



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO
CARRERA DE BIOMEDICINA**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE
DETECCIÓN DE NIVELES DE RADIACIÓN UV BASADO EN ARQUITECTURA
EMBEBIDA EN LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA-CAMPUS EL
GIRÓN**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIERA BIOMÉDICA**

AUTOR: ALISON NICOLE JAYA GUERRERO

TUTOR: CECILIA ELIZABETH BARBA GUEVARA

Quito-Ecuador

2024

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Alison Nicole Jaya Guerrero con documento de identificación N° 175312348-6 manifiesto que:

Soy la autora y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 28 de febrero del año 2024

Atentamente,



Alison Nicole Jaya Guerrero

CI: 175312348-6

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Alison Nicole Jaya Guerrero con documento de identificación No. 175312348-6, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autora del Trabajo experimental: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE DETECCIÓN DE NIVELES DE RADIACIÓN UV BASADO EN ARQUITECTURA EMBEBIDA EN LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA-CAMPUS EL GIRÓN”**, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera en Biomedicina, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 28 de febrero del año 2024

Atentamente,



Alison Nicole Jaya Guerrero

CI: 175312348-6

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Cecilia Elizabeth Barba Guevara con documento de identificación N° 170748292-1, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE DETECCIÓN DE NIVELES DE RADIACIÓN UV BASADO EN ARQUITECTURA EMBEBIDA EN LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA-CAMPUS EL GIRÓN”**, realizado por Alison Nicole Jaya Guerrero con documento de identificación N° 175312348-6, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Trabajo experimental que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 28 de febrero del año 2024

Atentamente,



Dra. Cecilia Elizabeth Barba Guevara MSc.

CI: 170748292-1

Dedicatoria y agradecimiento

Este trabajo está dedicado a aquellos que buscan la sabiduría en el conocimiento, a quienes encuentran inspiración en la exploración del mundo académico y a todos aquellos que valoran el proceso de aprendizaje continuo. Que este esfuerzo contribuya, de alguna manera, al crecimiento y la comprensión en nuestras respectivas áreas de interés.

Expreso mi profundo agradecimiento a todas las personas que han sido parte fundamental de este viaje académico. A mi familia, cuyo apoyo inquebrantable y amor han sido mi mayor fortaleza, esencialmente a mi hermana quien ha estado durante todo el proceso de este trabajo. A mis amigos y seres queridos, por su aliento y comprensión en cada paso.

Quiero agradecer especialmente a mi directora de tesis, Cecilia Barba, por su guía experta, paciencia y dedicación. Su mentoría ha sido esencial para dar forma y completar este proyecto.

Agradezco también a mi padre, Rafael Jaya, cuyos conocimientos y sugerencias han enriquecido este trabajo. Sus valiosas aportaciones han sido un faro en la travesía académica.

A mis compañeros y colegas, les agradezco por compartir ideas, experiencias y por formar parte de esta comunidad académica que ha sido una fuente constante de aprendizaje.

RESUMEN

La Ingeniería Biomédica es la presencia de la ingeniería en la medicina que busca la solución de problemas de las ciencias médicas y biológicas para el cuidado de la salud y la mejora de la calidad de vida.

Como parte de esta investigación, se ha desarrollado e implementado un sistema automatizado para la determinación de los niveles de radiación UV denominado “Solmáforo”, el cual brinda a la comunidad universitaria una representación visual del nivel de radiación UV al que pueden estar expuestos. El medidor se instalará en un lugar al aire libre en el campus Girón en el bloque B de la Universidad Politécnica Salesiana (UPS) Sede Quito.

El prototipo consta de un sensor GUVA S12SD encargado de capturar y medir la radiación ultravioleta (UVA, UVB) emitida por el sol, procesada mediante el SoC ESP32 y visualizada por una serie de LED de alta intensidad que permite descifrar la intensidad de los rayos UV en tiempo real mediante la escala de 5 colores determinados por la Organización Mundial de la Salud.

Durante cuatro meses se realizaron pruebas y monitoreo de la radiación ultravioleta registrada por el sistema automático de detección de niveles de radiación UV construido. Durante días soleados, nublados y lluviosos se validaron los valores registrados frente a los obtenidos por la Estación Meteorológica de la Central Eléctrica del campus Sur de la UPS, con registro de información de 10 minutos en intervalos de tiempo.

El trabajo proyecta la continuación de la investigación al estudio de herramientas como son las aplicaciones móviles para medición de la radiación ultravioleta a la vez de información valiosa sobre la correlación entre enfermedades, regiones y radiación recibida.

Finalmente, el objetivo planteado en el presente estudio permitió identificar como variables importantes la información de estudiantes, docentes, personal administrativo y de

apoyo de la comunidad universitaria, así como el registro de datos de radiación UV del dispositivo electrónico que luego de su diseño, construcción e implementación permite a la comunidad universitaria visualizar el índice UV en tiempo real, y fomentar una cultura de prevención frente a lesiones en la piel y enfermedades como el cáncer ante la sobreexposición a la radiación solar.

