el sistema operativo Linux, el cual proporciona los cimientos para los servidores esenciales del sistema, incluyendo aspectos como seguridad, gestión de memoria, procesos y controladores (Kojo, 2020). El diagrama de la arquitectura de Android presenta la siguiente estructura figura 7 (Tomás y Lloret, 2022).



Figura 7. Arquitectura Android

### 1.1.9. Ventajas de Android

Android difiere mucho de otros sistemas operativos en la forma en que ofrece un código fuente completamente abierto. Mientras que otros sistemas operativos ofrecen código fuente estrictamente cerrado o solo limitadamente abierto. Esto ofrece gran personalización e incluso la libertad de hacer su propia versión de Android (Kojo, 2020).

El desarrollo de software Android no requiere pagos ni está limitado por procesos de aprobación. Al publicar su software: el único pago que se requiere es la tarifa de registro de 25\$ que Google Play Tm-store requiere (Viinamäki, 2020).

Play Store, al ser tan abierto y sin esfuerzo, hace que sea fácil para las personas desarrolladores para publicar sus propias aplicaciones. Esto tiene sus altibajos desventajas por el lado positivo, esto amplía el espectro de tipos de aplicaciones que están disponibles para que las personas las adquieran, pero también puede ser un

riesgo de seguridad. El usuario final de cualquier aplicación debe tener precaución cuando da permisos para que la aplicación use su teléfono.

#### **1.1.10. Android Studio**

Android Studio es recomendado y respaldado por Google, tiene buenos materiales proporcionados por Google, lo que lo convierte en una buena plataforma para comenzar a desarrollar en Android (Väkiparta, 2017).

Google presentó su nuevo entorno de desarrollo para Android desarrolladores durante su conferencia de desarrolladores en 2013. El nuevo entorno de desarrollo se basa en el IDE de Java "IntelliJ IDEA" y es destinado a superar y reemplazar a Eclipse. Este nuevo IDE es Android Studio.

Android Studio viene con un potente editor de código integrado funciones como "Edición inteligente". Smart Editing ayuda a garantizar que el código escrito es legible (Kojo, 2020).

Android Studio también tiene un "Gradle Build System" incorporado y va a reemplazará el "Sistema de construcción de hormigas", que se ha utilizado antes (Viinamäki, 2020).

Como es posible en Eclipse, también es posible en Android Studio, que el diseño de una aplicación se puede crear en el editor de texto o alternativamente, en un interfaz gráfico. Esta interfaz gráfica se llama "modo de diseño" en Android Studio (Figura 8). El modo de diseño se mejora aún más en Android Studio.

El diseño de la aplicación muestra el diseño para diferentes versiones de Android, resoluciones en la vista previa (Kojo, 2020).

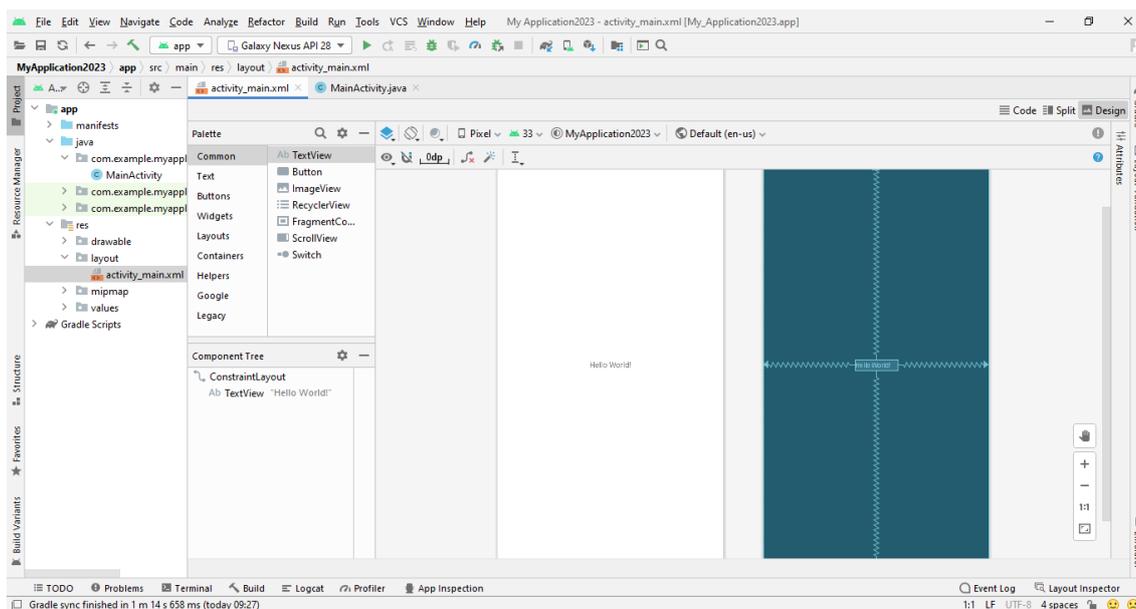


Figura 8. Imagen de la interfaz gráfica, modo de diseño

Como la mayoría de los IDE, la interfaz de Android Studio se puede personalizar para su gusto. De forma predeterminada, contiene todas las rutas de archivos a la izquierda y se pueden acceder haciendo clic. Se recomienda no cambiar el diseño predeterminado de las herramientas, esto se debe principalmente a que casi todos los tutoriales en internet utiliza el diseño predeterminado y esto hace que sea más fácil seguir las instrucciones (Väkiparta, 2017).

### 1.1.11. Java

Los lenguajes de programación orientados a objetos comenzaron a tomar nombre a sí mismos en una escala mayor a mediados de los años 80. Esta forma de pensar en la programación se abrió paso a principios de los 90 y pasó de ser una forma de pensamiento a un fenómeno exagerado, aunque la historia del objeto idiomas es más antiguo que ello. El primer lenguaje de objetos fue utilizado por los estados de Noruega y en un centro de cálculo en los años 60 el lenguaje era llamado Simula (Kojo, 2020).

Java es un lenguaje de programación orientado a objetos desarrollado por Sun Microsystems (Väkiparta, 2017). Ha sido construido a partir de la base de C++, que también es típicamente lenguaje orientado a objetos. Según Vesterholm & Kyppö “Java es una lenguaje programación orientada a objetos concurrente basada en clases de propósito general, diseñado específicamente para tener la menor implementación

dependencias como sea posible. Java permite a los desarrolladores de aplicaciones escribir un programa una vez y luego ser capaz de ejecutarlo en todas partes en Internet" (Väkiparta, 2017).

En el contexto del nacimiento de Java, existe la necesidad de un pequeño dispositivo eléctrico software. Para satisfacer esta necesidad, James Gosling creó un lenguaje de programación llamada Roble. Gosling trabajaba para Sun Microsystems cuando esto sucedió en 1991. En ese entonces era costumbre traducir programas y software de nuevo para cada modelo de procesador: esto era un problema y Oaks el propósito era deshacerse de esto (Kojo, 2020).

Cuando la world wide web (www) comenzó a ganar popularidad, una idea similar fue planeado para ser ejecutado en la web. Liveoak haría posible que software se ejecutado en la web en diferentes plataformas. En 1994 HotJava se publicó el navegador, que también hizo el lenguaje de programación llamado Java. Java se estableció sobre la base de C y C ++, de los cuales algunos cosas innecesarios se quitaron (Kojo, 2020). Java es un lenguaje de desarrollo. Incluye una gran nomenclatura y versión historia, que es difícil de captar y comprender plenamente. El desarrollo de entorno que está disponible en la página de inicio de Java se llama JDK (Java SE Kit de desarrollo). JDK y SDK (Software Development Kit) a veces son utilizados para describir lo mismo. Básicamente, significan lo mismo.

Además de JDK, está JRE (Java SE Runtime Environment), que incluye solo máquinas virtuales y bibliotecas de clases estándar para ejecutar programas Java (Väkiparta, 2017).

## 1.2. Antecedentes

Se han realizado investigaciones principalmente a nivel internacional, donde se han clasificado los estudios de acuerdo a lo siguiente: medidor de índice Ultravioleta, aplicación móvil como interfaz de datos y desarrollo de aplicaciones móviles.

### 1.2.1. Aplicaciones móviles de medir el índice ultravioleta

Ananno *et al.* (2018) desarrollan una aplicación móvil basada en el uso del sensor de luz ambiental del teléfono celular, para lo cual desarrolla un algoritmo basado en las propiedades del sensor, que le proporciona valores de radiación ultravioleta y utiliza

un criterio de proporcionalidad para calcular el índice UV, determinado con base en el valor promedio diario de la radiación solar, esta aproximación genera un sesgo en los valores del índice UV en tiempo real. La validación de sus datos se realiza comparándolos con instrumentos de medición y aplicaciones comerciales, para lo cual realiza mediciones de índice ultravioleta para diferentes puntos geográficos. Logrando medir con una precisión de 95.03%.

Mei *et al.* (2016) desarrollan una aplicación móvil para determinar la radiación ultravioleta en tiempo real, para lo cual utiliza las propiedades de la teoría óptica de la cámara del teléfono celular, como la apertura, el tiempo de exposición y la velocidad de la película, dependiendo de estas cantidades. Determina el valor de la radiación ultravioleta en tiempo real. Pero los errores de medición ocurren cuando la foto no se captura correctamente, por lo que utilizan un servidor de niebla para que los valores calculados se procesen en el servidor y esto envíe un valor correcto al usuario. Esta corrección se basa en mediciones estimadas por otros usuarios cercanos al sitio de medición. La validación de los valores calculados se realiza comparando con mediciones de instrumentos portátiles y variando la posición geográfica logrando estimar con un máximo de 3% de desviación.

Morelli *et al.* (2016) presentan un dosímetro de radiación solar ultravioleta basado en datos satelitales con una interfaz de aplicación móvil que ha sido validado con datos medidos en tierra como una evaluación en vivo de los efectos eritemales en algunos voluntarios que tienen una exposición controlada a la radiación solar. Dispone de información actualizada en tiempo real sobre la seguridad del tiempo de exposición al Sol, así como alertas visuales/sonoras para indicar la exposición final. Ambas validaciones demuestran una precisión y fiabilidad adecuadas para aplicaciones vinculadas con la salud. Obteniendo resultados significativamente positivos.

Buller *et al.* (2013) desarrolla una aplicación móvil con el objetivo de informar sobre los peligros y precauciones que los usuarios deben tomar con respecto a los niveles de índice ultravioleta, para lo cual realizo pruebas de uso con grupos de personas segmentados por edad. La aplicación le permite crear un perfil basado en los datos proporcionados por el usuario y de esta manera la aplicación es mucho más precisa al sugerir las precauciones que el usuario debe tomar.

Brinker *et al.* (2018) implementaron una aplicación móvil de fotoenvejecimiento para teléfonos móviles con el objetivo de prevenir el cáncer de piel en adolescentes brasileños. Los cuales concluyeron que la intervención de la aplicación móvil fue positiva.

Buller *et al.* (2013) y Brinker *et al.* (2018) desarrollan aplicaciones móviles con la finalidad de informar sobre los peligros de la sobre exposición a la radiación solar, Buller se basa en la creación de perfiles para cada usuario mientras Brink se enfoca en prevenir el cáncer en la piel en jóvenes brasileños. En nuestra aplicación tendrá la opción de informar sobre los peligros de la sobre exposición, sugiriendo las precauciones que debe considerar.

Salvadori *et al.* (2020) evalúan la precisión de predicción en la medición del índice ultravioleta de seis aplicaciones de teléfonos inteligentes, para analizar los resultados se ha realizado comparaciones en base a 90 diferentes mediciones de índice ultravioleta, tomadas en diferentes momentos, diferentes días y diferentes condiciones del cielo. De la comparación entre los valores índice ultravioleta medidos y pronosticados, ha sido posible observar una precisión general deficiente de las aplicaciones. Las desviaciones porcentuales entre los valores índice ultravioleta medidos y pronosticados fueron bastante altos y solo una aplicación fue capaz de predecir más del 70% de los datos medidos con una desviación porcentual promedio inferior al 30%.

### **1.2.2. Aplicación móvil como interfase de datos**

De Oliveira *et al.* (2017) plantea un diseño mejorado para un espectrómetro de mano basado en un teléfono inteligente que se propone trabajar tanto en modo de absorción como de emisión. El dispositivo, llamado Spectrophone, comprende módulos hechos en MDF, una fuente de luz integrada diseñada para el modo de absorción, un DVD para la rejilla de difracción y un teléfono inteligente para procesar datos de imagen adquiridos.

Fahrni *et al.* (2011) implementa Sundroid el cual mide la radiación UV incidente usando un unidad de detección de uso corporal que se comunica de forma inalámbrica con el teléfono inteligente del usuario. El dispositivo telefónico cumple la función de servir como interfaz de usuario para presentar de manera intuitiva los datos medidos,

al tiempo que notifica al usuario cuando ha alcanzado una cantidad crítica de exposición a la luz solar.

D. Igoe *et al.* (2013) realizan un estudio sobre el uso de teléfonos inteligentes como energía solar, monitores de radiación ultravioleta, caracteriza la respuesta ultravioleta A (UVA; 320–400 nm) de un consumidor basado en semiconductores de óxido metálico complementario (CMOS) sensor de imagen de teléfono inteligente en un entorno de laboratorio controlado. El sensor de imagen CMOS en la cámara posee inherente sensibilidad a los rayos UVA, y a pesar de la atenuación debida a la lentes y filtros de paso de banda específicos de densidad neutra y longitud de onda, las radiaciones UVA relativas medidas relativas a las radiaciones incidentes varían de 0.0065% a 380 nm a 0,0051% a 340 nm. Además, el sensor muestra un respuesta predecible a estímulos UVA discretos de baja intensidad que se puede modelar usando la relación de valores digitales grabados a la radiación UVA incidente para una exposición automática dada tiempo, y resulta en errores de medición que son típicamente menos de 5%. Nuestros resultados respaldan la idea de que los teléfonos inteligentes Se puede utilizar para el monitoreo científico de la radiación UVA.

Igoe *et al.* (2013) evalúan un metal complementario de teléfonos inteligentes capacidad del sensor de imagen de semiconductores de óxido (CMOS) para detectar y cuantificar la radiación solar UVA incidente y posteriormente, profundidad óptica del aerosol a 340 y 380 nm. Las observaciones se hicieron en días claros, gratis de las nubes los resultados de esta investigación demuestran que hay una respuesta definible al cambio de irradiancia solar y la profundidad óptica del aerosol se puede medir entre 5% y 10% márgenes de error a 380 y 340 nm respectivamente. El error ocurre a longitudes de onda más bajas (340 nm) debido a aumento de los efectos de dispersión atmosférica, particularmente a mayor masas de aire y debido a la menor relación señal / ruido en la imagen sensor. El error relativo de irradiancia solar fue inferior al 1%. para observaciones hechas a 380 nm. Los resultados indican que el sensor de imagen del teléfono inteligente, con estrecho externo adicional los filtros de paso de banda y densidad neutra se pueden usar como sensor de campo para evaluar la irradiancia solar UVA y la profundidad óptica del aerosol.

Igoe *et al.* (2017) informan por primera vez la sensibilidad, las propiedades y la respuesta de un sensor de imagen de teléfono inteligente que se ha utilizado para

caracterizar las radiaciones solares UVB directas fotobiológicamente importantes en condiciones de cielo despejado de 305 nmin a grandes masas de aire. Al aplicar la tarjeta de indicación UVI, así como la aplicación de Android desarrollada que trajo al usuario experiencias de visualización, conveniencia y participación, los usuarios pueden monitorear la fluctuación de los valores de índices ultravioleta durante todo el día.

Yang y Rosa (2018) presentan un pequeño dispositivo portátil sin batería que combina el cálculo de la exposición a la luz solar con la medición de la impedancia de la piel y la temperatura, en cualquier momento del día e independientemente de la ubicación de la persona que lleva el sensor. Los resultados han mostrado un buen desempeño en el seguimiento del índice ultravioleta y la variación de impedancia para diferentes niveles de hidratación de la piel.

Los autores De Oliveira *et al.* (2017); Fahrni *et al.*, (2011) y Damien P. Igoe *et al.* (2013) desarrollan aplicaciones móviles que se utilizan como interfaz para la observación de datos de mediciones de radiación solar.

### **1.2.3. Desarrollo de aplicaciones móviles**

Muñoz y Bolt (2022) proponen el desarrollo de una aplicación móvil que utiliza visión artificial para reconocer especies vegetales en tiempo real en Chile. Se construyó un conjunto de datos de especies chilenas mediante la captura de fotografías en terreno y la selección de imágenes de datasets en línea. Se emplearon redes neuronales convolucionales para desarrollar modelos de clasificación optimizados, los cuales se validaron y ajustaron mediante pruebas con diferentes configuraciones. La aplicación resultante logra clasificar correctamente las especies con una precisión comparable a los avances en visión artificial, y además proporciona información sobre la especie identificada.

Zakharkevich *et al.* (2022) desarrolla una aplicación móvil que apoya el proceso de diseño de ropa interior. Permite calcular parámetros de patrones de ropa interior. Utiliza el método del diferencial semántico para evaluar la aplicación móvil desarrollada. Los perfiles psicográficos resultantes de la aplicación indican una valoración positiva por parte de los expertos. La aplicación desarrollada permite lograr la misma precisión de cálculo que otros métodos de cálculo, mientras que la

velocidad es mucho mejor y el riesgo de errores accidentales debido al factor humano está excluido del proceso de diseño de patrones de ropa interior.

Molina *et al.* (2021) realiza un estudio exhaustivo para extraer datos relevantes de cada marco de trabajo a través de la investigación bibliográfica y de campo para la construcción de un estado del arte que compruebe a través de un análisis la metodología indicada para el desarrollo de aplicaciones móviles. El análisis realizado revela que, aunque existen similitudes entre las metodologías ágiles, Scrum se destaca como la metodología más adecuada para el desarrollo de aplicaciones móviles. Esto ha llevado al surgimiento de nuevas metodologías de desarrollo de software con enfoques en las prácticas ágiles, con el objetivo de producir software de calidad.

Mota *et al.* (2018) presenta un marco que comprende la herramienta de desarrollo y un método para diseñar y desplegar actividades de aprendizaje. Se centra en los componentes de realidad aumentada de las herramientas de autor, que permiten a los usuarios crear sus propias aprendizaje de realidad aumentada También presenta los resultados de la evaluación del marco con 47 educadores de tercer nivel y dos estudios de caso de implementaciones en el aula de aplicaciones móviles de realidad aumentada desarrolladas por estos educadores. Los resultados ilustran la idoneidad del marco y la herramienta de creación para ayudar a los usuarios sin conocimientos de programación a desarrollar sus propias aplicaciones.

