
Aplicación móvil para determinar el índice ultravioleta

Mobile application to determine the ultraviolet index

Ciro William Taipe Huaman
c.taipe@unaj.edu.pe - Universidad Nacional de Juliaca
Matias Huilca Arbieta
mhuilca@unap.edu.pe - Universidad Nacional del Altiplano
Eva Genoveva Mendoza Mamani
eg.mendoza@unaj.edu.pe - Universidad Nacional de Juliaca
Julio Rumualdo Gallegos Ramos
juliogallegos01@gmail.com - Universidad Nacional de Juliaca

Resumen

La presente investigación, se enfoca en desarrollar una aplicación móvil para determinar el índice ultravioleta (IUV) en la región de Puno, el cual se desarrolló en la plataforma ANDROID para la metodología de desarrollo de aplicaciones móviles. La aplicación ha sido puesta en evaluación, para garantizar que los datos calculados sean lo más próximos a lo real y de esta manera informar a los usuarios. Para el desarrollo de la aplicación móvil se ha utilizado herramientas de programación de alto nivel, de última generación, tipo Android Studio, el cual nos provee de simuladores de móviles. Y para el desarrollo del algoritmo que nos permita calcular el índice ultravioleta se utilizó las ecuaciones de Iqbal, Spencer y Hernández, los cuales se implementan en código. Para la validación de los datos calculados se utilizó el coeficiente de correlación entre los datos calculados por el móvil y el modelo TUV para la ciudad de Puno, obteniéndose valores de correlación mayores a $r=0.98$.

Palabras claves: *Aplicaciones, índice UV, móvil, Puno.*

Abstract

This research focuses on developing a mobile application to determine the ultraviolet index (IUV) in the region of Puno, which was developed on the ANDROID platform and applies the methodology for developing mobile applications. The application has been put in evaluation, to guarantee that the calculated data are as close as possible to the real thing and in this way inform the users. For the development of the mobile application has been used high-level programming tools, of the latest generation, Android Studio type, which provides us with mobile simulators. And for the development of the algorithm that allows us to calculate the ultraviolet index we used the equations of Iqbal, Spencer and Hernandez, which are implemented in code. For the validation of the calculated data we used the correlation coefficient between the data calculated by the mobile and the TUV model for the city of Puno, obtaining correlation values greater than $r=0.98$.

Keywords: *Applications, UV index, mobile, Puno.*

Introducción

Las Organizaciones Internacionales Especializadas de las Naciones Unidas como la OMM (Organización Meteorológica Mundial), la OMS (Organización Mundial de la Salud), el PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente) y otras organizaciones no gubernamentales han propuesto la creación de un índice simple que informe a la población de los riesgos a la exposición solar, este es el índice ultravioleta (IUV) (Albizzati, 2015; Oliver, 2013). A nivel nacional se promulgo la ley N° 30102, ley que dispone medidas preventivas contra los efectos nocivos para la salud por la exposición prolongada a la radiación solar, en su artículo 7, difusión de los niveles de radiación solar, específica que se debe difundir diariamente los niveles de radiación ultravioleta en el país, así como sus efectos para la salud y la institución encargada es a través del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) (Levels, 2017; Mejía Morales & Suárez Aza, 2015).

Según las estadísticas de la Liga Contra el Cáncer (LCC), Perú ocupa el primer lugar del mundo en presentar altos índices de radiación ultravioleta (Cecilia Lizbeth Castro Zarate, 2017; Huaman Campos & Ruiz Suasnabar, 2018; Sosa Arango, 2019). El cáncer de piel es el cuarto tipo de cáncer con mayor incidencia en el país (Sordo & Gutiérrez, 2013), después de cáncer de cuello uterino, estómago y mama. Al año, más de 1,200 peruanos son detectados con cáncer de piel, de los cuales más de 950 casos son la causa de la exposición sin protección a los rayos. El 60% de casos de cáncer de piel se presentan en el rostro, una de las zonas del cuerpo (Cecilia Lizbeth Castro Zarate, 2017; Soto, 2019). Esto debido a los daños ocasionados en la capa de ozono como consecuencia de la contaminación ambiental haciendo que los rayos ultravioleta sean más intensos produciendo daño cutáneo, además de la práctica inadecuada de las medidas de prevención ante la exposición solar (Ruis Espinoza, 2017; Trelles Trelles, 2013).