Jabangwe *et al.* (2018) proporciona una revisión exhaustiva de los modelos de desarrollo de aplicaciones móviles existentes. Siguiendo un proceso sistemático de revisión bibliográfica. También presenta una evaluación de la utilidad y relevancia para la industria de los modelos basada en un marco de rigor y relevancia. Indica que los métodos ágiles o los principios basados en el estado se adoptan comúnmente en todos los modelos. Relativamente poco esfuerzo se centra en las actividades de implementación, mantenimiento y evaluación de proyectos. Concluyendo que existe la necesidad de evaluar modelos de aplicaciones móviles en contextos que se asemejen a contextos realistas.

Moreira *et al.* (2020) los teléfonos inteligentes se incorporan cada vez más con funciones como sensores y cámaras de alta resolución que potencian sus capacidades, lo que permite el uso para diversas actividades, incluidas las evaluaciones de la

postura humana. Revisa sistemáticamente las aplicaciones móviles propuestas para analizar la postura humana en función de la alineación del cuerpo en el plano sagital y coronal. Identifica, clasifica y discute 13 aplicaciones móviles. Mostrando que el uso de aplicaciones móviles para ayudar con la evaluación de la postura ha demostrado ser confiable y esto puede contribuir a la práctica clínica de los profesionales de la salud, en el caso de las aplicaciones basadas en imágenes, destacamos la ventaja de que se pueden realizar mediciones con el evaluador a cierta distancia respecto a la posición del paciente.

Pekyürek (2020) desarrolla una aplicación móvil educativa para el sistema operativo Android utilizando Android Studio, que es un entorno de desarrollo de aplicaciones móviles integrado basado en texto, y MIT App Inventor, que es un entorno de desarrollo de aplicaciones móviles basado en bloques visuales. La aplicación móvil desarrollada en estas plataformas se comparó en términos de rendimiento. En la comparación de rendimiento, las métricas, incluido el uso de GPU y RAM, se analiza mediante pruebas en dispositivos reales. Se descubrió que, aunque no había diferencia en el uso de la GPU entre la aplicación móvil desarrollada con Android Studio o MIT App Inventor, había una diferencia en el uso de la RAM. Los hallazgos sugirieron que, si bien se puede preferir Android Studio o MIT App Inventor para desarrollar aplicaciones móviles pequeñas y medianas, Android Studio es una mejor opción para desarrollar aplicaciones móviles de gran tamaño basadas en gráficos.

Antti (2020) presenta conceptos básicos del desarrollo de aplicaciones para Android utilizando Android Studio como herramienta. También se repasan los conceptos básicos del lenguaje de programación Java y su compatibilidad con dispositivos Android. Dado que también es posible usar Kotlin como lenguaje de programación al programar para Android, también se cubren los conceptos básicos de Kotlin. El propósito de la aplicación es ser un banco de datos adecuado para los entusiastas de la guitarra, donde el usuario pueda almacenar y luego leer los acordes de guitarra almacenados. El resultado fue una aplicación funcional en la que el usuario puede almacenar y leer acordes de guitarra.

## CAPÍTULO II

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 2.1. Identificación del problema

En la actualidad, la información sobre los niveles del índice ultravioleta se adquiere a partir de las bases de datos disponibles en línea, como la que suministra SENAMHI, que son valores promedio diarios para grandes regiones, que difieren de los valores estimados en tiempo real, debido a las características del lugar y el tipo de clima que se produce. Otra manera de obtener los valores del índice UV implica el uso de aplicaciones móviles que acceden a datos provenientes de bases de datos en línea. Sin embargo, estos valores también representan estimaciones promedio que no coinciden con las mediciones específicas en el sitio, ya que se calculan para áreas amplias y no tienen en cuenta las posibles variaciones debidas a la presencia de nubes en ese momento y lugar. También hay aplicaciones que se basan en la cámara fotográfica del teléfono celular que no depende de ninguna base de datos, solo en la información proporcionada por la imagen, la dificultad para obtener los valores confiables del índice UV es cuando estas imágenes no se toman de la manera adecuada (Mei *et al.*, 2016). También hay aplicaciones basadas en el uso del sensor de luz del teléfono celular que para estimar el valor del índice UV, utiliza un factor de proporcionalidad con la radiación solar global, lo que dificulta la estimación del índice UV (Ananno *et al.*, 2018). Debido a que esta proporcionalidad es para los valores promedio diarios del índice UV, que difiere de las estimadas en tiempo real, considerando que la intensidad de la radiación solar varía durante el día (Taipe *et al.*, 2023). Otra alternativa para obtener esta información consiste en emplear dispositivos de medición, como espectrorradiómetros y dispositivos portátiles diseñados para medir el índice UV. Estos dispositivos proporcionan resultados de alta precisión; sin embargo, el inconveniente radica en que los ciudadanos comunes no suelen tener acceso a la

utilización de tales instrumentos. Debido a lo anterior, la definición del problema se propuso de la siguiente manera. ¿Es posible desarrollar una aplicación móvil que calcule los valores del índice ultravioleta confiables en tiempo real?

## 2.2. Enunciados del problema

La identificación del problema permitió formular las siguientes interrogantes:

- ¿Cómo desarrollar la app móvil para la estimación de valores de índice ultravioleta en tiempo real?.
- ¿Como determinar la validación de los valores de índice ultravioleta calculados por la app móvil con mediciones de instrumento portátil?.

## 2.3. Justificación

La radiación solar UV tiene efectos nocivos sobre la salud de los seres humanos, en la piel la radiación UV causa envejecimiento prematuro, reacciones de tipo alérgicas, como foto-queratitis (Ansary *et al.*, 2021), cáncer en la piel (Gallagher y Lee, 2006). En los ojos causa cataratas (McCarty y Taylor, 2021) y afecta al sistema inmunológico (Bernard *et al.*, 2019). El efecto más común de la sobreexposición a la radiación solar es la quemadura solar o eritema, que aparece 10-16 horas después de la exposición al sol (Wolf *et al.*, 2020). La radiación ultravioleta es fundamental para la salud en pequeñas cantidades, ya que permite que el cuerpo fabrique vitamina D para reforzar el sistema óseo y osteomuscular (Neale *et al.*, 2023). Los efectos en la naturaleza como en la agricultura y la vida acuática se presentan en las plantas y peces (Sweet *et al.*, 2012). En la vegetación afectando a su crecimiento (Kunz *et al.*, 2006; Zhang *et al.*, 2014), en la conservación y durabilidad de materiales como el plásticos y la pintura (Andrady *et al.*, 2023).

En el Perú se formula la ley N° 30102 de 2013, ley que dispone medidas preventivas contra los efectos nocivos para la salud por la exposición prolongada a la radiación solar (Congreso de la Republica de Perú, 2013). Su objetivo es establecer las medidas preventivas que las instituciones, tanto públicas como privadas, deben seguir y cumplir. Esto ayuda a reducir los efectos dañinos a la salud ocasionados por la exposición prolongada a la luz solar (PALMERA, 2023). Que en su artículo 7, difusión de los niveles de radiación solar, designa la difusión al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología

del Perú (SENAMHI). Los valores proporcionados por el SENAMHI en su sitio web, son valores estimados para grandes áreas geográficas, y son promedios diarios los cuales no son valores en tiempo real, pues estos valores difieren con medidas ínsita por factores de condiciones climáticas, como la presencia de nubosidad y aerosoles. Según SENAMHI, en el Perú se percibe niveles de radiación UV entre 14-20 (SENAMHI - Perú, 2023), siendo de las más altas del mundo, causando distintas enfermedades a la piel. Asimismo, existen más de 7 millones de trabajadores expuestos al sol día a día (PALMERA, 2023).

La región de Puno se encuentra en la región altiplánica del Perú por ello se presenta niveles de índice UV extremos durante el día en el horario 11:00am -14:00pm como lo manifiesta (Huillca *et al.*, 2017) y durante el transcurso del año se presentan valores promedios considerados extremos para la región de Puno (Moraes, 2019). En consecuencia, se plantea el desarrollo de una aplicación móvil que posibilite la estimación en tiempo real de los valores del índice UV a través de un dispositivo smartphone, lo que permitirá a los usuarios tomar medidas preventivas adecuadas en relación con la exposición prolongada a la radiación solar. La aplicación estará disponible para su uso en web, para smartphone con sistema Android, con el propósito de aportar a la mitigación de enfermedades derivadas de la prolongada exposición a la radiación solar.

## 2.4. Objetivos

### 2.4.1. Objetivo general

Implementar una app móvil con Android Studio para estimar en tiempo real los valores confiables de índice ultravioleta.

### 2.4.2. Objetivos específicos

- Desarrollar la app móvil con Android Studio para la estimación de valores confiables de índice ultravioleta en tiempo real.
- Validar los valores de índice ultravioleta calculados por la app móvil con mediciones de instrumento portátil en tiempo real.



## 2.5. Hipótesis

### 2.5.1. Hipótesis general

La implementación adecuada de una app móvil con Android Studio obtendrá en tiempo real los mismos valores de índice ultravioleta que los instrumentos portátiles.

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Lugar de estudio

La investigación se realizó el año 2021 y 2022, en el departamento de Puno, provincia de Puno, distrito de Puno, en la Universidad Nacional del Altiplano - Puno (UNAP), se ha considerado el lugar teniendo conocimientos del alto índice UV presentando en la región de Puno (Huillca y Taipe, 2015), el cual se muestra en la figura 9, debido a la ubicación geográfica y las características de su clima de la región.

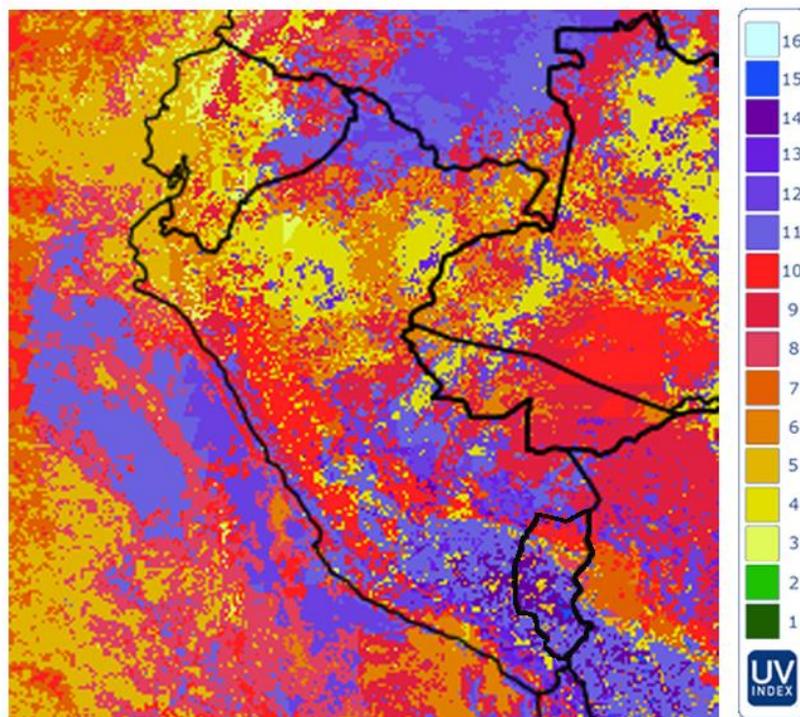


Figura 9. Valores de índice UV en la región de Puno

Fuente: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=prensa&n=783>

### 3.2. Población

La población seleccionada para este estudio es la región del altiplano peruano, pues en esta región se registran los valores extremos del índice ultravioleta (Moraes, 2019), como se muestra en la figura 9. Se llevará mediciones del índice ultravioleta en diferentes puntos geográfica de esta región altiplánica.

### 3.3. Muestra

La muestra seleccionada para este estudio es la región de Puno, el cual se muestra en la Figura 10. Se han considerado un punto geográfico por provincia, lo que resulta en total trece puntos geográficos, que se detallan en la tabla 2. Estos puntos geográficos representan la muestra utilizada en la investigación para la validación de los datos estimados por la aplicación móvil.

Tabla 2

*Puntos de muestreo*

N°	Provincia	Distrito	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)
1	Azángaro	Azángaro	-14.917194	-70.190472	3857
2	Carabaya	Crucero	-14.364194	-70.025917	4128
3	Chucuito	Juli	-16.203720	-69.460039	3868
4	El Collao	Ilave	-16.059944	-69.640389	3874
5	Huancané	Huancané	-15.206861	-69.758306	3842
6	Lampa	Lampa	-15.361083	-70.374167	3866
7	Melgar	Santa Rosa	-14.617806	-70.792778	3957
8	Moho	Moho	-15.621431	-69.484192	3836
9	Puno	Puno	-15.826250	-70.012083	3825
10	San Antonio de Putina	Putina	-14.921000	-69.875694	3861
11	San Román	Juliaca	-15.444150	-70.207783	3838
12	Sandia	Cuyo Cuyo	-14.488842	-69.550036	3619
13	Yunguyo	Yunguyo	-16.307833	-69.074722	3888

Fuente: (Taibe *et al.*, 2023)

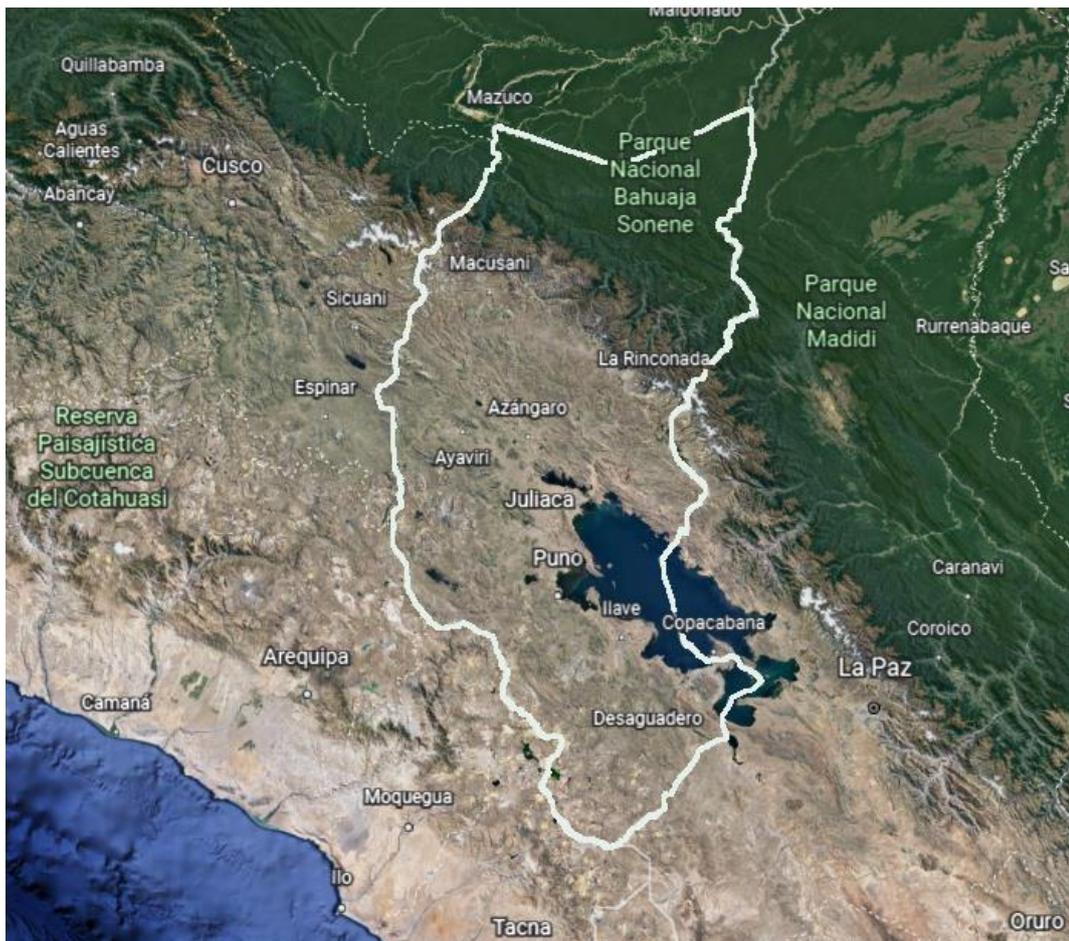


Figura 10. Región de Puno

Fuente: Google Earth ( <https://www.google.com/maps/place/Puno/>)

### 3.4. Método de investigación

El tipo de investigación según el objeto de estudio es aplicado, teniendo en cuenta la naturaleza del problema que se concentra en estudiar y contribuir a la solución de un problema práctico (Vargas, 2009).

El nivel de investigación es explicativo ya que se busca dar un sentido de entendimiento a todo el estudio realizado y a su vez se maneja un proceso muy estructurado, (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018).

El propósito de este investigación es desarrollar una aplicación móvil que pueda calcular de manera inmediata y precisa los valores confiables del índice ultravioleta en tiempo real. Para estimar valores de índice UV existen instrumentos portátiles, en nuestro estudio utilizaremos el sensor de luz ambiente del celular para estimar la intensidad de luz y en función a ello utilizar una relación de intensidad de luz e índice UV para estimar sus

valores índice UV en tiempo real. Para lo cual se implementa una aplicación móvil en el software Android Studio, donde se programa el código fuente tomando datos de sensor de luz ambiente de celular y datos de tiempo, lugar, día, hora, para realizar los calculo teorías y poder estimar el índice UV. Para la confiabilidad de las mediciones se utiliza un medidor de índice UV portátil, y datos de mediciones de índice UV para la región de Puno, las mediciones se realizan en la región de Puno considerando los datos de la tabla 1. La aplicación nos permite realizar mediciones de índice UV en tiempo real en cualquier lugar de la región de Puno.

### **3.5. Descripción detallada de métodos por objetivos específicos**

A continuación, se presenta la metodología utilizada en el estudio, que abarca la descripción de las variables analizadas en relación a los objetivos específicos, así como una detallada explicación del uso de materiales, equipos e instrumentos empleados. Además, se lleva a cabo la aplicación de una prueba estadística inferencial para analizar los datos recopilados y obtener conclusiones significativas. Con esta metodología, se busca obtener información precisa y relevante, permitiendo un análisis riguroso y fundamentado de acuerdo a los objetivos planteados en el estudio.

#### **3.5.1. Desarrollar la app móvil para la estimación de valores de índice ultravioleta en tiempo real.**

El desarrollo del app móvil es en Android Studio en lenguaje Java considerando la herramienta el adecuado según (Pekyürek, 2020) utilizando la metodología de desarrollo de aplicaciones móvil según (Mantilla *et al.*, 2014) basado en metodología agiles (Molina *et al.*, 2021) el cual tiene cinco etapas de desarrollo de aplicación móvil, la cual se muestra en la figura 11.

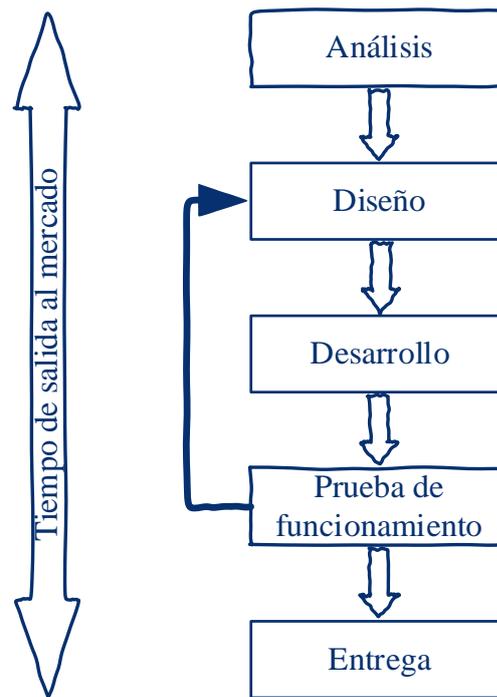


Figura 11. Etapas de desarrollo de aplicación móvil

A continuación, se realizan una secuencia de paso los cuales siguen las cinco etapas de desarrollo de aplicaciones móviles: Análisis (Paso 1), Diseño (Paso 2 y 3), Desarrollo (Paso 4, 5 y 6), Prueba de funcionamiento (Paso 7) y entrega (Paso 8).

**Paso 1:** Determinación de la relación entre el índice UV y la radiación solar global. Para realizar el cálculo de la relación, se ha considera mediciones del año 2021 para la ciudad de Puno, en condiciones de cielos despejados para un mejor ajuste de la ecuación, en la figura 12 se muestra algunos datos de estación meteorológica de DAVIS VANTAGE PRO 2 PLUS de la escuela profesional de Ciencias Físico Matemáticas de la UNAP (Taípe *et al.*, 2023) utilizados en el ajuste de la relación entre radiación solar global e índice UV.

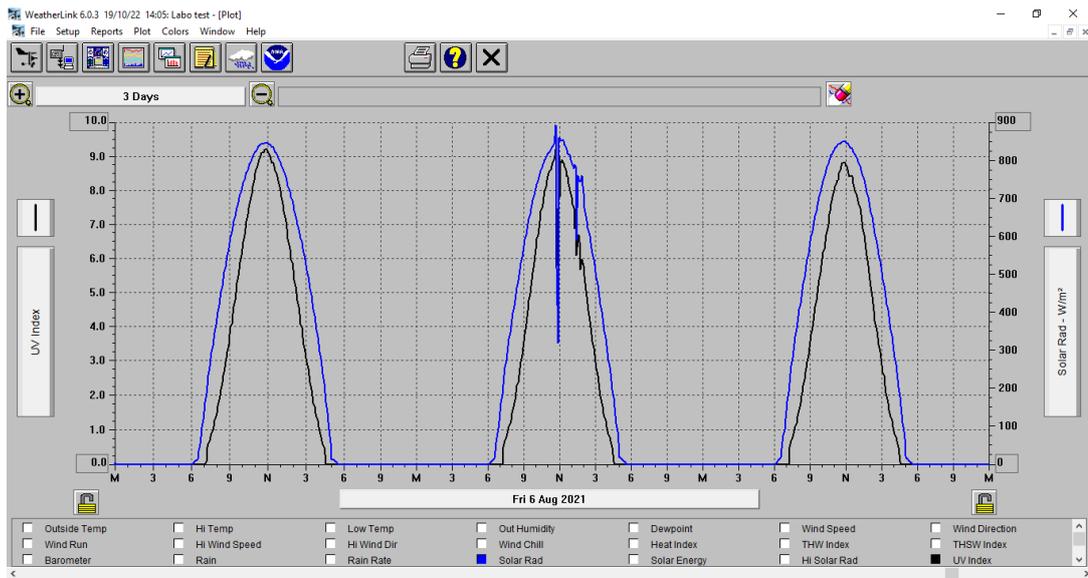


Figura 12. Datos de índice UV y radiación solar global

El ajuste de los datos sea realizado en el software origen, el cual se ilustra en la figura 13, donde se observa el comportamiento no lineal, pero se considera una relación polinomial entre los datos de radiación solar e índice UV (Taipe *et al.*, 2023).

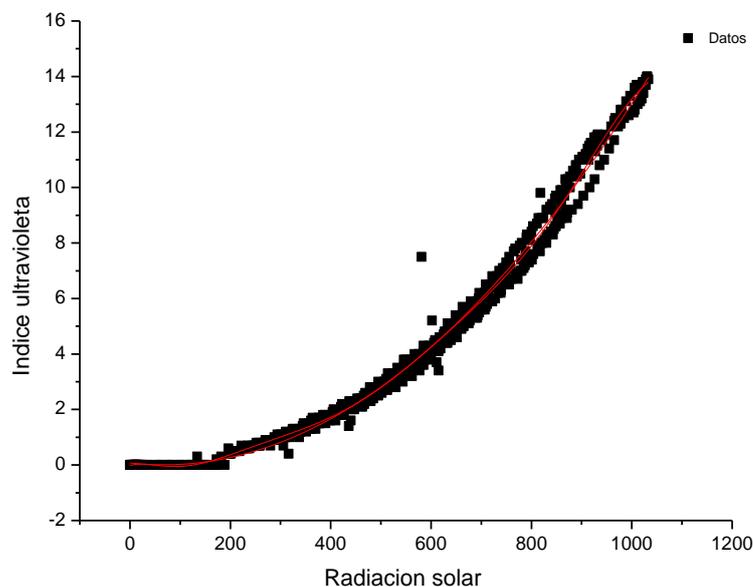


Figura 13. Relación de índice UV y radiación solar

Para calcular la radiación solar en función de la intensidad de la luz ambiente del lugar se utiliza la ecuación (23).

**Paso 2:** La ejecución de la estructura de la aplicación móvil demanda un dispositivo móvil de gama alta, necesario para la captura de datos internos tales como la intensidad lumínica medida en unidades de lux, la latitud geográfica en grados, la

hora actual y el número correspondiente al día juliano, tal como se representa en la figura14.

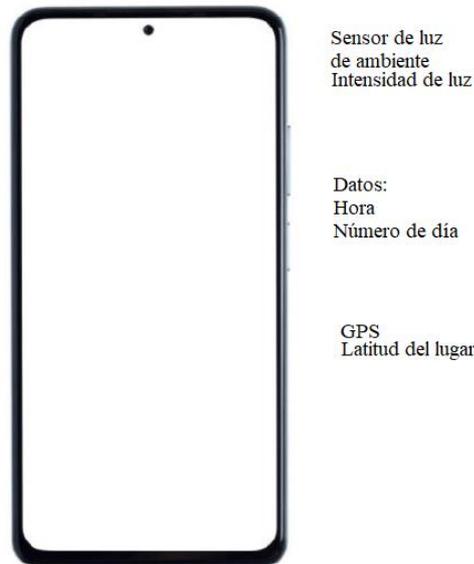


Figura 14. Celular de gama alta con datos requeridos

**Paso 3:** Las funcionalidades disponibles en la aplicación se presentan en el diagrama de casos de uso del medidor de índice UV, que se visualiza en la figura 15. En este diagrama, la acción principal consiste en calcular el índice UV, seguida de acciones secundarias que incluyen la provisión de recomendaciones de precaución para el usuario con el objetivo de garantizar su protección, además de brindar información adicional sobre la aplicación.

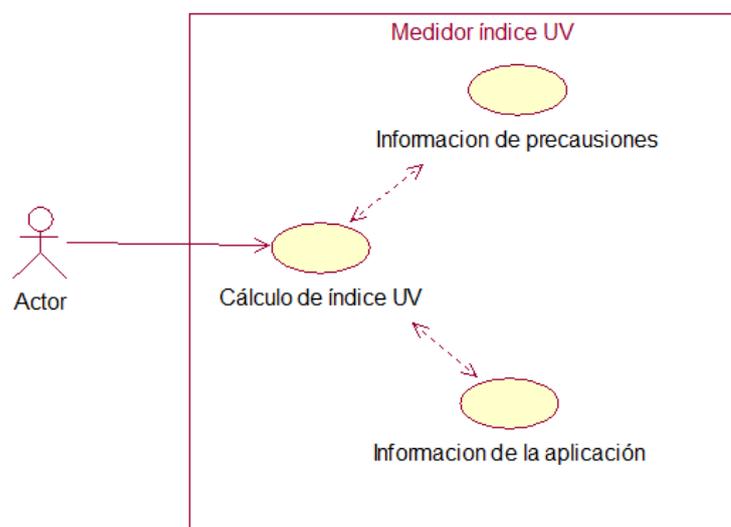


Figura 15. Diagrama de caso de uso app móvil

**Paso 4:** La formulación del algoritmo diseñado para calcular el índice ultravioleta en situaciones de cielo despejado se fundamenta en las ecuaciones que abarcan desde la (2) hasta la (20). Estas ecuaciones son utilizadas de manera teórica, tomando en cuenta los datos de la hora, el día y la latitud del lugar como parámetros de entrada, tal como se presentan a continuación:

Algoritmo que determina el índice ultravioleta para condiciones de cielos despejados  
*Indice(H, dia, φ)*

Paso 1: Inicializar las valores constantes

Po=presión estándar

Pa= Presión actual del lugar

Alpha=1.3

Z3=22km

Re=6370km

L=Espesor de la capa de ozono

Wo=1

Pgl=0.2

Ker=40m<sup>2</sup>/w

Paso 2: Tomar datos de móvil

Hora = Dato del móvil

Día = Dato del móvil

Latitud = Dato del móvil

Paso 3: Realizar los siguientes calculo

$$w = 15 * (H - 12)$$

$$\Gamma = 2\pi \left( \frac{d_n - 1}{365} \right)$$

$$\delta = (0.006918 - 0.399912 \cos \Gamma + 0.070257 \sin \Gamma - 0.006758 \cos 2\Gamma + 0.000907 \sin 2\Gamma - 0.002697 \cos 3\Gamma + 0.00148 \sin 3\Gamma) \left( \frac{180}{\pi} \right)$$

$$E_o = \left( \frac{r_o}{r} \right)^2 = 1.00110 + 0.034221 \cos \Gamma + 0.001280 \sin \Gamma + 0.000719 \cos 2\Gamma + 0.000077 \sin 2\Gamma$$

$$\cos \theta_z = \sin \delta \sin \phi + \cos \delta \cos \phi \cos \omega$$

$$\theta_z = \arccos(\sin \delta \sin \phi + \cos \delta \cos \phi \cos \omega)$$

$$F_c = 0.9003 + 0.00325 \theta_z - 9.04914 \times 10^{-5} \theta_z^2$$

$$m_r = [\cos \theta_z + 0.15(93.885 - \theta_z)^{-1.253}]^{-1}$$

$$m_a = m_r \left( \frac{p}{p_o} \right)$$

$$p_s = \exp \left( 26.23 - \frac{5416}{T} \right)$$

$$w_a = \frac{0.493 H_r p_s}{T}$$

$$\beta = -4.9 \times 10^{-2} + 2.67 \times 10^{-2} w_a + 6.43 \times 10^{-3} w_a^{-3} \left( 1 + \frac{Z_3}{r_e} \right)$$

$$m_o = \frac{1}{\left[ \cos^2 \theta_z + 2 \left( \frac{Z_3}{r_e} \right) \right]^{1/2}}$$

Paso 4: Inicializar las variables de almacenamiento

Suma=0

$\Delta\lambda = 0.005$

$\lambda = 280$

Paso 5: Repetir los pasos 6 al 15 mientras  $\lambda \leq 400$

Paso 6: Calcular la Transmitancia  $\tau_{r\lambda} = e^{-0.008735\lambda^{-4.09} m_a}$

Paso 7: Calcular la Transmitancia  $\tau_{a\lambda} = e^{-\beta\lambda^{-\alpha} m_a}$

Paso 8: Obtener de la tabla  $k_{o\lambda}$  y  $I_{on\lambda}$

Paso 9: Calcular la Transmitancia  $\tau_{o\lambda} = e^{-k_{o\lambda} I m_o}$

Paso 10: Calcular la irradiación directa, difusa y global

$$I_{n\lambda} = I_{on\lambda} E_o \tau_{r\lambda} \tau_{a\lambda} \tau_{o\lambda}$$

$$I_{dr\lambda} = I_{on\lambda} \cos \theta_z \tau_{o\lambda} [0.5(1 - \tau_{r\lambda}) \tau_{a\lambda}]$$

$$I_{da\lambda} = I_{on\lambda} \cos \theta_z \tau_{o\lambda} [F_c w_o (1 - \tau_{a\lambda}) \tau_{r\lambda}]$$

$$\rho_{a\lambda} = \tau_{ma\lambda} [0.5(1 - \tau_{r\lambda}) \tau_{a\lambda} + (1 - F_c) w_o (1 - \tau_{a\lambda}) \tau_{r\lambda}]$$

$$I_{\lambda} = \frac{I_{n\lambda} \cos \theta_z + I_{dr\lambda} + I_{da\lambda}}{1 - \rho_{g\lambda} \rho_{a\lambda}}$$

Paso 11: Si  $\lambda \leq 0.28 \mu m$  ;

Calcular  $\epsilon_{\lambda} = 1$

$$\text{Suma} = \text{suma} + (\Delta\lambda) * (\epsilon_{\lambda} * I_{\lambda})$$

Paso 12: Si  $0.298 \mu m < \lambda \leq 0.328 \mu m$

$$\text{Calcular } \epsilon_{\lambda} = 10^{(0.094 * (298 - \lambda * 1000))}$$

$$\text{Suma} = \text{suma} + (\Delta\lambda) * (\epsilon_{\lambda} * I_{\lambda})$$

Paso 13: Si  $0.328 < \lambda \leq 0.400 \mu m$

$$\text{Calcular } \epsilon_{\lambda} = 10^{(0.015 * (139 - \lambda * 1000))}$$

$$\text{Suma} = \text{suma} + (\Delta\lambda) * (\epsilon_{\lambda} * I_{\lambda})$$

Paso 14: Si  $\lambda > 0.400 \mu m$

Calcular  $\epsilon_{\lambda} = 0$

$$\text{Suma} = \text{suma} + (\Delta\lambda) * (\epsilon_{\lambda} * I_{\lambda})$$

Paso 15: Incrementa longitud  $\lambda = \lambda + \Delta\lambda$

Paso 16: Calculamos el índice  $= 40 * \text{suma}$

El algoritmo utilizado para estimar el índice UV usando la cámara del celular.

Paso 1: Inicializando  $km = 120$

Paso 2: Obtener datos de sensor de luz ambiente.

Paso 3: Calculo de radiación solar global  $Iwatt = 2.3809 * (Ilux / (km))$ ;

Paso 4: Calculo de índice UV:

$$IUV = 0.07646 - 0.00202 * Iwatt + (0.0000149757) * Iwatt^2$$

**Paso 5:** Implementación del algoritmo que calcular índice UV en función a los datos obtenidos del sensor de luz, se muestra en figura 16 un diagrama de flujo del proceso de cálculo del índice ultravioleta, inicializamos el App móvil desarrollado en Android Studio, luego la aplicación mide la intensidad de luz ambiente para luego estimar el índice ultravioleta en función a la ecuación (23), para luego imprimir en pantalla el valor estimado.

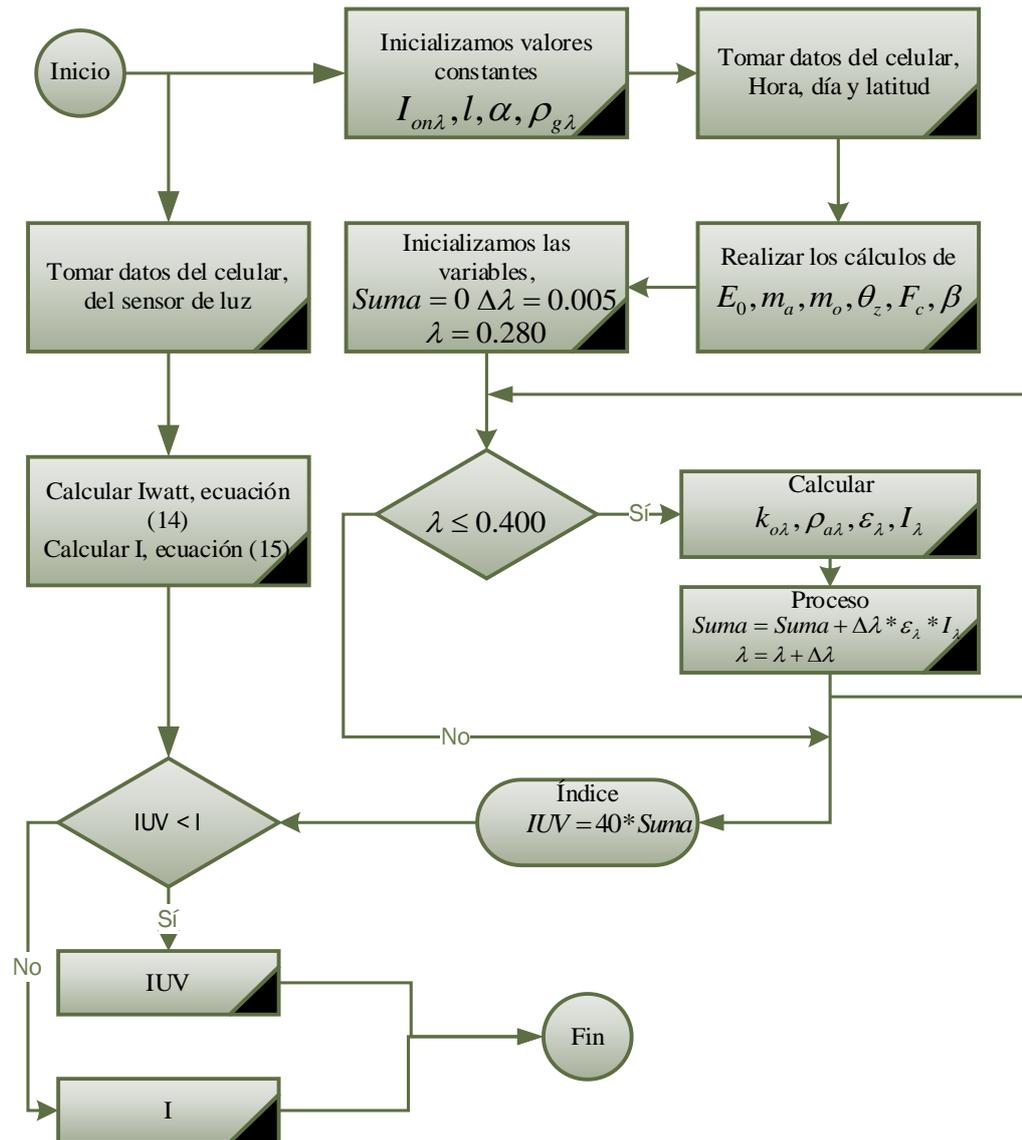


Figura 16. Diagrama de flujo de cálculo del índice UV

**Paso 6:** Implementación en Android Studio ver figura 17. En lenguaje Java para su compatibilidad con dispositivos Android (Antti, 2020). La implementación de la aplicación móvil sigue la metodología de desarrollo de aplicaciones móviles descrita por Mantilla, Ariza y Delgado (2014) donde se consideran cinco pasos a seguir los cuales son: Análisis de requerimientos, diseño, desarrollo, prueba de funcionamiento y entrega de producto. Encontrando cierta similitud con metodologías con principios ágiles (Molina *et al.*, 2021). Considerando la necesidad de realizar evaluaciones de la metodología (Jabangwe *et al.*, 2018).