Según información del SENAMHI, a la fecha se registraron en el Perú altos Índices de Radiación Ultravioleta (IUV) alcanzando un nivel histórico entre 12 a 19 puntos, niveles considerado "extremo" que puso en peligro la salud de los peruanos. Se proyecta que para el 2019 se mantenga esta cifra preocupante (SENAMHI, 2019)

Los teléfonos móviles, especialmente los teléfonos inteligentes, se están desarrollando rápidamente en los últimos años y se están convirtiendo en los dispositivos centrales de comunicación y computación en la vida diaria 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 (Lane et al., 2010; Seeger, Buchmann, & Van Laerhoven, 2012).

En los últimos años, ha habido varios enfoques diferentes para monitorear el bienestar de un individuo. La combinación de datos de biosensores y datos de condiciones ambientales puede ser usada para identificar el bienestar de un individuo a través de técnicas de reconocimiento de patrones (Jung & Yoon, 2015). En la web existen varias aplicaciones móviles para estimar el índice ultravioleta los cuales tienen que ser validados para el lugar en estudio, como el desarrollado por Dedios (2017) para la región de Piura, Perú (Dedios Mimbela, Rubio Rubio, Calle Jiménez, & Vásquez Domínguez, 2017). Nuestra investigación permite estimar el índice de radiación ultravioleta, insitu en la región de Puno, tomando como parámetros la ubicación geográfica, si como las características del tipo de cielo que se presenta.

Índice ultravioleta (IUV)

El índice ultravioleta IUV es formulado utilizando el espectro de acción eritemática inducido por la radiación UV sobre la piel humana, de la CIE (Comisión Internationale de l'Eclairage, siglas en francés) (Dedios Mimbela, 2016; Hernández E., Morera R., & Wright G, 2014; Huilca Arbieta, Taípe Huaman, & Saavedra, 2017; Vallejo Delgado, 2003)

$$IUV = k_{er} \int_{0.28}^{0.4} I_{(\lambda)} \varepsilon_{(\lambda)} d\lambda \quad (1)$$

Los valores del coeficiente de acción eritemática $\varepsilon_{(\lambda)}$ vienen dados por Madronich y Flocke, (1997).

$$\varepsilon_{(\lambda)} = \begin{cases} \lambda \leq 0.298\mu\text{m} & , \quad \varepsilon_{(\lambda)} = 1 \\ 0.298\mu\text{m} < \lambda \leq 0.328\mu\text{m} & , \quad \varepsilon_{(\lambda)} = 10^{0.094 \times (298 - \lambda \times 1000)} \\ 0.328\mu\text{m} < \lambda \leq 0.400\mu\text{m} & , \quad \varepsilon_{(\lambda)} = 10^{0.015 \times (139 - \lambda \times 1000)} \end{cases} \quad (2)$$

Y $I_{(\lambda)}$ es la irradiancia ultravioleta global espectral en una superficie horizontal y esta expresado de la forma siguiente

$$I_{(\lambda)} = \frac{I_{n\lambda} \cos \theta_z + I_{dr\lambda} + I_{da\lambda}}{1 - \rho_{g\lambda} \rho_{a\lambda}} \quad (3)$$

Esta ecuación fue desarrollada en el trabajo de Hernández (2014) donde $I_{n\lambda} \cos \theta_z$ es la irradiancia directa espectral en una superficie horizontal, $I_{dr\lambda}$ es la irradiancia difusa espectral producida por la dispersión de Rayleigh, $I_{da\lambda}$, es la irradiancia difusa dispersada por los aerosoles que llegan al suelo después de su primer paso a través de la atmósfera, $\rho_{a\lambda}$, es el albedo de la atmósfera, el cual es el componente difuso reflejado de nuevo al espacio y $\rho_{g\lambda}$ utiliza el valor de 0,2 para nuestro medio.





Pronóstico de IUV, ajuste de altitud y nubosidad

El pronóstico del IUV para cielo despejado asociado primordialmente al ángulo solar cenital (SZA) y la cantidad de ozono total (UD) se debe proceder al ajuste del IUV por altitud y nubosidad (Tabla 1), aquí seguiremos los criterios de Vanicek et al. (1999) que plantean la siguiente ecuación para este ajuste:

$$IUV = IUV * CMF * (1 + 0.08 * \Delta H) \tag{4}$$

Donde: CMF: Factor de modificación de nube y ΔH: Altitud en Km.

Tabla 1.
Valores para ajuste de predicción de índice de ultravioleta

Cantidad de nubes				
Nubes	Despejado o con nubes muy dispersas	Brillo solar con nubosidad	Resplandor	Cielo cubierto
Alta	1	1	1	0.9
Medias	1	1	0.8	0.5
Bajas	1	0.8	0.5	0.2
Otros fenómenos				
Nieblas				0.4
Lluvias				0.2

Descripción del modelo TUV

Para los pronósticos del índice UV se utiliza el modelo de Transferencia Radiativa TUV, versión 4.4 (Tropospheric Ultraviolet and Visible Radiation Model) desarrollado por el Dr. Sasha Madronich en la División de Química Atmosférica del Centro Nacional para la Investigación Atmosférica (National Center for Atmospheric Research NCAR, EE.UU.) en Boulder, Colorado. Este modelo calcula la radiación solar de onda corta en la atmósfera de la Tierra y permite evaluar las contribuciones relativas de los componentes atmosféricos y pronosticar el Índice UV en condiciones de cielo despejado y en condiciones de cielo nublado. El modelo TUV permite realizar cálculos en el rango de longitudes de onda entre 100 nm y 1000 nm para el cálculo de: irradiancias espectrales y la integrada, el flujo espectral, el factor de amplificación de radiación (RAF), coeficientes de tasa de fotólisis y la irradiancia efectiva biológicamente (dosis eritemática). El modelo TUV, permite además: - El cálculo de un importante número de variables, entre las cuales se destacan las contribuciones de la radiación directa y difusa. - La posibilidad de realizar simulaciones en las cuales se pueden variar las longitudes de onda y la altitud. - Evaluar la dependencia de la temperatura y la presión, absorción de ozono y de dióxido de sulfuro y el efecto de scattering debido al cambio de densidad del aire. - Permite incorporar, si se cuenta con información meteorológica, el efecto de la nubosidad sobre las dosis eritemáticas que se miden a nivel del suelo sobre un determinado lugar geográfico. - Considerar el efecto de los aerosoles (contribuciones de Rayleigh y de Mie) sobre la radiación solar ultravioleta que se recibe a nivel del suelo. La distribución angular de la intensidad (o radiancia) en este modelo está representada por una función simple que permite expresar la ecuación íntegro diferencial de transferencia radiativa en términos matemáticamente resolubles, utilizando el esquema delta-Eddington para su resolución. El código en el cual está escrito el programa es Fortran-77. El modelo trabaja con el perfil de temperaturas del aire estándar de Estados Unidos obtenido en 1976. En caso de contar con perfiles de similar rango de validez, más recientes es posible incorporarlos en el programa. El modelo TUV considera la curvatura de la tierra, variable importante cuando el Sol se encuentra cerca del atardecer o del amanecer.

En este modelo se utiliza la aproximación del método two-stream y los parámetros que se correlacionan con el Índice UV son: el valor máximo promedio de la irradiancia durante el mediodía local, el día juliano (el día del año), la fracción de nubosidad durante el mediodía local (para nuestro caso se asumirá cielo despejado), el valor pronosticado de la columna de ozono, la declinación solar, la latitud y la altitud del sitio al cual se va aplicar el modelo. El TUV puede incluir la atenuación producida por aerosoles y capas estratificadas de nubes de diferentes espesores ópticos. El modelo TUV está disponible en la siguiente dirección: <https://www2.acom.ucar.edu/>

Materiales y métodos

La metodología seguida para obtener el algoritmo que nos permite obtener el valor de índice ultravioleta, está basado en las ecuaciones desarrolladas por Iqbal (Iqbal, 1983), las cuales se muestran en el trabajo de Hernández (2014) en forma secuencial y realizar una serie de ajuste por días. El algoritmo se obtiene discretizando de la ecuación (1) con la finalidad de realizar la programación en Android estudio.