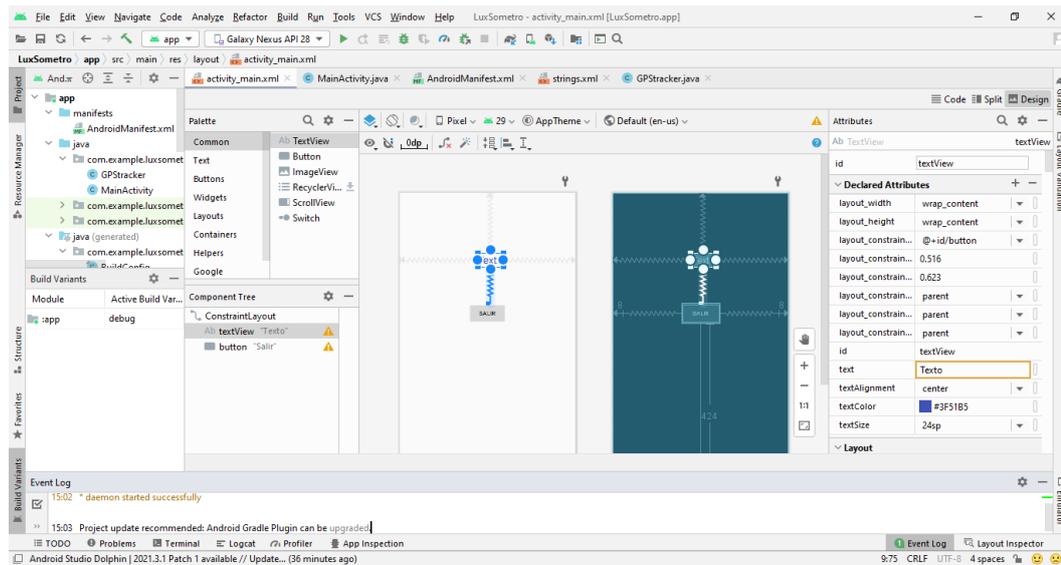


Figura 17. Desarrollo en Android Studio

**Paso 7:** Los datos adquiridos desde el dispositivo móvil incluyen la intensidad de la luz, la hora actual, el día y la ubicación geográfica del usuario. Sea utilizado el celular Xiaomi 11T Pro ver figura 18 es un teléfono inteligente de alta gama lanzado por la empresa china Xiaomi en septiembre de 2021. A continuación se detallan sus principales características y especificaciones:

- Pantalla: pantalla AMOLED de 6,67 pulgadas con una resolución de 1080 x 2400 píxeles y una frecuencia de actualización de 120 Hz.
- Procesador: Qualcomm Snapdragon 888 de ocho núcleos.
- RAM: 8 GB o 12 GB.
- Almacenamiento interno: 128 GB o 256 GB, no ampliable.
- Cámara trasera: triple cámara trasera con un sensor principal de 108 megapíxeles, una lente ultra gran angular de 13 megapíxeles y un teleobjetivo de 5 megapíxeles.
- Cámara frontal: cámara frontal de 20 megapíxeles.
- Batería: batería de 5000 mAh con carga rápida de 67W.
- Sistema operativo: Android 11 con la interfaz de usuario personalizada de Xiaomi, MIUI 12.

- Otras características: sensor de huellas dactilares en pantalla, altavoces estéreo duales, conectividad 5G, Wi-Fi 6, Bluetooth 5.2, NFC, GPS, USB-C.

El sensor de luz ambiental TCS3472 de AMS es un sensor de alta precisión que cuenta con una resolución de 16 bits y un amplio rango de medida que le permite detectar la cantidad de luz presente en el entorno en una amplia variedad de condiciones. A continuación, se detallan los datos técnicos del sensor de luz del Xiaomi 11T Pro:

Tipo de sensor: Sensor de luz ambiental

Fabricante: AMS (Austria Microsystems)

Modelo: TCS3472

Rango de medida: 1 lux - 83.000 lux

Resolución: 16 bits

Tamaño del sensor: 2.0 mm x 2.0 mm

Interfaz de comunicación: Inter-Integrated Circuit (I2C)

En esta investigación se utiliza el sensor de luz ambiente del celular Xiaomi 11T Pro para el desarrollo de la App móvil sea utilizado software Android Studio.



*Figura 18.* Celular Xiaomi 11T Pro

**Paso 8:** La distribución de la aplicación será a través de redes sociales en formato .apk con el nombre de base.apk, con lo cual el usuario podrá instalar en su dispositivo.

### 3.5.2. Validación de los valores de índice ultravioleta calculados por la app móvil con mediciones de instrumento portátil.

Para la validación de los datos se considera las mediciones de valores de índice UV del App móvil y un instrumento portátil en las trece provincias de la región de Puno. Considerando los estadísticos de coeficiente de correlación entre los datos, a continuación, se señalan los pasos seguidos:

**Paso 1:** La recopilación de datos en la región de Puno se efectúa mediante la utilización de la aplicación móvil y un medidor de índice UV en distintas ubicaciones geográficas, de acuerdo con la tabla 2, que sirve como puntos de referencia para la obtención de información.

**Paso 2:** Instrumento de medida de índice UV. Se empleó un dispositivo de medición de índice UV, específicamente el Medidor de rayos UV de la marca Aliexpress, conocido como medidor UV GD-UV06. Este instrumento se utiliza para la medición en tiempo real del índice UV y se empleó para llevar a cabo la validación de los valores registrados por la aplicación móvil. El medidor de UV se muestra en la figura 19, el cual tiene una presentación de un llavero, lo cual facilita su uso (*Aliexpress UV detector UV detector GD-UV06*, 2022).



Figura 19. Medidor UV GD-UV06

**Paso 3:** El procesamiento de los datos implicó la captura de registros en intervalos de 20 minutos dentro del lapso de tiempo que abarcó desde las 11:00 a.m. hasta las

13:00 p.m. Estos datos se almacenaron en tablas que contenían información sobre el tiempo y el índice medido por la aplicación móvil y el medidor de índice UV en la región de Puno, para realizar los respectivos análisis.

**Paso 4:** Se utiliza los estadísticos de evaluación:

*Desviación Media Absoluta (MAD):* representa el error promedio del pronóstico en valores absolutos (Bravo y Builes, 2011). Evalúa la variabilidad de un valor observado en relación con el valor anticipado. Se obtiene mediante el valor absoluto de las diferencias entre la demanda real y la pronosticada, dividida entre la cantidad de errores (Quansah *et al.*, 2022).

$$MAD = \frac{\sum_{i=1}^n |I_{mi} - I_{ai}|}{n} \quad (16)$$

*El Error Porcentual Absoluto Medio (MAPE):* es un indicador del desempeño del pronóstico de demanda que mide el tamaño del error (absoluto) en términos porcentuales (Quansah *et al.*, 2022). El rango de porcentaje aceptable es -10 a +10%.

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n \left| \frac{I_{mi} - I_{ai}}{I_{mi}} \right| 100}{n} \quad (17)$$

*Coefficiente de correlación:* la correlación denota la fuerza y la dirección de una relación lineal, así como la proporcionalidad entre dos variables estadísticas. Se considera que dos variables cuantitativas están correlacionadas cuando los valores de una de ellas varían sistemáticamente con respecto a los valores homónimos de la otra (Quansah *et al.*, 2022).

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (I_{mi} - \bar{I}_{mi}) \cdot (I_{ai} - \bar{I}_{ai})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (I_{mi} - \bar{I}_{mi})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (I_{ai} - \bar{I}_{ai})^2}} \quad (18)$$

Donde:  $I_{mi}$  es el dato medido por medidor UV GD-UV06,  $I_{ai}$  es el dato obtenido por la App móvil,  $\bar{I}_{mi}$  es el promedio de los datos medidos por medidor UV GD-UV06,  $\bar{I}_{ai}$  es el promedio de los datos obtenidos por App móvil y  $n$  es el número total de observaciones (Al-musaylh *et al.*, 2023).

### 3.5.3. Resultados Inferenciales

#### Paso 1: Formulación de hipótesis

**Ho:** No existen diferencias significativas entre los valores de índice ultravioleta estimados en tiempo real por la app móvil desarrollado en Android Studio y los estimados por instrumentos portátiles.

**Ha:** Existen diferencias significativas entre los valores de índice ultravioleta estimados en tiempo real por la app móvil desarrollado en Android Studio y los estimados por instrumentos portátiles.

**Paso 2: Nivel de significancia ( $\alpha$ ):** Es la cantidad máxima de error que se aceptar o tolera. Para la investigación se considera  $\alpha = 0.05$  (5%)

**Paso 3: Intervalo de confianza ( $1 - \alpha$ ):** o nivel de confianza, es el complemento del nivel de significancia. Si el nivel de significancia es 0.05(5%), entonces el intervalo de confianza es del 0.95 (95%).

**Paso 4: Elección de la prueba estadística:** Por tratarse de la comparación de dos medidas de dos instrumentos diferentes para la misma variable, valore índice ultravioleta en tiempo real, se utiliza el cálculo del estadístico t, que tiene en cuenta la diferencia de medias a comparar y su error estándar, según la siguiente fórmula:

$$t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{\frac{\sigma_x^2}{n_1} + \frac{\sigma_y^2}{n_2}}} \quad (19)$$

donde:

$\bar{x}$ , media de valores de índice ultravioleta medidos por la aplicación móvil.

$\bar{y}$ , media de valores de índice ultravioleta medidos por instrumento portátil.

$\sigma_x$ , la desviación estándar de las mediciones del índice ultravioleta obtenidas mediante la aplicación móvil.

$\sigma_y$ , desviación estándar de los valores de índice ultravioleta medidos por instrumento portátil.

$n_1$ , tamaño de muestra de los valores del índice ultravioleta medidos a través de la aplicación móvil.

$n_2$ , tamaño de Muestra de los valores de índice ultravioleta medidos por instrumento portátil.

**Paso 5: Estimación del p-valor:** Es el error real que cometemos al afirmar que existe correlación.

**Normalidad** Se debe corroborar que la variable aleatoria en ambos grupos se distribuye normalmente. Para ello se utiliza la prueba de Kolmogorov-Smirnov (también prueba K-S) una muestra cuando las muestras son grandes ( $> 30$  individuos) o la prueba de Shapiro Wilk cuando el tamaño de la muestra es  $< 30$ . El criterio para determinar si la (VA) se distribuye normalmente es:

- a. P-valor  $\geq \alpha$  Aceptar  $H_0$  = Los datos provienen de una distribución **normal**.
- b. P-valor  $< \alpha$  Aceptar  $H_a$  = Los datos **NO** provienen de una distribución **normal**.

**Igualdad de varianza (Prueba de Levene).** Se debe corroborar la igualdad de varianza entre los grupos.

- a. P-valor  $\geq \alpha$  Aceptar  $H_0$  = Las varianzas son iguales.
- b. P-valor  $< \alpha$  Aceptar  $H_a$  = Existe diferencias significativa entre las varianzas.

**Calcular P-Valor de la Prueba:** T de Student muestras relacionadas.

**Paso 6: Regla de decisión:**

Si la probabilidad obtenida P-valor  $\leq \alpha$ , rechace  $H_0$  (Se acepta  $H_a$  )

Si la probabilidad P-valor P-valor  $> \alpha$ , no rechace  $H_0$ , (Se acepta  $H_0$ ).

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las siguientes sesiones se muestra los resultados del desarrollo de app móvil para estimar los valores de índice ultravioleta en tiempo real, la validación de las medidas realizadas por la aplicación en la ciudad de Puno y región de Puno, para luego mostrar las discusiones de los resultados.

#### 4.1. Desarrollar la app móvil para la estimación de valores de índice ultravioleta en tiempo real.

Para ingresar a la aplicación se tiene que identificar el icono que representa el medidor de índice UV, el cual se muestra en la figura 20, el icono está representado mediante una caricatura del astro sol, en cuyo nombre indica “Medidor índice UV”.



Figura 20. Icono de App móvil medidor índice UV

En la figura 21 (a) se muestra la pantalla principal de la aplicación donde se visualiza la estimación de índice ultravioleta. Primero se indica los niveles de índice ultravioleta según la OSM, para luego mostrar los valores de índice UV estimado por la aplicación y luego las opciones de precauciones, información de APP y salir de la aplicación. Al presionar precauciones nos lleva a otra pantalla en el cual se muestra las precauciones a tomar para prevenir lesiones en la piel como lo indica (OMS, 2003), lo cual se muestra en la figura 21(b), se tiene dos opciones volver a calcular el índice UV, o salir de la aplicación. Al presionar la opción información de APP nos muestra una pantalla donde se indica la forma como se calcula el índice ultravioleta mediante la aplicación de las ecuaciones utilizadas figura 21(c), para que el usuario tenga en consideración las ecuaciones utilizadas en el cálculo de índice UV.

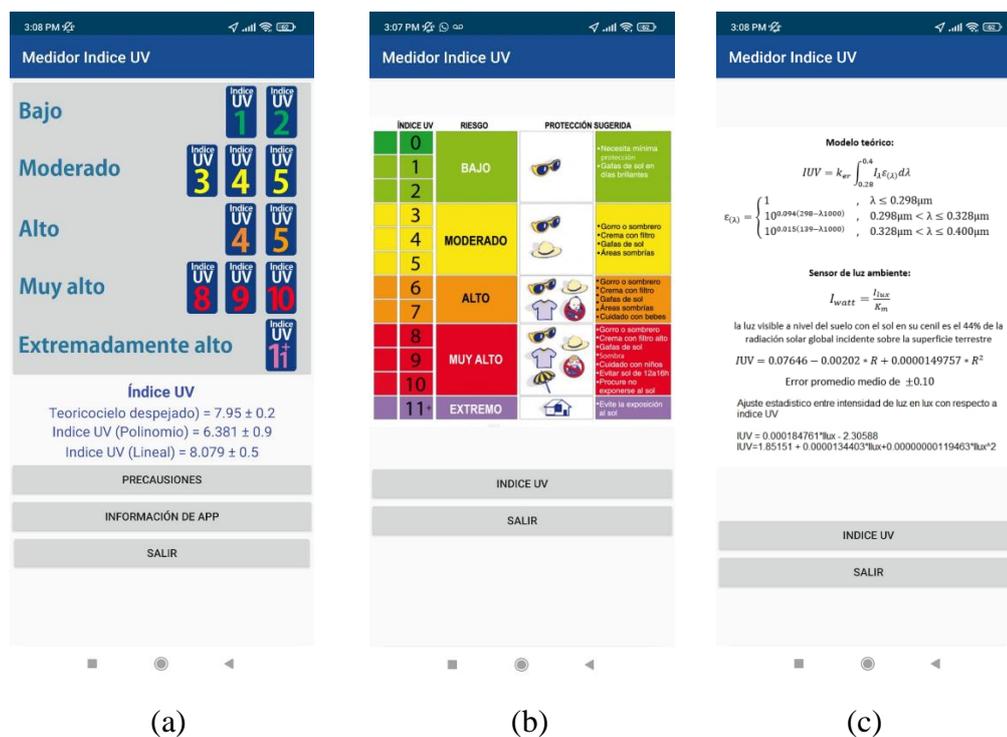


Figura 21. Captura de pantalla de la app, (a) Índice UV, (b) Medidas de seguridad, (c) información de la app

La aplicación muestra tres pantallas para que el usuario interactúe, considerando la importancia de la información de las precauciones que se debe tomar ante una exposición prolongada a la radiación solar y la forma como es que sea realizado las mediciones del índice ultravioleta. Se ha considerado las pantallas básicas considerando los trabajos similares como de (Buller *et al.*, 2015) el cual muestra dos capturas de pantallas, una de

la estimación de índice UV y la otra de la recomendaciones sobre la precauciones a tomar, mientras que (Mei *et al.*, 2016) presenta tres capturas de pantallas, la primera para realizar la captura de foto, segundo para visualizar la foto a considerar y por último muestra el cálculo de radiación ultravioleta, (Ananno *et al.*, 2018) muestra tres capturas de pantallas, la primera captura es un pantalla principal en el cual muestra las opciones medir índice UV, realizar un test, Tutorial, luego muestra la estimación de intensidad de la radiación ultravioleta e índice UV sugiriendo el tiempo de exposición y en la tercera captura muestra la clasificación de piel según el color de la piel. La aplicación desarrollada muestra la información de índice UV y sugiera las precauciones a tomar según el nivel de índice UV, e informa sobre el algoritmo utilizado y la forma como estima los valores del índice UV, por ello cumple con la finalidad de informar sobre los valores de índice ultravioleta.