La implementación de la aplicación móvil se lleva a cabo mediante la metodología de desarrollo de aplicaciones móviles (Amaya Balaguera, 2013; Gasca Mantilla, Camarco Ariza, & Medina Delgado, 2014; Sanjuán, Rodríguez, & GOMEZ, 2015), el cual se muestra en el trabajo de Mantilla, Ariza y Delgado (2014) donde se consideran cinco pasos a seguir, los cuales se especifica en la siguiente figura.



Figura 1. Etapas de la Metodología para el Desarrollo de Aplicaciones Móviles

La verificación de los valores obtenidos por la aplicación móvil se realiza mediante una comparación con los datos obtenidos por el modelo TUV, obteniendo valores de coeficiente de correlación.

Los datos obtenidos por la estación meteorológica son para la ciudad de Puno cuyas coordenadas son latitud -15.48° y longitud -70.15° a una altitud de 3830msnm.

Resultados y discusión

El desarrollo de la aplicación móvil consistió en seguir los cinco pasos de la metodología de desarrollo de aplicaciones móviles, obteniendo el diagrama de caso de uso, en el cual se muestra la secuencia de las acciones que puede realizar la aplicación como principal función calcular el índice UV, cuyo actor principal es el usuario.

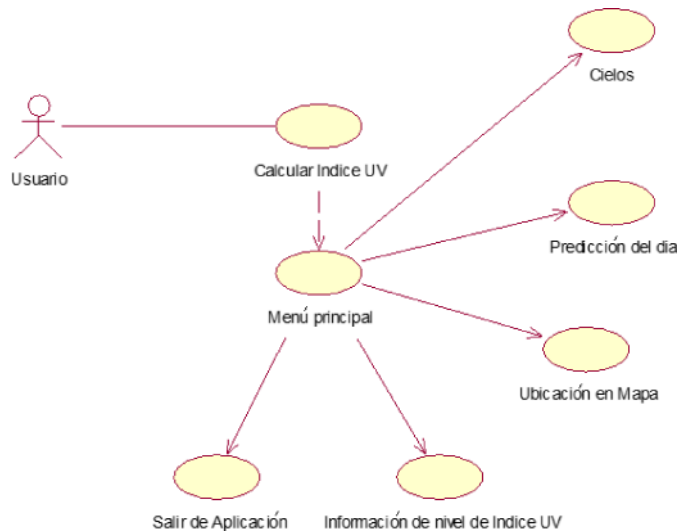


Figura 2. Diagrama de Caso de Uso

Se ha definido la estructura, escenario y la asignación de requerimientos de la aplicación el cual se observa en forma global la solución del diseño en la figura 3. La solución propuesta permite que el móvil adquiera datos de la ubicación geográfica, el tiempo y número juliano que nos permitirán calcular el Índice UV. A continuación, se muestra un esquema de la estructura.

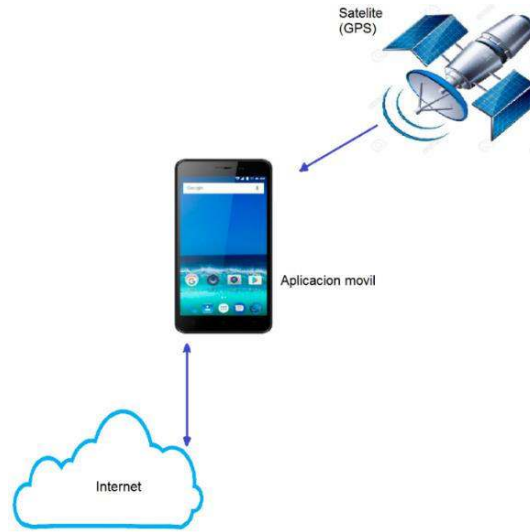


Figura 3. Estructura del diseño

Para el diseño de interfaces gráficas se tomó los siguientes tres puntos fundamentales. Estética Visual, Comodidad de uso e independencia del dispositivo, los cuales se muestran en la figura 4



Figura 4. Interfaz del aplicativo móvil en Android Studio

Se ha codificado el algoritmo basado en los modelos matemáticos, estableciendo un código fuente en Android Studio, el cual es desarrollado en forma modular utilizando las funciones y librerías que nos permiten obtener datos del GPS, el tiempo, número juliano del día y lugar donde se encuentre el móvil.

La Validación de valores calculados por la móvil, se ha realizado comparando los resultados obtenidos por el modelo TUV. Se detalla los resultados de la aplicación móvil y el modelo TUV para cielos claros, específicamente de los días 10 de enero, 10 de febrero, 10 y 23 de abril, 10 de setiembre, 10 y 23 de octubre del 2018 obtenidos por la aplicación móvil y el modelo TUV para la ciudad de Puno, considerando la ubicación geográfica y la característica del ozono.

Las figuras del 5 al 11, muestran un excelente grado de asociación entre los valores calculados por el móvil y los obtenidos por el modelo TUV, para cada hora del día, considerando el intervalo de 6:00 am a 6:00 pm con un total de 12 horas. Los valores calculados por el modelo TUV y los Calculados por el móvil forman dos curvas que representan una forma de parábolas invertidas, semejante a una campana, típico del ciclo de insolación solar para días con cielo sin nubes, donde los valores máximos corresponden a las horas cercanas al medio día solar y los valores mínimos a los extremos del intervalo de tiempo.

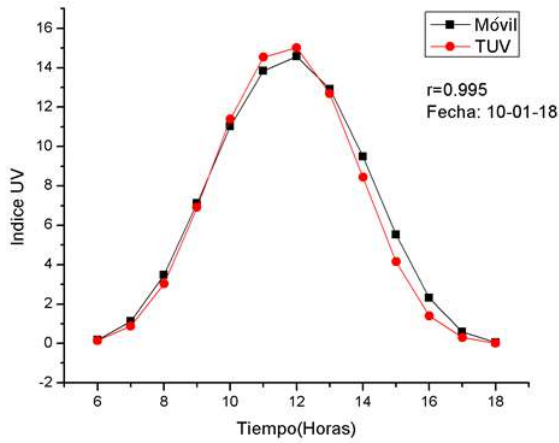


Figura 5. Comparación entre los valores calculados por el móvil y el modelo TUV para el 10 de enero del 2018, considerando la columna de ozono

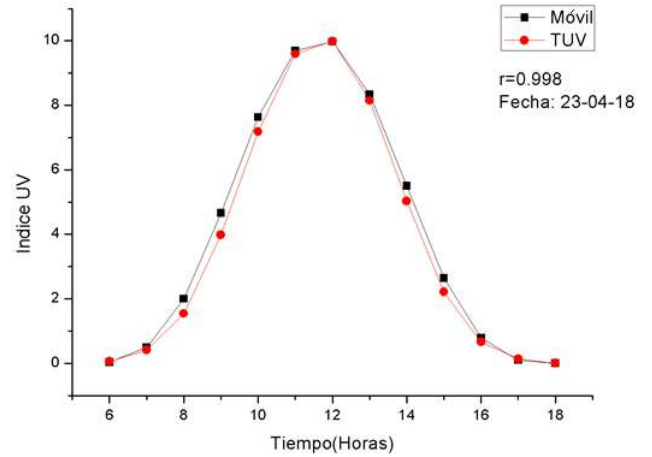


Figura 8. Comparación entre los valores calculados por el móvil y el modelo TUV para el 23 de abril del 2018, considerando la columna de ozono