#### **4.2. Validación de los valores de índice ultravioleta calculados por la app móvil con mediciones de instrumento portátil.**

La app móvil se ha desarrollado en Android Studio, considerando los valores medidos por el sensor de luz ambiente del celular y las ecuaciones (20) y (23) para realizar el cálculo del índice UV, luego la aplicación muestra en pantalla los resultados como se observa en la figura 22.



*Figura 22.* Medidor de índice UV

Para realizar las mediciones con la App móvil en el celular considera que el móvil tiene que estar con la pantalla en forma horizontal en un lugar donde no haya presencia de obstáculos que distorsione la luz de sol.

Sea realizado la estimación de valores de índice UV en tiempo real por medio de medidor UV GD-UV06 y la aplicación App móvil en el celular Xiaomi 11T Pro, el cual se

muestra en la figura 23, sea realizado la mediación para un día despejado de fecha 15 de octubre del 2021.

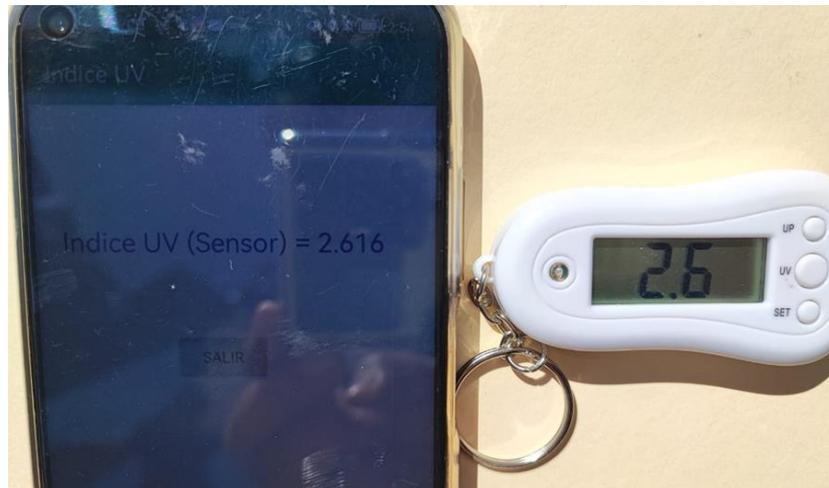


Figura 23. Medida de índice UV en tiempo real

En la figura 24 se muestra los resultados de la medición de índice UV con el celular y el medidor UV GD-UV06 en intervalos de una hora para la fecha 15 de octubre del 2021 en la ciudad de Puno, Perú, se considera la fecha por que fue un día despejado sin presencia de nubes.

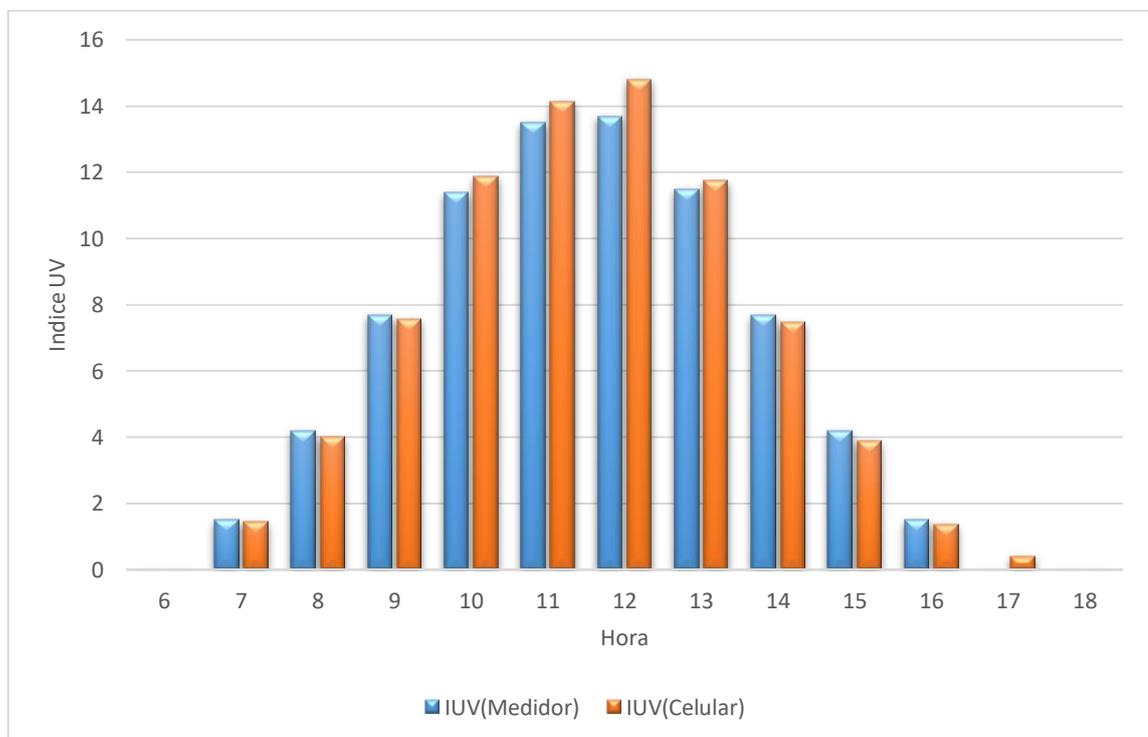


Figura 24. Medida de índice UV celular y medidor GD-UV06

Los resultados de la figura 24 muestran que los valores máximo para el celular es de 14.8 y un valor de 13.7 para el medidor UV, se observa que los valores extremos de índice UV se encuentran en el periodo de 10:00am a 13:00pm lo cual requiere protección de evitar exponerse a los rayos del sol durante ese periodo, considerar usar camisa, crema de protección solar y sombrero, para evitar quemaduras causador por los rayos del sol (Buller *et al.*, 2013) y evitar quemaduras en la piel (Brinker *et al.*, 2018).

La tabla 3 muestra resultados estadísticos para seis fechas diferente durante el año 2021 considerando las cuatro estaciones del año. Los resultados muestran un MAD menor a 0.47, estos resultados están de acuerdo a Ananno *et al.* (2018) el cual logra una precisión de 95.03% en la estimación del índice UV por celular utilizando sensor de luz ambiente y Mei *et al.* (2016) logra una estimación del índice UV con un máximo de 3% de desviación estándar por medio de un celular utilizando datos obtenidos de la cámara del celular.

Tabla 3

*Estadísticos de medidas de índice UV*

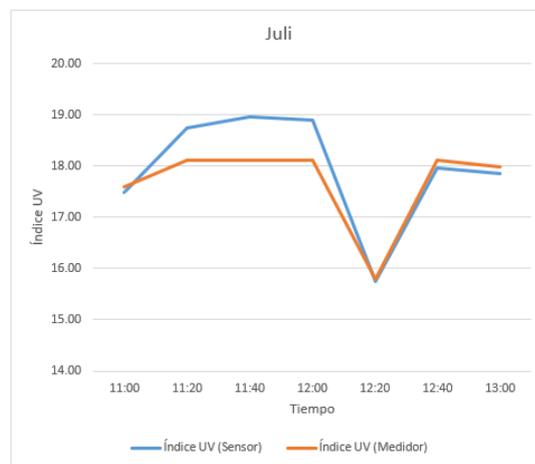
<b>Fechas</b>	<b>MAD</b>	<b>MAPE</b>	<b>r</b>
<b>07/02/2021</b>	0.34	9.74	0.998
<b>17/04/2021</b>	0.30	13.67	0.997
<b>14/06/2021</b>	0.09	4.94	0.999
<b>16/08/2021</b>	0.47	11.68	0.996
<b>15/10/2021</b>	0.34	4.71	0.998
<b>01/12/2021</b>	0.40	7.21	0.998

Para realizar la validación en la región de Puno, sea considerado trece puntos geográficos, considerando las trece provincias de la región de Puno, considerando como referencia los datos de la tabla 1, para lo cual sea utilizado la aplicación móvil de una primera versión el cual se muestra en la figura 22, donde se ha realizado las mediciones en el horario de 11 am a 13pm considerando que es el horario crítico donde se presenta valores de índice ultravioleta extremos en la región de Puno según Huilca *et al.*, (2017). Se muestra en la figura 25 y 26 dos casos de muestreo para las provincias de Juli y Moho, los resultados de las mediciones y su análisis estadístico considerando las ecuaciones (24)-(27) se muestran en la tabla 4, mostrando los resultados de análisis estadísticos de las trece

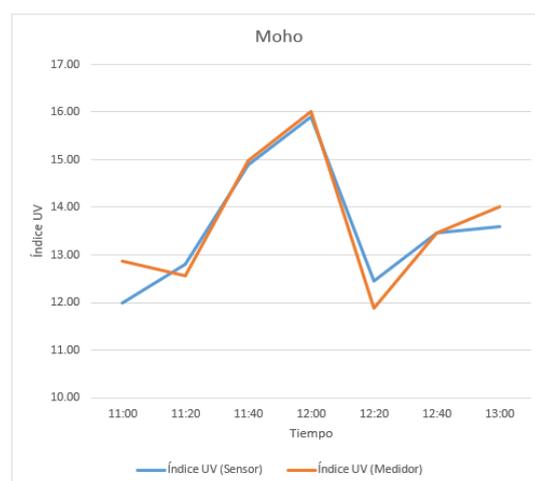
provincias de la región de Puno. Y el comportamiento de las mediciones para Juli y Moho se presentan en la figura 26.



Figura 25. Medidas en Juli y Moho



(a)



(b)

Figura 26. Valores medidos de índice UV (a) Juli y (b) Moho

Tabla 4

*Estadísticos de medidas para la provincia de la región de Puno de índice UV*

N°	Provincia	Lugar	MAD	MAPE	Condición
1	Azángaro	Azángaro	0.994	5.892	C.D.
2	Carabaya	Macusani	0.527	4.363	C.N.
3	Chucuito	Juli	0.386	2.139	C.D.
4	El Collao	Ilave	0.738	5.893	C.D.
5	Huancané	Huancané	0.671	6.195	C.D.
6	Lampa	Lampa	1.243	9.051	C.N.
7	Melgar	Ayaviri	1.217	7.336	C.D.
8	Moho	Moho	0.327	2.521	C.N.
9	Puno	Puno	0.433	2.422	C:D
10	San Antonio de Putina	Putina	0.661	3.760	C.D.
11	San Román	Juliaca	0.267	1.571	C.N
12	Sandia	Sandia	0.285	1.584	C.N.
13	Yunguyo	Yunguyo	0.472	2.863	C.D.

En la tabla 4, C.D. es cielos despejado, C.N. cielo nublado

La región de Puno se encuentra en el altiplano Peruano y parte de la ceja de selva, es por ello el alto nivel de índice UV que se presenta al medio día con medidas de valores extremos de índice UV, como lo manifiesta Huillca *et al.* (2017), y lo reafirma Taipei *et al.* (2021) mostrando valores extremos máximo en la temporada de verano, es por ello la importancia de realizar las mediciones para las trece provincias, mediante un instrumento en tiempo real como la aplicación desarrollada y de esta forma informar a la población para que tome sus precauciones.

Para la recolección de datos en la región de Puno se utilizó varias marcas de celular como Honor, Huawei, Motorala, Poco, Redmi, Samsung, Tecno y Xiaomi, ello porque sea considerado las marcas de celular que los usuarios utilizan, también considerando los celulares en su versión de gama alta, pues los celulares de gama media y baja tienen el sensor de luz ambiente con un rango de medida reducido que dificulta realizar las mediciones de la intensidad de luz del lugar.

Sea considerado tres marcas de celular de gama alta: Huawei P40 Pro, Xiaomi 11T Pro y Samsung Galaxy S22 Ultra con conectividad 5G, para realizar la comparación de medidas en tiempo real para el día 12 de octubre del 2022, en intervalos de una hora para la ciudad

de Juliaca, cuyos resultados se observa en la figura 27, donde se observa que los resultados no difieren significativamente de las medidas de una marca a otra.

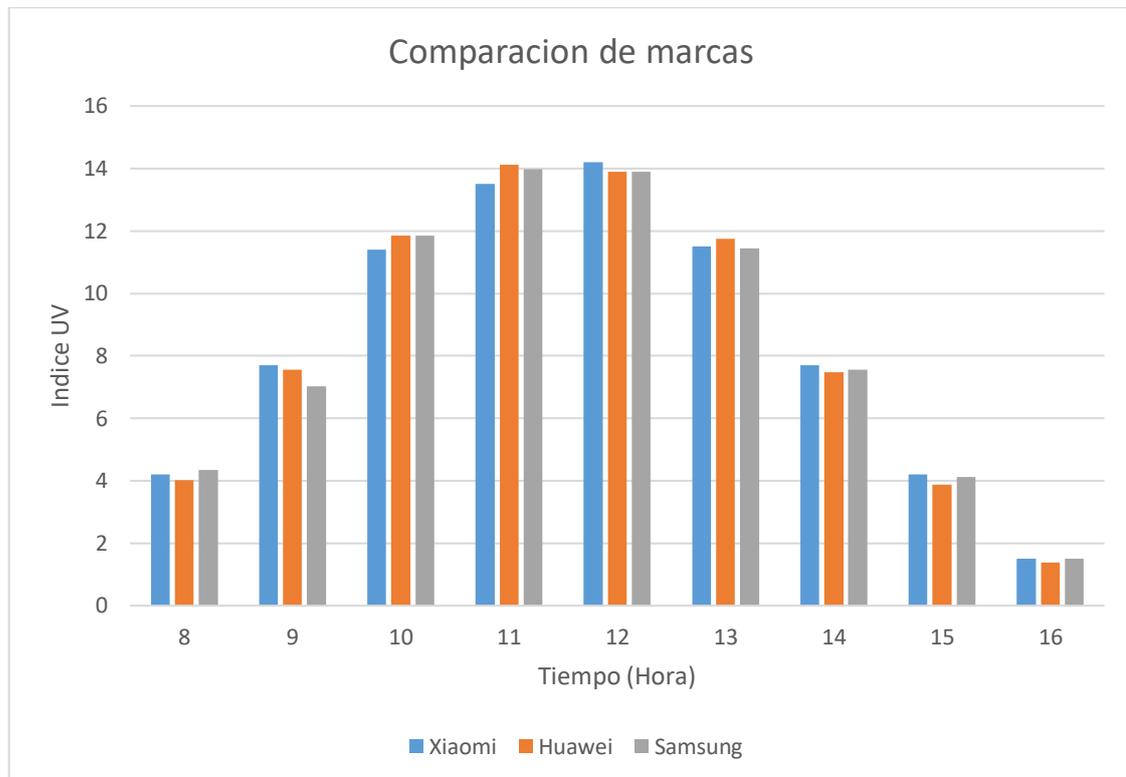


Figura 27. Índice UV para diferentes dispositivos para la ciudad de Juliaca

Los resultados muestra un valor máximo de 14.2 medido por la marca Xiaomi y un valor mínimo de 1.4 medido por la marca Huawei estas medidas son similares puesto que para considerar los niveles de índice UV se consideran valores enteros, se observa algunas diferencias debido al factor de ubicación de los celulares y la medición en forma visual, estos resultados son similares a Ananno *et al.* (2018) el cual también realizo mediciones con tres celulares de marcas Xiaomi, Oppo y Samsung donde afirma que las diferencia entre las medidas de un celular a otro es insignificante.

### 4.3. Prueba de hipótesis

**Ho:** No existen diferencias significativas entre los valores de índice ultravioleta estimados en tiempo real por la app móvil y los estimados por instrumentos portátiles.

**Ha:** Existen diferencias significativas entre los valores de índice ultravioleta estimados en tiempo real por la app móvil y los estimados por instrumentos portátiles.

**Nivel de significancia ( $\alpha$ ):** sea considerado  $\alpha = 0.05$  (5%).

**Intervalo de confianza ( $1 - \alpha$ ):** o nivel de confianza. Si el nivel de significancia es 0.05(5%), entonces el intervalo de confianza es del 0.95 (95%).

**p-valor:** Se calcula el valor por medio de software SPSS para datos de valores medidos por el móvil y el medidor de índice ultravioleta para las trece provincias de la región de Puno, la cual se muestra en la tabla 5. El valor de p-valor es mayor a 0.05

Tabla 5

*p-valor*

N°	Distrito	t	p-valor
1	Azángaro	-1,043	0.337
2	Crucero	0.613	0.562
3	Juli	1.489	0.187
4	Ilave	-1.274	0.250
5	Huancané	-0.194	0.852
6	Lampa	-1.213	0.271
7	Ayaviri	-2.149	0.075
8	Moho	-0.575	0.586
9	Puno	-1.243	0.260
10	Putina	-0.451	0.668
11	Juliaca	-0.154	0.883
12	Cuyo Cuyo	0.679	0.523
13	Yunguyo	0.878	0.414

**Interpretación:** Se tiene que el p-valor es  $> 0,05$  con lo cual se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula, a partir de ello se tiene evidencia para afirmar que no existen diferencias significativas entre los valores de índice ultravioleta estimados por la app móvil con Android Studio y los estimados por instrumentos portátiles tiempo real, ello quiere decir que, las medidas de valores índice ultravioleta por la app móvil y el medidor portátil son similares.

#### 4.4. Discusión de resultados.

##### 4.4.1. Diseño de la aplicación en función a tres ventanas.

La aplicación fue desarrollados en Android Studio como también lo desarrollo Mei *et al.* (2017), la aplicación desarrollada está compuesto de tres pantallas, la pantalla principal, muestra la estimación de índice UV en tiempo real y tres opciones y la indicaciones del nivel del índice UV según la OMS mientras Mei *et al.* (2016) en su pantalla principal muestra la opción del captura de foto del medio ambiente, y Ananno *et al.* (2018) en su pantalla principal muestra cinco opciones en uno de ellos la calcular el radiación ultravioleta, Buller *et al.* (2013) presenta un apantalla donde muestra el nivel de índice UV, la precauciones y tres opciones. En la segunda pantalla se presenta las indicaciones de precaución según el nivel de índice UV según la OMS, mientras en Ananno *et al.* (2018) muestra la foto a considerar para calcular la radiación ultravioleta, Mei *et al.* (2016) muestra la pantalla con el radiación ultravioleta y índice UV considerando el tiempo de explosión a la radiación solar, Buller *et al.* (2013) muestra las precauciones que debe considerar el usuario y el índice UV estimado para el lugar. En la tercera pantalla se muestra la información de la aplicación mientras Mei *et al.* (2016) muestra los resultados de cálculo de radiación ultravioleta calculado por los datos proporcionados por la foto captado del lugar, Ananno *et al.* (2018) muestra una opción de clasificar el tipo de piel del usuario mostrando las opciones. La aplicación de cuenta con tres pantallas básicas de información, con la intención de informar y que el usuario tome sus precauciones según el nivel de índice UV y la información necesaria para informar sobre el cálculo interno para la estimación del índice ultravioleta y el respectivo margen de error en la estimación de los valores.