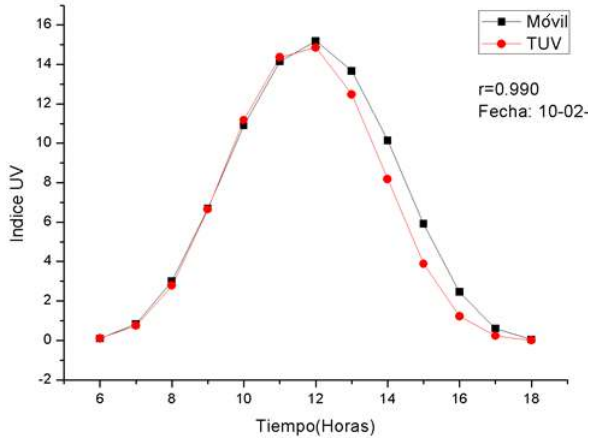


Figura 6. Comparación entre los valores calculados por el móvil y el modelo TUV para el 10 de febrero del 2018, considerando la columna de ozono

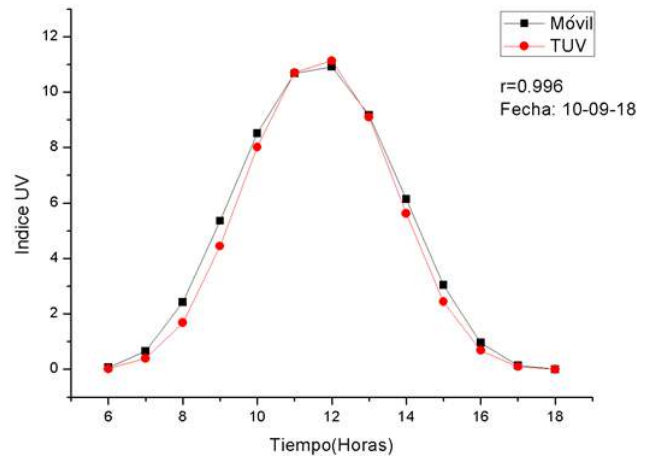


Figura 9. Comparación entre los valores calculados por el móvil y el modelo TUV para el 10 de septiembre del 2018, considerando la columna de ozono

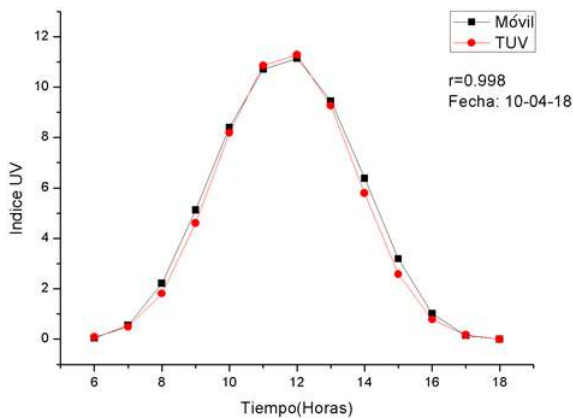


Figura 7. Comparación entre los valores calculados por el móvil y el modelo TUV para el 10 de abril del 2018, considerando la columna de ozono

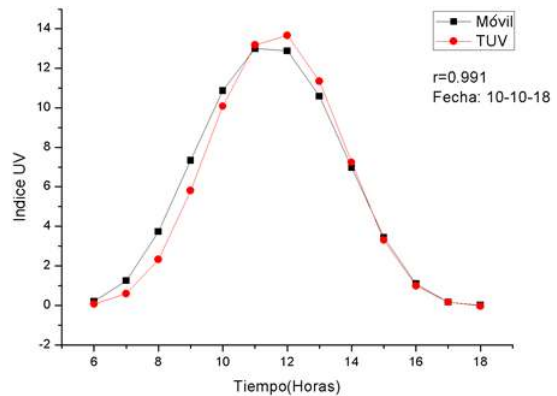


Figura 10. Comparación entre los valores calculados por el móvil y el modelo TUV para el 10 de octubre del 2018, considerando la columna de ozono