##### 4.4.2. Método de cálculo de índice UV

La estimación de valores de índice UV mediante la aplicación móvil en puntos geográficos.

Ananno *et al.* (2018) utiliza el sensor de luz ambiente, para estimar la intensidad de luz en unidades de lux para luego utilizar una relación no convencional para convertir en unidades watts para luego determinar el porcentaje de energía de radiación ultravioleta, Mei *et al.* (2016) utiliza la cámara del teléfono celular para tomar fotos

y obtener datos de la abertura y la intensidad de brillo para luego utilizar las ecuaciones ópticas para determinar el índice UV y Morelli *et al.* (2016) utiliza datos satelitales para determinar valores del índice ultravioleta y utiliza el celular como una interfaz para mostrar valores de índice UV. En nuestro trabajo sea considerar los valores medidos por el sensor de luz y también un modelo teórico de estimación de índice ultravioleta para cielos despejados. Y realizaremos mediciones en diferentes puntos geográficos.

Fahrni *et al.* (2011) utiliza el celular como una interfaz de datos que obtiene en forma inalámbrica de una unidad de uso corporal que mide la radiación UV, Igoe *et al.* (2013) usa el celular para monitorizar la energía solar, la radiación ultravioleta y caracterizar respuesta ultravioleta A mediante el sensor de imagen CMOS en la cámara del celular y mostrarlo en la pantalla del celular, Igoe *et al.* (2017) caracteriza las radiación solar ultravioleta B directa fotobiológicamente importantes en condiciones de cielos despejados desarrollando en Android una aplicación que muestra los resultados de los usuarios en el celular, Yang y Rosa (2018) calcula la exposición de luz solar sobre el cuerpo de un individuo por medio de un sensor, los resultado son mostrado en el celular. En la investigación se desarrolló una aplicación en Android estudia utilizando sensor de luz ambiente en unidades lux convirtiendo en watt y considerando el modelo espectral, para luego mostrar en pantalla del celular los resultados de cálculos.

#### **4.4.3. Validación de datos por instrumentos**

Para la validación de las medidas de del índice UV sea considerado un instrumento de comparación de Medidor UV GD-UV06 para la ciudad de Juliaca y trece ubicaciones de la región de Puno considerando el intervalo de tiempo de 11am a 13pm en lapso de 20min. Mientras que Ananno *et al.* (2018) considera dos puntos geográficos Rajshahi y Dhaka en lapso de 5 días y utiliza tres marcas de celular para realizar la toma de datos de índice UV, Mei *et al.* (2017) considera diferentes días despejados, parcial mente nublados y nublados en la validación de datos. En la validación se encontró que las medidas de en la posición geográfica no afecta a la medición, más afecta las condiciones climáticas como los tipos de cielo y la forma de estimación del celular, considerando la posición del sensor de luz ambiente del celular.

#### 4.4.4. Desarrollo de aplicaciones móviles

Muñoz y Bolt (2022) presenta la construcción de un dataset de especies chilenas y el desarrollo de un modelo de clasificación optimizando e implementando una aplicación móvil. Zakharkevich *et al.* (2022) desarrolla un aplicación móvil que apoya el proceso de diseño de ropa interior, Molina *et al.* (2021) realiza una investigación bibliográfica con el objetivo de extraer datos relevantes sobre metodología de desarrollo de aplicación móviles considerando la calidad y tiempo de producción, Mota *et al.* (2018) presenta marco que comprende la herramienta de desarrollo y un método para diseño de las herramientas de autor que permiten a los usuarios crear sus propias aprendizaje de realidad aumentada, Jabangwe *et al.* (2018) muestra las metodologías de desarrollo de aplicaciones móviles, Moreira *et al.* (2020) utiliza las aplicaciones móviles para evaluar las posturas humanas, Pekyürek (2020) desarrolla un aplicación educativa de tamaño mediano para sistema Android utilizando Android Studio, Antti (2020) desarrolla un trabajo sobre conceptos básico de desarrollo de aplicaciones móviles en Android Studio. En desarrollo de la aplicación fue en Android Studio considerando los pasos de la metodología de desarrollo de aplicaciones móviles.

## CONCLUSIONES

Se logró desarrollar una App móvil con Android Studio para medir el índice UV utilizando el sensor de luz ambiental del celular y el modelo espectral de la radiación solar utilizando los datos de posición geografía, día juliano y hora en tiempo real. La aplicación consiste en tres ventanas, considerando la ventana principal donde se muestra el cálculo de índice ultravioleta en tiempo real, mediante el algoritmo de estimación de índice UV dependiente de la estimación de índice UV por el sensor de luz ambiente y el modelo teórico espectral de la radiación solar en superficies horizontal para cielos despejados. Obteniendo valores semejantes con los equipos portátiles.

Se logró realizar la validación de los valores estimados de índice UV por la App móvil desarrollado, considerando trece puntos geográficos de la región de Puno, utilizando un celular con la App móvil con Android Studio y un instrumento portátil medidor UV GD-UV06 logrando un error menor a 9.051% considerando la totalidad de días nublado, parcialmente nublados y despejados.

Se logró implementar una App móvil con Android Studio para medir el índice UV utilizando el sensor de luz ambiental del celular y el modelo espectral de la radiación solar utilizando los datos de posición geografía, día juliano y hora en tiempo real, para la instalación en cual dispositivo móvil con sistema Android de alta gama.



## RECOMENDACIONES

Desarrollar aplicaciones móviles, considerando otro software diferente a Android Studio, para realizar la comparación en cuanto a rendimiento de las medidas en función a los sensores con los que cuenta los teléfonos celulares, considerando celulares de gama alta y baja.

En el desarrollo del algoritmo que permite estimar el índice ultravioleta en función a valores de la intensidad de luz, es un ajuste estadístico que depende de los datos considerados para el análisis, es por ello mejorar la relación con una mayor cantidad de datos considerando diferentes lugares para variar en cambio climático y optimizar el modelo.

Implementar aplicaciones móviles que involucre a todos los sistemas (Android, iOS y otros), afín de consolidar la versatilidad de la aplicación móvil.



- Knispel, S., von Kalle, C., Stoffels, I., Schadendorf, D., Nakamura, Y., Esser, S., Assis, A. y Breno, B. S. (2018). A skin cancer prevention facial-aging mobile app for secondary schools in Brazil: Appearance-focused interventional study. *Journal of Medical Internet Research*, 20(3), e60. <https://doi.org/10.2196/mhealth.9794>
- Buller, D. B., Berwick, M., Lantz, K., Buller, M. K., Shane, J., Kane, I. y Liu, X. (2015). Smartphone mobile application delivering personalized, real-time sun protection advice: A randomized clinical trial. *JAMA Dermatology*, 151(5), 497-504. <https://doi.org/10.1001/jamadermatol.2014.3889>
- Buller, D. B., Berwick, M., Shane, J., Kane, I., Lantz, K. y Buller, M. K. (2013). User-centered development of a smart phone mobile application delivering personalized real-time advice on sun protection. *Translational Behavioral Medicine*, 3(3), 326-334. <https://doi.org/10.1007/s13142-013-0208-1>
- Congreso de la Republica de Perú. (2013). *Ley 30102, Ley que dispone medidas preventivas contra los efectos nocivos para la salud por la exposición prolongada a la radiación solar.* Recuperado de: <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/ley-que-dispone-medidas-preventivas-contra-los-efectos-nociv-ley-n-30102-1010103-1/>
- de Oliveira, H. J. S., de Almeida, P. L., Sampaio, B. A., Fernandes, J. P. A., Pessoa-Neto, O. D., de Lima, E. A. y de Almeida, L. F. (2017). A handheld smartphone-controlled spectrophotometer based on hue to wavelength conversion for molecular absorption and emission measurements. *Sensors and Actuators, B: Chemical*, 238, 1084-1091. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2016.07.149>
- Duffie, J. A., Beckman, W. A. y Blair, N. (2020). *Solar Engineering of Thermal Processes, Photovoltaics and Wind* (Wiley (Ed.); Quinta).
- Fahrni, T., Kuhn, M., Sommer, P., Wattenhofer, R. y Welten, S. (2011). Sundroid: Solar radiation awareness with smartphones. *UbiComp'11 - Proceedings of the 2011 ACM Conference on Ubiquitous Computing*, 365-374. <https://doi.org/10.1145/2030112.2030162>
- Gallagher, R. P. y Lee, T. K. (2006). Adverse effects of ultraviolet radiation : A brief review. *Progress in Biophysics and Molecular Biology* 92, 92, 119-131. <https://doi.org/10.1016/j.pbiomolbio.2006.02.011>
- Ghahramani, M., Zhou, M. y Wang, G. (2020). Urban sensing based on mobile phone data: Approaches, applications, and challenges. *IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica*, 7(3), 627-637. <https://doi.org/10.1109/JAS.2020.1003120>

- Grifoni, D., Carreras, G., Sabatini, F. y Zipoli, G. (2005). UV hazard on a summer's day under Mediterranean conditions, and the protective role of a beach umbrella. *International Journal of Biometeorology*, 50(2), 75-82. <https://doi.org/10.1007/s00484-005-0278-y>
- Hernández-Sampieri, R. y Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill Interamericana. Recuperado de: [https://books.google.com.pe/books?id=GH1dwAEACAAJ&dq=libro+%2B+metodologia+de+investigacion&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiW9\\_mymMTjAhXEplkKHYY0yBHAQ6AEIKDAA](https://books.google.com.pe/books?id=GH1dwAEACAAJ&dq=libro+%2B+metodologia+de+investigacion&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiW9_mymMTjAhXEplkKHYY0yBHAQ6AEIKDAA)
- Hernández E., K., Morera R., R. y Wright G, Vj. (2014). Medición y cálculo del índice ultravioleta en Costa Rica. *Temas Meteorológicos y Oceanográficos*, 41-55. Recuperado de: <https://www.imn.ac.cr>
- Hernández, K., Morera, R. y Wright, J. (2014). Medición y cálculo del índice ultravioleta en Costa Rica. *Tópicos Meteorológicos Y Oceanográficos*, 2, 41-55.
- Huillca, Matias y Taípe, C. (2015). Modelo Paramétrico De La Radiación Ultravioleta Global Para Cielos Claros En La Ciudad De Puno. *Revista Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Investigation*, 17(1), 2-11. <https://doi.org/10.18271/ria.2015.89>
- Huillca, Matías y Taípe, C. (2018). Estimación y análisis del índice ultravioleta en la ciudad de Puno durante el periodo de setiembre del 2015 a setiembre del 2016. *Ñawparisun - Revista de Investigación Científica*, 1(1). Recuperado de: <http://www.unaj.edu.pe/revista/index.php/vpin/article/view/4>
- Huillca, Matías, Taípe, C. W. y Saavedra, M. (2017). Índice Ultravioleta en la ciudad de Puno para cielos claros. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 19(2), 211-218. <https://doi.org/10.18271/ria.2017.280>
- Igoe, D. P., Amar, A., Parisi, A. V. y Turner, J. (2017). Characterisation of a smartphone image sensor response to direct solar 305 nm irradiation at high air masses. *Science of the Total Environment*, 587-588, 407-413. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.02.175>
- Igoe, D., Parisi, A. y Carter, B. (2013). Characterization of a smartphone camera's response to ultraviolet a radiation. *Photochemistry and Photobiology*, 89(1), 215-218. <https://doi.org/10.1111/j.1751-1097.2012.01216.x>
- Igoe, Damien P., Parisi, A. V. y Carter, B. (2013). Evaluating UVA aerosol optical depth using a smartphone camera. *Photochemistry and Photobiology*, 89(5), 1244-1248.

- <https://doi.org/10.1111/php.12082>
- Jabangwe, R., Edison, H. y Duc, A. N. (2018). Software engineering process models for mobile app development: A systematic literature review. *Journal of Systems and Software, 145*(July), 98-111. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2018.08.028>
- Kojo, A. (2020). *Developing a mobile software with Android Studio* [Hämeenlinna University Centre]. Recuperado de: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/494567/Antti\\_Kojo\\_Opinn%E4ytety%F6.pdf?sequence=2](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/494567/Antti_Kojo_Opinn%E4ytety%F6.pdf?sequence=2)
- Kunz, B. A., Cahill, D. M., Mohr, P. G., Osmond, M. J. y Vonarx, E. J. (2006). Plant Responses to UV Radiation and Links to Pathogen Resistance. *International Review of Cytology, 255*(06), 1-40. [https://doi.org/10.1016/S0074-7696\(06\)55001-6](https://doi.org/10.1016/S0074-7696(06)55001-6)
- Leckner, B. (1978). The spectral distribution of solar radiation at the earth's surface-elements of a model. *Solar Energy, 20*(2), 143-150. [https://doi.org/10.1016/0038-092X\(78\)90187-1](https://doi.org/10.1016/0038-092X(78)90187-1)
- Mantilla, M. C. G., Ariza, L. L. C. y Delgado, B. M. (2014). Metodología para el desarrollo de aplicaciones móviles. *Revista Tecnura, 18*(40), 20-35. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2014.2.a02>
- Martin, G., Khajuria, A., Arora, S., King, D., Ashrafian, H. y Darzi, A. (2019). The impact of mobile technology on teamwork and communication in hospitals: a systematic review. *Journal of the American Medical Informatics Association, 26*(4), 339-355. <https://doi.org/10.1093/JAMIA/OCY175>
- McCarty, C. y Taylor, H. R. (2021). Light and Risk for Age-Related Eye Diseases. *NUTRITIONAL and ENVIRONMENTAL INFLUENCES on the EYE, 135-150*. <https://doi.org/10.1201/9781003208785-8>
- Mei, B., Cheng, W. y Cheng, X. (2016). Fog computing based ultraviolet radiation measurement via smartphones. *Proceedings - 3rd Workshop on Hot Topics in Web Systems and Technologies, HotWeb 2015, 79-84*. <https://doi.org/10.1109/HotWeb.2015.16>
- Mei, B., Li, R., Cheng, W., Yu, J. y Cheng, X. (2017). Ultraviolet Radiation Measurement via Smart Devices. *IEEE Internet of Things Journal, 4*(4), 934-944. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2017.2717845>
- Molina Ríos, J. R., Honores Tapia, J. A., Pedreira-Souto, N. y Pardo León, H. P. (2021). Estado del arte: metodologías de desarrollo de aplicaciones móviles. *3C Tecnología\_Glosas de innovación aplicadas a la pyme, 10*(2), 17-45.

- <https://doi.org/10.17993/3ctecno/2021.v10n2e38.17-45>
- Moraes, M. (2019). *Interaction between vitamin D supplementation and sunlight exposure in women living in opposite latitudes (the D-SOL study)*. University of Surrey.
- Moreira, R., Teles, A., Fialho, R., Baluz, R., Santos, T. C., Goulart-Filho, R., Rocha, L., Silva, F. J., Gupta, N., Bastos, V. H. y Teixeira, S. (2020). Mobile applications for assessing human posture: A systematic literature review. *Electronics (Switzerland)*, 9(8), 1-24. <https://doi.org/10.3390/electronics9081196>
- Morelli, M., Masini, A., Simeone, E. y Khazova, M. (2016). Validation and: In vivo assessment of an innovative satellite-based solar UV dosimeter for a mobile app dedicated to skin health. *Photochemical and Photobiological Sciences*, 15(9), 1170-1175. <https://doi.org/10.1039/c6pp00129g>
- Mota, J. M., Ruiz-Rube, I., Dodero, J. M. y Arnedillo-Sánchez, I. (2018). Augmented reality mobile app development for all. *Computers and Electrical Engineering*, 65, 250-260. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2017.08.025>
- Mouillet, V., Farcas, F. y Besson, S. (2008). Ageing by UV radiation of an elastomer modified bitumen. *Fuel*, 87, 2408-2419. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2008.02.008>
- Muñoz Villalobos, I. A. y Bolt, A. (2022). Diseño y desarrollo de aplicación móvil para la clasificación de flora nativa chilena utilizando redes neuronales convolucionales. *AtoZ: novas práticas em informação e conhecimento*, 11, 1. <https://doi.org/10.5380/atoz.v11i0.81419>
- Neale, R. E., Lucas, R. M., Byrne, S. N., Hollestein, L., Rhodes, L. E., Yazar, S., Young, A. R., Berwick, M., Ireland, R. A. y Olsen, C. M. (2023). The effects of exposure to solar radiation on human health. En *Photochemical and Photobiological Sciences*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/s43630-023-00375-8>
- OMS. (2003). *Índice UV solar mundial: guía práctica*. Recuperado de: <http://www.who.int/uv>
- PALMERA. (2023). *Ley 30102: Todo acerca de Su correcto cumplimiento (2022)*. Recuperado de: <https://palmera.pe/ley-30102/>
- Pekyürek, M. F. (2020). Comparison of Performance of Mobile Application Developed in MIT App Inventor and Android Studio. *Bilgi ve İletişim Teknolojileri Dergisi/Journal of Information and Communication Technologies*, 2(2), 161-181. Recuperado de: <https://dergipark.org.tr/en/pub/bited/issue/58421/756032>
- Petty, G. W. (2006). *A first course in atmospheric radiation* (Segunda).

- Poveda, W. D. (2020). *Validación De La Radiación Solar En Superficie Para La Región Orinoquía a Partir De Imágenes De Satélite Wilmar Darío Poveda Matallana* [Universidad Nacional de Colombia]. Recuperado de: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/77981/1014179048.2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Quansah, A. D., Dogbey, F., Asilevi, P. J., Boakye, P., Darkwah, L., Oduro-Kwarteng, S., Sokama-Neuyam, Y. A. y Mensah, P. (2022). Assessment of solar radiation resource from the NASA-POWER reanalysis products for tropical climates in Ghana towards clean energy application. *Scientific Reports*, 12(1), 1-11. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-14126-9>
- Rivas, M., Calaf, G. M., Laroze, D., Rojas, E., Mendez, J., Honeyman, J. y Araya, M. C. (2020). Solar ultraviolet A radiation and nonmelanoma skin cancer in Arica, Chile. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 212, 112047. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2020.112047>
- Salvadori, G., Leccese, F., Lista, D., Burattini, C. y Bisegna, F. (2020). Use of smartphone apps to monitor human exposure to solar radiation: Comparison between predicted and measured UV index values. *Environmental Research*, 183(October 2019), 109274. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109274>
- Sánchez-Pérez, J. F., Vicente-Agullo, D., Barberá, M., Castro-Rodríguez, E. y Cánovas, M. (2019). Relationship between ultraviolet index (UVI) and first-, second- and third-degree sunburn using the Probit methodology. *Scientific Reports*, 9(1), 1-13. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-36850-x>
- SENAMHI - Perú. (2023). *Pronóstico de radiación UV máximo (cielo despejado y mediodía solar) a nivel nacional*. Recuperado de: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=radiacion-uv>
- Sweet, M., Kirkham, N., Bendall, M., Currey, L., Bythell, J. y Heupel, M. (2012). Evidence of melanoma in wild marine fish populations. *PLoS ONE*, 7(8). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0041989>
- Taipe, C., Huillca, M., Mendoza, E. G. y Gallegos, J. R. (2022). Aplicación móvil para determinar el índice ultravioleta en condiciones de cielos despejados. *Ingenierías USBMed*, 13(1), 3-8. <https://doi.org/10.21500/20275846.4333>
- Taipe, C., Huillca, M., Mendoza, E. y Gallegos, J. (2019). Comportamiento de la columna total de ozono obtenidos por el sensor EPTOMS de la NASA para la ciudad de Puno periodo 2005-2017. *Ingenierías USBMed*, 10(2), 25-30.

- <https://doi.org/10.21500/20275846.4057>
- Taipe, C., Mendoza, E. G., Gallegos, J. R., Flores, H. H., Enriquez, V., Huanca, J. R. y Huilca, M. (2023). App to estimate the ultraviolet index in real time in the region of Puno , Peru App para estimar el índice ultravioleta en tiempo real en la región de Puno , Perú. *21st LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology*, 1-8. <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2023.1.1.665>
- Taipe, C. W., Mendoza, E. G. y Flores, H. H. (2021). Validation of ultraviolet index data from the Ozone Monitoring Instrument (OMI) based on measurements from meteorological stations in the city of Puno. *Journal of Physics: Conference Series*, *1841*(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1841/1/012005>
- Tomás, J. y Lloret, J. (2022). *El gran libro de Android* (Marcombo (Ed.); 9a edición).
- Torres, O., Tanskanen, A., Veihelmann, B., Ahn, C., Braak, R., Bhartia, P. K., Veeffkind, P. y Levelt, P. (2007). Aerosols and surface UV products from Ozone Monitoring Instrument observations: An overview. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, *112*(D24). [https://doi.org/10.1029/2007JD008809@10.1002/\(ISSN\)2169-8996.AURA1](https://doi.org/10.1029/2007JD008809@10.1002/(ISSN)2169-8996.AURA1)
- Väkiparta, M. (2017). *Android sovelluskehityksen perusteet Android Studiolla*. Hämeenlinna University Centre.
- Viinamäki, K. (2020). *Kadunnimiä ja -numeroita tunnistava ja paikantava android-sovellus*.
- Wolf, S. T., Kenney, L. E. y Kenney, W. L. (2020). Ultraviolet Radiation Exposure, Risk, and Protection in Military and Outdoor Athletes. *Current sports medicine reports*, *19*(4), 137-141. <https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000702>
- Yang, G. Z. y Rosa, B. M. G. (2018). A wearable and battery-less device for assessing skin hydration level under direct sunlight exposure with ultraviolet index calculation. *2018 IEEE 15th International Conference on Wearable and Implantable Body Sensor Networks, BSN 2018, 2018-Janua*(March), 201-204. <https://doi.org/10.1109/BSN.2018.8329693>
- Zakharkevich, O., Koshevko, J., Shvets, G., Kuleshova, S., Bazyliuk, E., Paraska, O. y Kazlacheva, Z. (2022). Development of the Mobile Application to Calculate Parameters of Underwear Patterns. *Materials Research Proceedings*, *24*, 309-315. <https://doi.org/10.21741/9781644902059-45>
- Zhang, L., Hartwell, L., Jr, A., Vaughan, M. M., Hauser, B. A. y Boote, K. J. (2014). Agricultural and Forest Meteorology Solar ultraviolet radiation exclusion increases

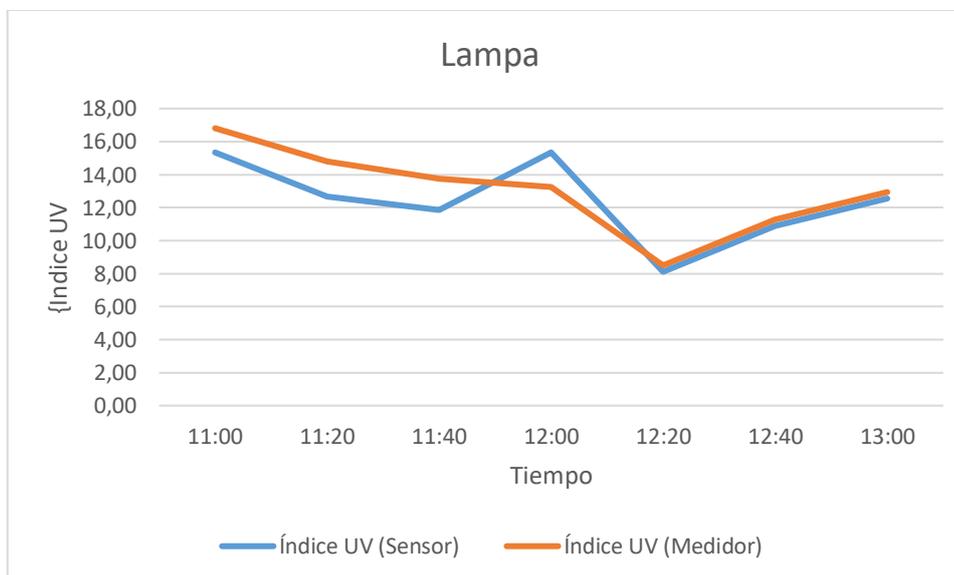
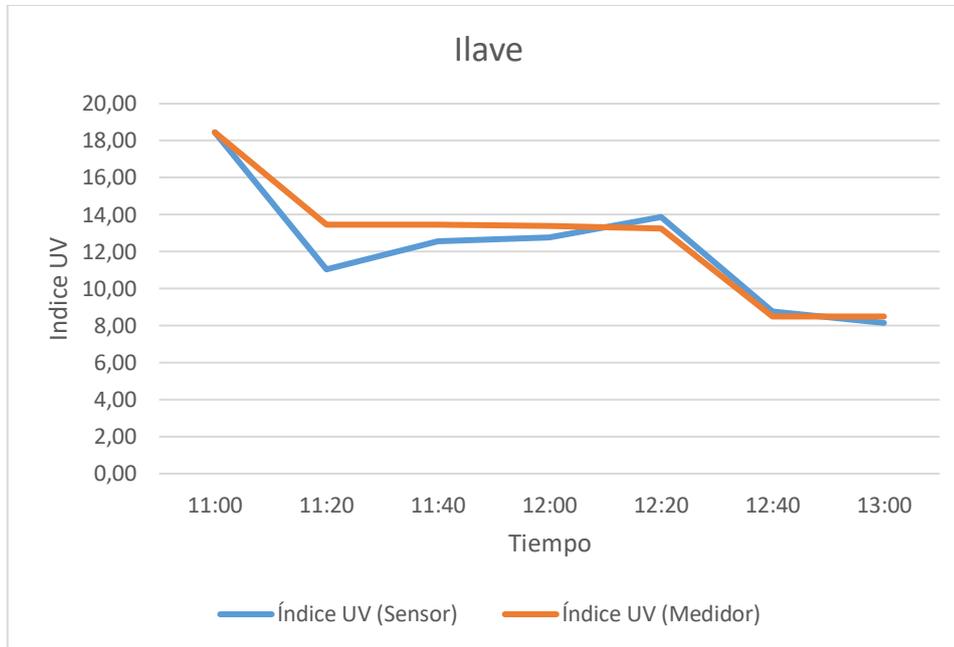


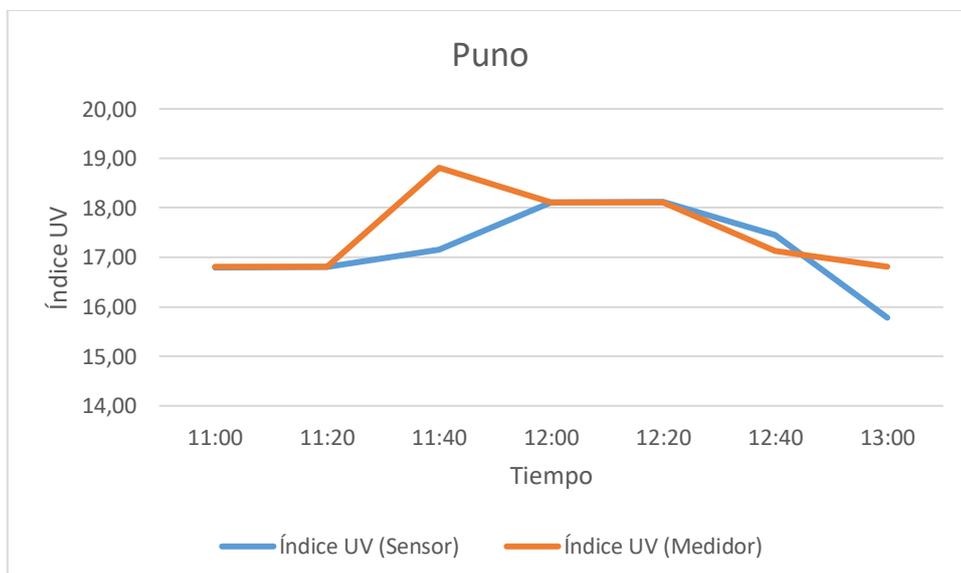
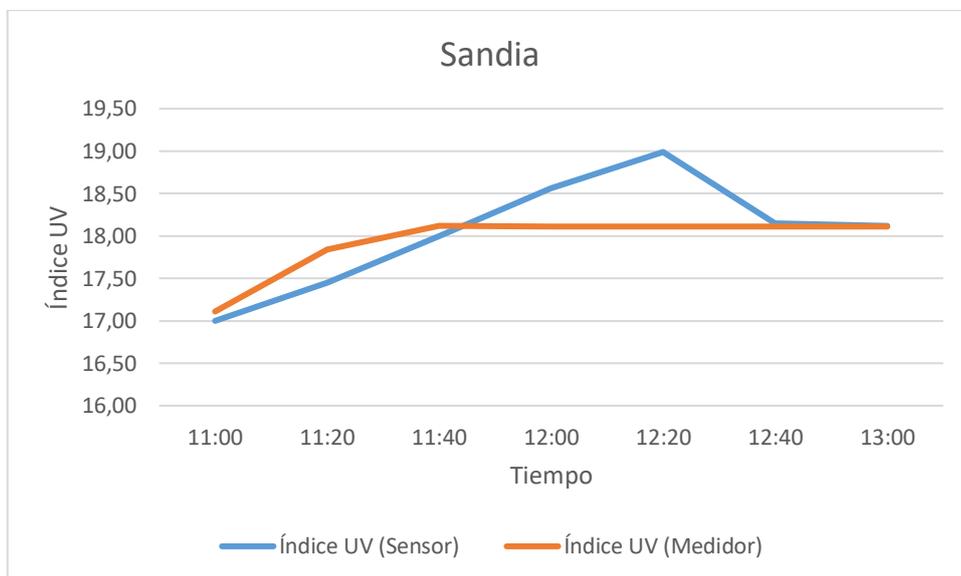
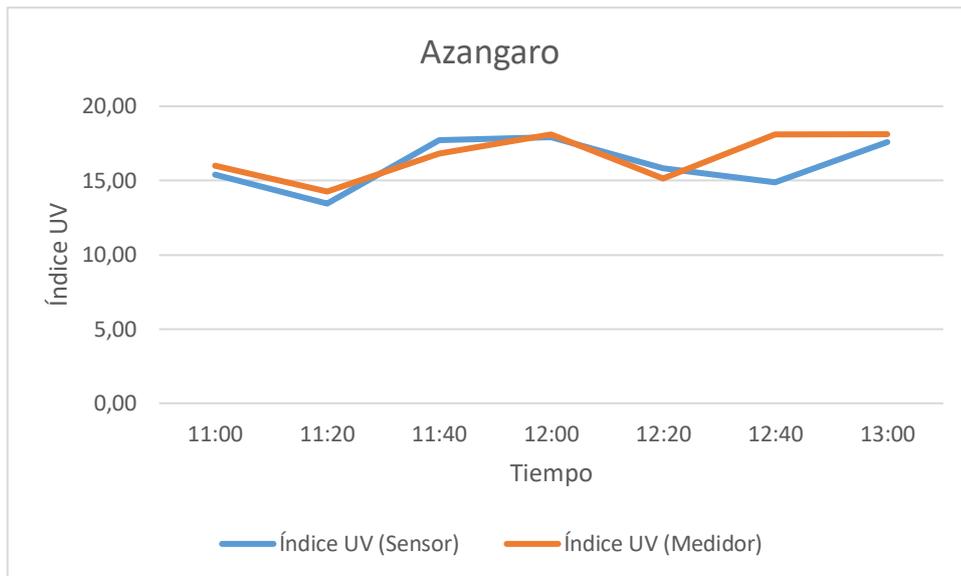
soybean internode lengths and plant height. *Agricultural and Forest Meteorology*,  
184(July 2011), 170-178. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2013.09.011>

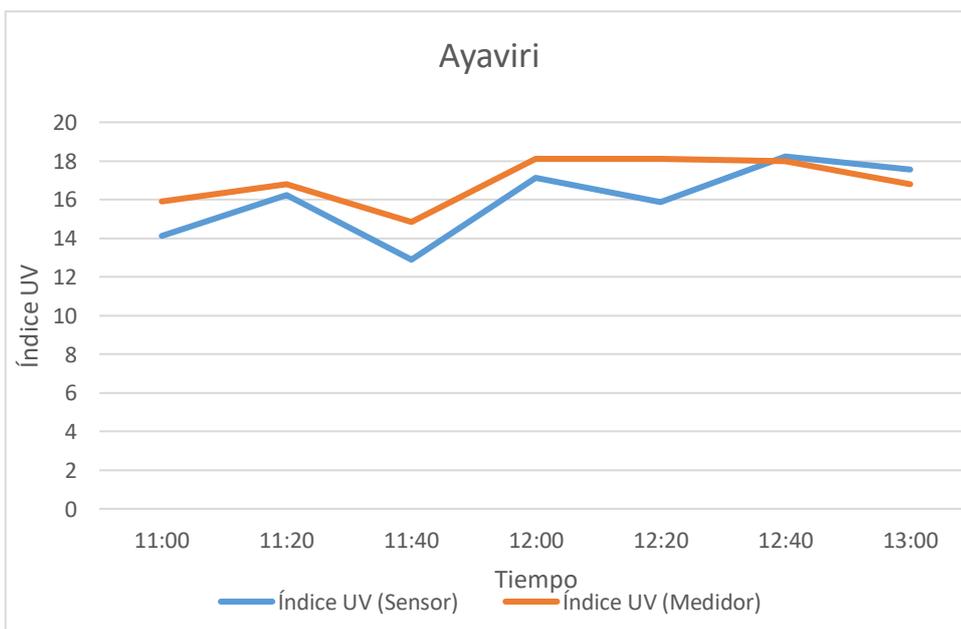
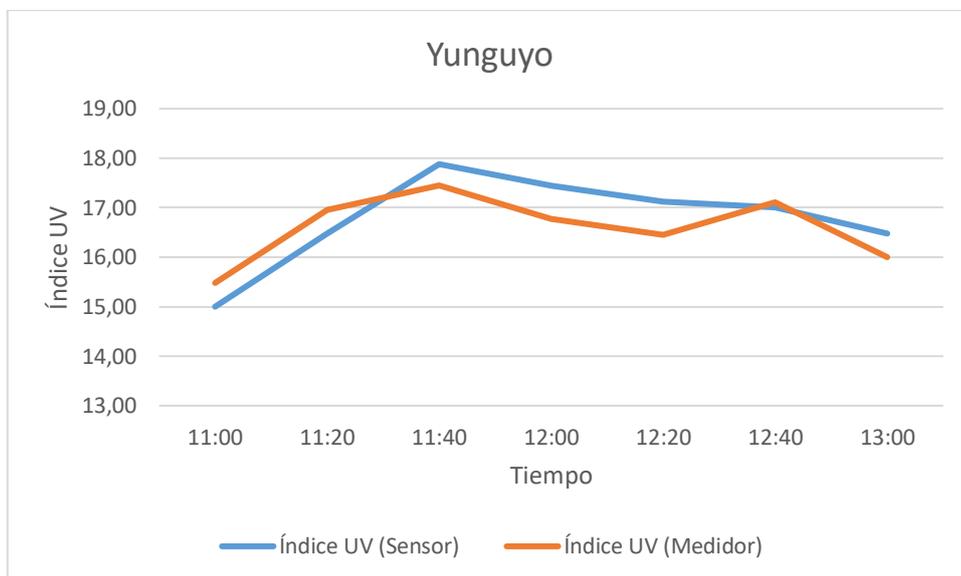
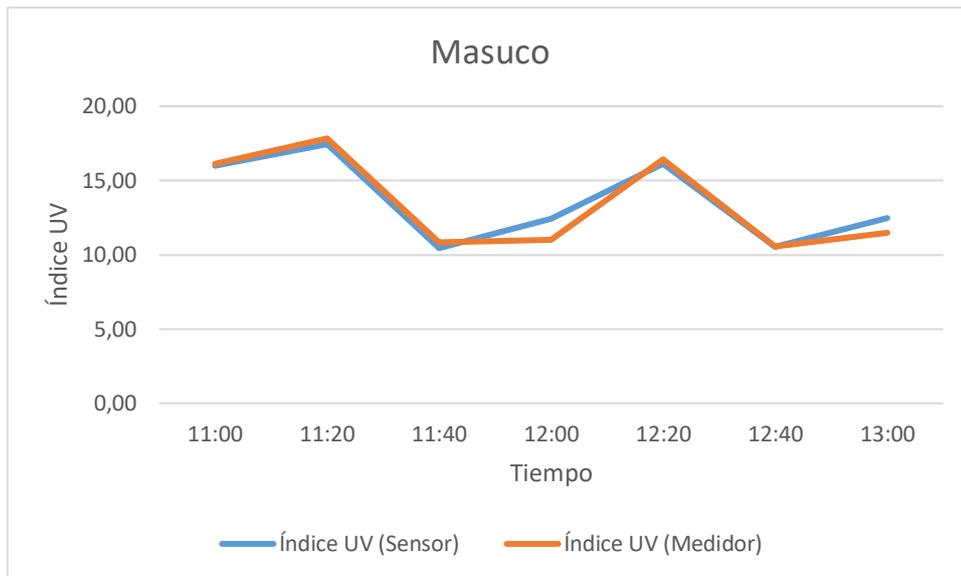
## ANEXOS