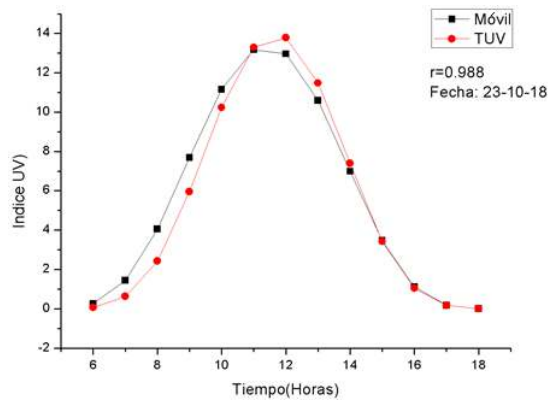


Figura 11. Comparación entre los valores calculados por el móvil y el modelo TUV para el 23 de octubre del 2018, considerando la columna de ozono.

Las figuras 5 a 14 muestran valores estimados del índice UV que superan el factor de 8 lo cual se considera alto según la Organización Mundial para la Salud. Por tanto, se sugiere tomar precauciones de protección en las horas de 10:00am a 14:00pm.

Conclusiones

Se logró desarrollar y evaluar una aplicación móvil que nos permite calcular valores confiables 99% del índice ultravioleta en la región de Puno, en función a los parámetros de latitud, hora y número de día juliano obtenidos del móvil.

Se dedujo el algoritmo teórico que nos permite calcular valores del índice ultravioleta para cielos despejados, basados en ecuaciones matemáticas.

Se desarrolló la aplicación móvil aplicando la metodología de desarrollo de aplicaciones móviles lográndose implementar el algoritmo teórico en lenguaje Java y su implementación en Android Studio.

Se validó los datos calculados por el móvil realizando correlación de datos calculados en el modelo TUV en el cual se obtuvieron coeficientes de correlación mayores a 0.98 lo cual confirma la confiabilidad de lo estimado, para cielos sin nubes.

Referencias bibliográficas

- Albizzati, E. (2015). Radiación e índice ultravioleta solar al mediodía sobre superficies en diferentes posiciones. *Revista Argentina de Ingeniería*, 5. Retrieved from <http://ozoneaq.gsfc.nasa>.
- Amaya Balaguera, Y. D. (2013). Metodologías ágiles en el desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles. Estado actual Agile methodologies in the development of applications for mobile devices. present state. *Revista de Tecnología | Journal Technology*, 12, 11–124.
- Castro Zarate, Cecilia Lizbeth. (2017). Medidas preventivas sobre cáncer de piel por estudiantes de la Facultad de Enfermería - Universidad Nacional del Altiplano - Puno 2016 (Universidad Nacional del Altiplano). Retrieved from <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/6011>
- Dedios Mimbela, N. J. (2016). Radiación ultravioleta. Análisis de su comportamiento estacional en diferentes sectores de la región Piura. Costa Norte del Perú. *Ingenierías USBmed*, 7(1), 26. <https://doi.org/10.21500/20275846.2020>
- Dedios Mimbela, N. J., Rubio Rubio, L., Calle Jiménez, J., & Vásquez Domínguez, Y. (2017). Aplicación de Dispositivos Móviles en la Medición de los Niveles de Radiación Ultravioleta y su Validación en el Distrito de Chulucanas Región Piura Perú. *Ingenierías USBmed*, 8(1), 49–55. <https://doi.org/10.21500/20275846.1841>
- Gasca Mantilla, M. C., Camarco Ariza, L. L., & Medina Delgado, B. (2014). Metodología para el desarrollo de aplicaciones móviles. *Revista Tecnura*, 18(40), 20–35.
- Hernández E., K., Morera R., R., & Wright G, Vj. (2014). Medición y cálculo del índice ultravioleta en Costa Rica. *Temas Meteorológicos y Oceanográficos*, 41–55. Retrieved from www.imn.ac.cr
- Huaman Campos, S. M., & Ruiz Suasnabar, R. I. (2018). *Conductas de riesgo de deterioro de la integridad cutánea por radiación solar (NANDA diagnóstico 00047) en relación al nivel de conocimiento y actitud sobre fotoprotección en escolares de un Centro Educativo, Huanzayo 2018*. Universidad Peruana los Andes.
- Huillca Arbieto, M., Taipe Huaman, C. W., & 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>
- Jung, Y., & Yoon, Y. I. (2015). Wellness contents recommendation based on human emotional and health status using em. *International Conference on Ubiquitous and Future Networks, ICUFN, 2015-Augus*, 977–981. <https://doi.org/10.1109/ICUFN.2015.7182692>
- Lane, N. D., Miluzzo, E., Lu, H., Peebles, D., Choudhury, T., & Campbell, A. T. (2010). A survey of mobile phone sensing. *IEEE Communications Magazine*, 48(9), 140–150. <https://doi.org/10.1109/MCOM.2010.5560598>
- Levels, U. R. (2017). *Fenotipos e infraestructura de protección solar en instituciones educativas de Piura , Perú Ultraviolet Radiation Levels ,*

- Phenotypes , and Infrastructure*. 1621, 40–49.
- Mantilla, M. C. G., Ariza, L. L. C., & Delgado, B. M. (2014). Metodología para el desarrollo de aplicaciones móviles. *Revista Tecnura*, 18(40), 20–35.
- Mejía Morales, F. A., & Suárez Aza, F. M. (2015). *Evaluación de riesgos ocupacionales en el mercado mayorista pesquero de Villa del Triunfo*. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Oliver, J. (2013). Modelo de Madronich del índice UV en Salta. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Ruis Espinoza, G. E. (2017). *Conocimiento y práctica preventivas sobre cáncer de piel en los estudiantes de enfermería de la Universidad de Huánuco -2016* (Universidad de Huánuco). Retrieved from http://repositorio.udh.edu.pe/bitstream/handle/123456789/527/RUIZ_ESPINOZA%2C_GABY_EYSITA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Sanjuán, A. J. D., Rodríguez, J. L. P., & GOMEZ, A. A. R. (2015). Comparación De Dos Tecnologías De Desarrollo De Aplicaciones Móviles Desde La Perspectiva De Los Atributos De Calidad. *Scientia Et Technica*, 20(1), 81–87. Retrieved from <http://200.21.217.140/index.php/revistaciencia/article/view/9278>
- Seeger, C., Buchmann, A., & Van Laerhoven, K. (2012). MyHealthAssistant: A Phone-based body sensor network that captures the wearer's exercises throughout the day. *BODYNETS 2011 - 6th International ICST Conference on Body Area Networks*, 1–7. <https://doi.org/10.4108/icst.bodynets.2011.247015>
- SENAMHI. (2019). Verano 2019: Radiación UV registra nivel de riesgo "Muy Alto." Retrieved October 12, 2019, from <https://www.senamhi.gob.pe/?&p=prensa&n=769>
- Sordo, C., & Gutiérrez, C. (2013). Cáncer de piel y radiación solar: experiencia peruana en la prevención y detección temprana del cáncer de piel y melanoma. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 30(1), 113–117. <https://doi.org/10.1590/S1726-46342013000100021>
- Sosa Arango, A. G. (2019). *Prácticas de medidas preventivas coontra los efectos de los rayos ultravioleta en los agricultores de la empresa acelim del Perú - Piura febre 2019*. Universidad Nacional de Piura.
- Soto, B. (2019). El cáncer de piel es la cuarta neoplasia más común en el país Ciencias | El Comercio. Retrieved October 12, 2019, from <https://elcomercio.pe/tecnologia/ciencias/cancer-piel-cuarta-neoplasia-comun-pais-260359-noticia/>
- Trelles Trelles, A. A. (2013). *Factores de riesgo y su relación con la práctica de medidas preventivas sobre el cáncer de piel*. Centro de salud San Francisco Tacna -2012 (Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann - Tacna). Retrieved from <http://redi.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJB>
- G/146/TG0003.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Vallejo Delgado, L. (2003). Índice Ultravioleta. In *Universidad de Antofagasta* (Vol. 1). Retrieved from http://intranetua.uantof.cl/crea/indice_UV__para_publicar_en.pdf