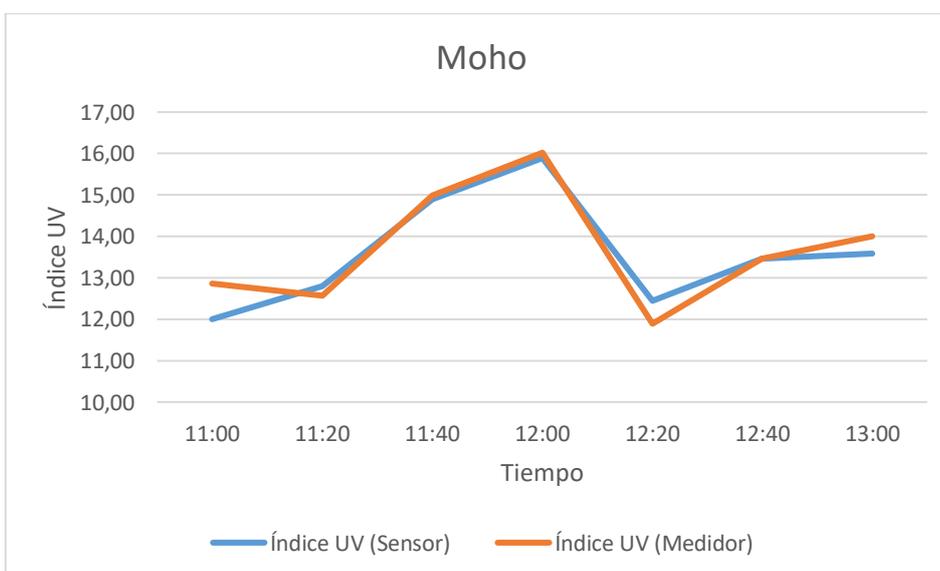
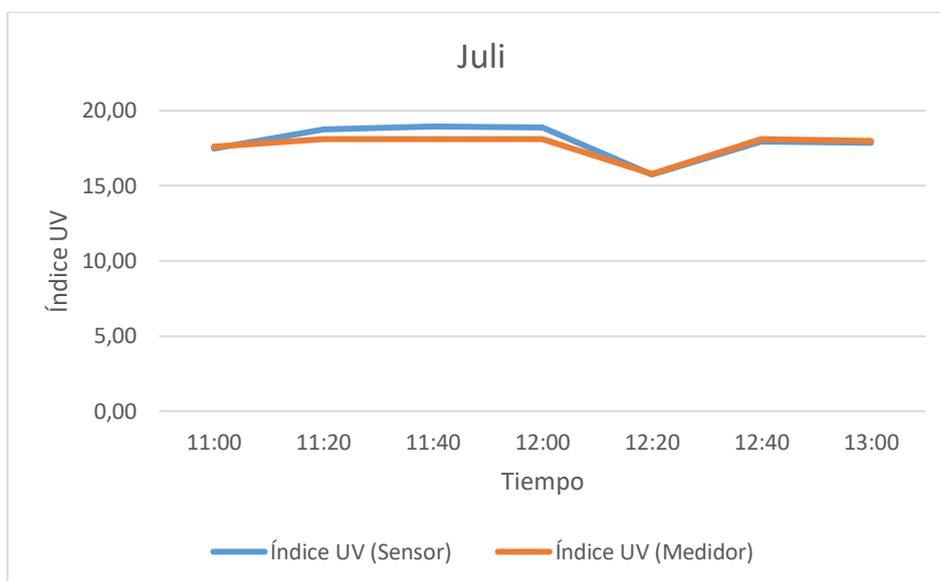
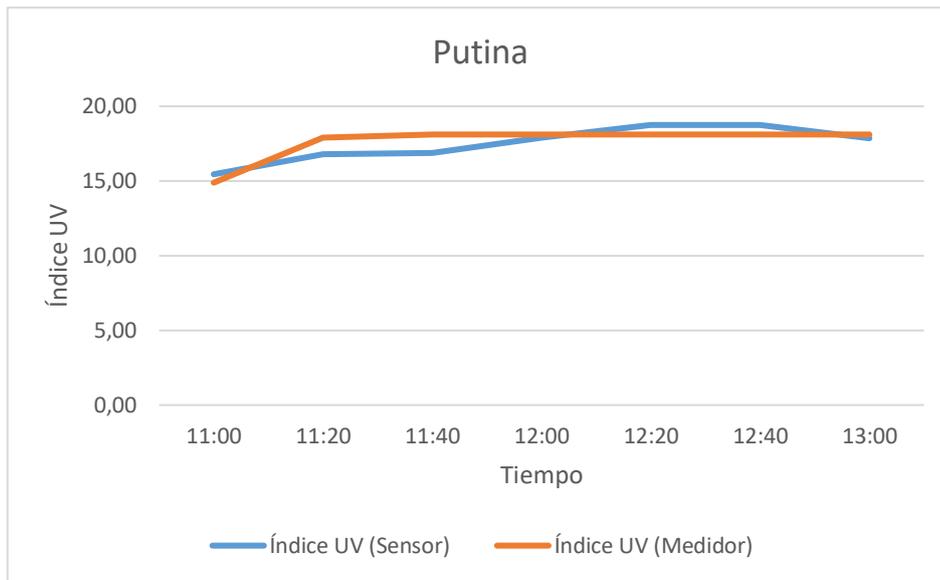
### Anexo 1. Datos tomados en las regiones

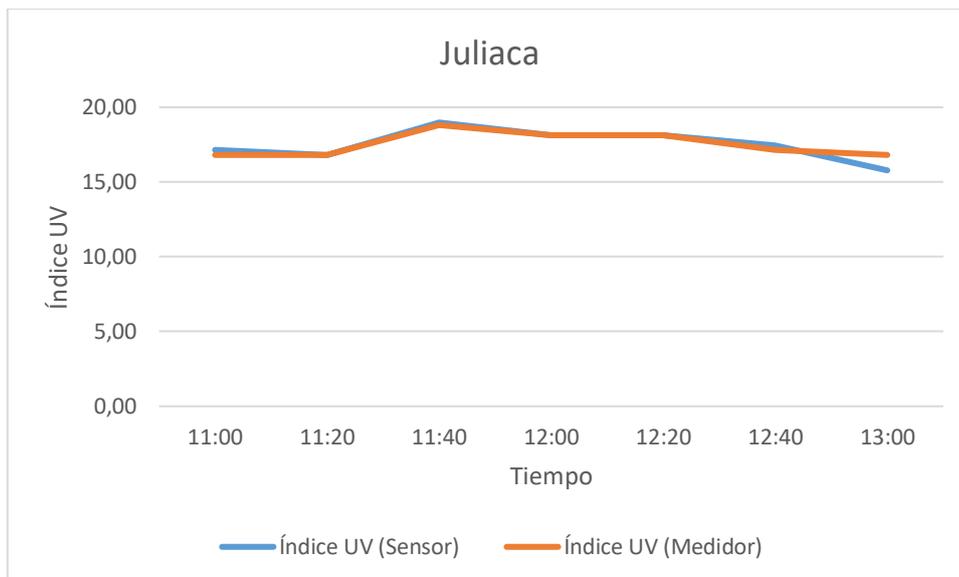
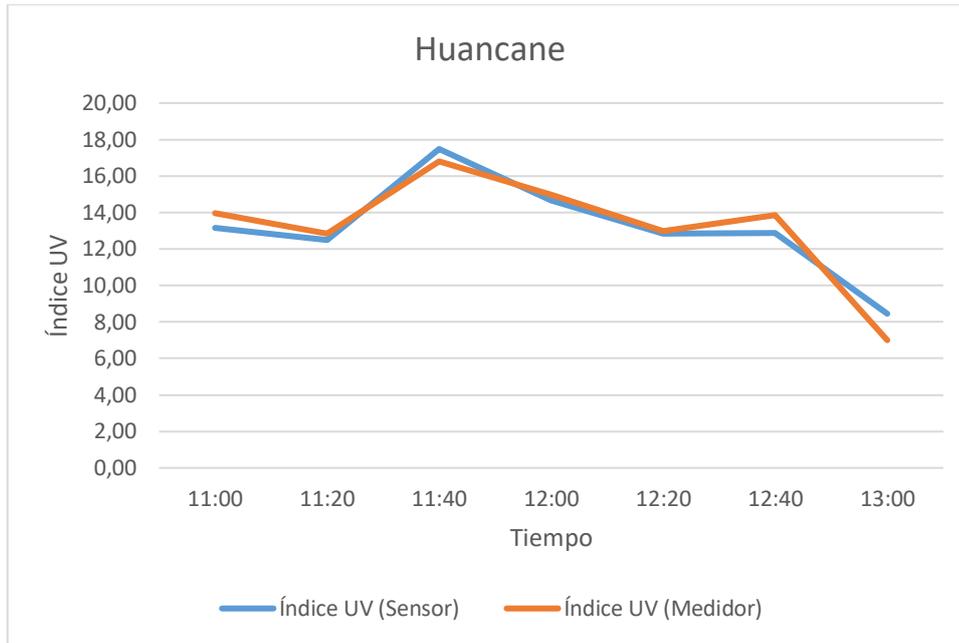
Se muestra los gráficos de medidas por cada punto:











## Anexo 2. Imágenes de muestras en la región

Imágenes del muestre en la región de Puno

<p style="text-align: center;"><b>Azángaro/ Azángaro</b></p> 	<p style="text-align: center;"><b>Carabaya/ Crucero</b></p> 
<p style="text-align: center;"><b>Chucuito/ Juli</b></p> 	<p style="text-align: center;"><b>El Collao/ Ilave</b></p> 
<p style="text-align: center;"><b>Huancané/ Huancané</b></p> 	<p style="text-align: center;"><b>Lampa/ Lampa</b></p> 

Melgar/ Ayaviri	Moho/ Moho
Puno/ Puno	San Antonio de Putina/ Putina
San Román/ Juliaca	Sandia/ San Pedro de Putina Punco

**Yunguyo/ Yunguyo**



**Carabaya/Macusani**



### Anexo 3. Marca y modelo

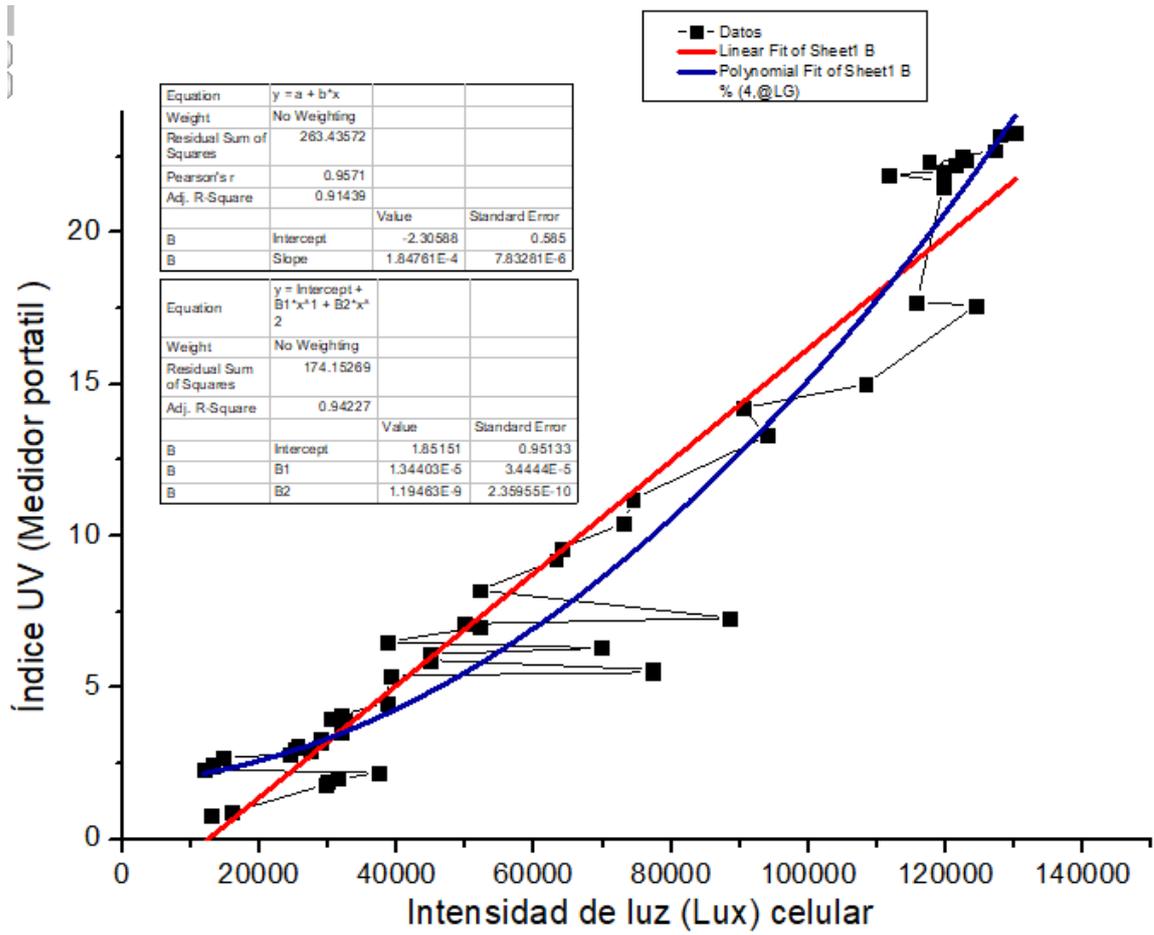
Algunas marcas utilizadas en la evaluación de la aplicación

MARCA	MODELO	Lux
Redmi	Note 8	17243.219
Xiaomi	Mi 11 litte G5	178431.800
Tecno	Camón 16	13911.120
Samsung	A71	141351.969
Samsung	GALAXY A50	137818.000
Tecno spark 8c	SPARK 8C	152964.000
Samsung	SM-J415G	117896.000
Motorola	G8 plus	174722.906
Samsung	A53	148597.000
Xiaomi	REDMI NOTE 10 PRO CN.	147541.000
Samsung	Galaxy A32	141631.000
Samsung	Galaxy A21s	141036.000
Huawei	P10	138092.000
Samsung	SM-A705MN	137316.000
Xiomi	Redmi Note 10 Pro	133472.516
<i>Xiaomi</i>	11T Pro	111939.000
Xiaomi	Redmi note 9	108751.234
Huawei	Y8S	101782.000
Huawei	Y9 Prime 2019	100000.000
Xiaomi	MI NOTE 10 LITE	99609.211
Zte blade v20 smart	ZTE 8010	78376.000
Redmi	NOTE 10 PRO	76203.508
Xiaomi	Poco X3 Pro	65535.012
Xiaomi	Poco X3 Pro	65535.012
Xiaomi	POCO X3 Pro	65535.012
Honor	HONOR X8	65535.000
Xiaomi	Redmi note 11	65535.000
Xiaomi	REDMI NOTE 10S	65535.000
Xiaomi	Note 11s	65535.000
Xiaomi	Redmi Note 10S	65534.000
Xiaomi	Redmi note 10 pro	64950.426



MARCA	MODELO	Lux
Xiaomi	REDMI NOTE 11	57434.000
Xiaomi	redmi9c	51347.000
Samsung	Galaxy A52 5G	50000.020
Samsung	Galaxy A22 5G	39406.000
Xaomi	REDMI NOTE 9	39406.000
Samsung	Galaxy A03	35900.000
Motorola	Moto g7 power	32768.000
Samsung	SM-A305G	31929.000
Samsung	Galaxy A10s	27524.000
Xiaomi	Redmi note 9 pro	20540.656
Samsung	A20s	17243.219
Poco	X3 GT	9760.000
<i>Xiaomi</i>	<i>redmi 9</i>	<i>9358.000</i>
Redmi	9A	5333.000
Samsung	Galaxy A 01	3276.000

### Anexo 4. Curva de ajuste lineal y cuadrático



## DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo CIRO WILLIAM TAIPE HUAMÁN,  
identificado con DNI 43767165 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado  
DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:

“IMPLEMENTACIÓN DE UNA APP MÓVIL PARA ESTIMAR EL  
ÍNDICE ULTRAVIOLETA EN TIEMPO REAL”

Es un tema original.

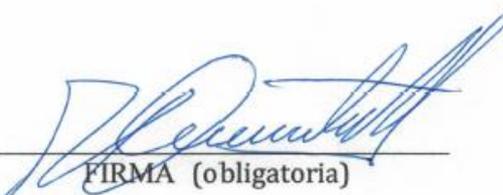
Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 01 de DICIEMBRE del 2023

  
FIRMA (obligatoria)



Huella



## AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo CIRO WILLIAM TAÍPE HUAMÁN,  
identificado con DNI 43767165 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN,  
informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:

“ IMPLEMENTACIÓN DE UNA APP MÓVIL PARA ESTIMAR EL  
ÍNDICE ULTRAVIOLETA EN TIEMPO REAL ”

para la obtención de  Grado,  Título Profesional o  Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

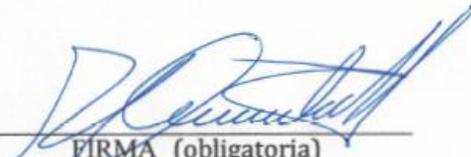
En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 01 de DICIEMBRE del 2023

  
FIRMA (obligatoria)



Huella