Palabras claves: Sistema automatizado, Radiación UV, monitoreo, prevención

ABSTRACT

Biomedical Engineering is the presence of engineering in medicine that seeks to solve problems in medical and biological sciences for health care and improving the quality of life.

As part of this research, an automated system for determining UV radiation levels called “Solmaforo” has been developed and implemented, which provides the university community with a visual representation of the level of UV radiation to which they may be exposed. The meter will be installed in an outdoor location on the Girón campus in block B of the Salesian Polytechnic University (UPS), Quito headquarters.

The prototype consists of a GUVA S12SD sensor responsible for capturing and measuring ultraviolet radiation (UVA, UVB) emitted by the sun, processed by the ESP32 SoC and displayed by a series of high-intensity LEDs that allow deciphering the intensity of UV rays. in real time using the 5-color scale determined by the World Health Organization.

For four months, tests and monitoring of the ultraviolet radiation recorded by the built automatic UV radiation level detection system were carried out. During sunny, cloudy and rainy days, the recorded values were validated against those obtained by the Meteorological Station of the Power Plant of the South campus of the UPS, with information recorded for 10 minutes in time intervals.

The work projects the continuation of research into the study of tools such as mobile applications for measuring ultraviolet radiation as well as valuable information on the correlation between diseases, regions and radiation received.

Finally, the objective set in the present study allowed us to identify as important variables the information of students, teachers, administrative and support staff of the university community, as well as the record of UV radiation data of the electronic device that after its design, construction and implementation allows the university community to view the UV index

in real time, and promote a culture of prevention against skin injuries and diseases such as cancer due to overexposure to solar radiation.

Keywords: Automated system, UV radiation, monitoring, prevention

Índice de contenido:

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Problemática	2
1.3. Justificación	4
1.4. Objetivos específicos y objetivo general	7
1.4.1. Objetivo general	7
1.4.2. Objetivos Específicos	7
1.5. Hipótesis	8
1.5.1. Hipótesis General	8
1.5.2. Hipótesis Específicas.....	8
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	9
2.1. Radiación Ultravioleta:.....	9
2.1.1. Clasificación de la Radiación Ultravioleta:.....	10
2.2. Formas de la emisión solar y terrestre	11
2.2.1. Radiación directa.....	11
2.2.2. Radiación difusa	12
2.3. Determinantes o factores que influyen en la radiación UV:.....	14
2.3.1. La altura del sol	14
2.3.2. La latitud	15
2.3.3. La nubosidad	15
2.3.4. La reflexión por el suelo.....	15
2.3.5. La altitud	16
2.3.6. El Ozono.....	16
2.4. Efectos de la radiación ultravioleta en la salud	18
2.4.2.1. Quemaduras Solares	19
2.4.2.2. Envejecimiento de la piel	19

2.4.2.3.	Cáncer de piel	20
2.4.2.4.	Impactos en la visión y ojos	20
2.4.2.5.	Consecuencias en el Sistema Inmunológico.....	22
2.5.	Índice de Radiación Ultravioleta:	23
2.6.	Estado actual ante los efectos de la radiación ultravioleta	26
2.6.1.	Situación actual del Ecuador ante los efectos de la radiación solar (UV).....	26
1.1.1.	Organización Mundial de la Salud (OMS).....	29
1.1.2.	INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología)	30
1.1.3.	Sociedad de Lucha Contra El Cáncer del Ecuador (SOLCA).....	31
1.2.	Regulaciones y estándares de seguridad relacionados con la radiación ultravioleta (UV)	33
1.4.	Sensores de radiación solar/ultravioleta	34
1.4.1.	Características de los sensores de radiación UV	35
1.4.2.	Sensores de radiación UV que existen en el mercado:.....	36
1.5.	Dispositivos embebidos de procesamiento.....	37
2.	MATERIALES Y MÉTODOS	40
2.1.	MATERIALES	40
2.1.1.	Materiales para el diseño del Hardware	40
2.1.2.	Materiales para el diseño del Software	41
2.2.	Ubicación del área de estudio y estado del arte	41
2.2.1.	Encuesta sobre los hábitos de protección solar y concientización de la comunidad universitaria	42
2.2.2.	Análisis de Hardware y Software	44
2.2.2.1.	Hardware	44
2.2.3.	Software	49
2.3.	Diseño del medidor de IRUV	52
2.3.1.	Diseño de la estructura del dispositivo	52
2.3.2.	Esquemas de potencial y control del solmáforo.....	58

2.3.3.	Programación del sistema embebido.....	61
2.3.4.	Programación del dispositivo móvil.....	67
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	71
3.1.	Pruebas de Funcionamiento.....	71
3.2.	Presentación de resultados de la aplicación móvil	80
3.3.	Presentación de resultados de la encuesta realizada a la comunidad universitaria	81
4.	CONCLUSIONES	100
5.	RECOMENDACIONES	102
6.	LISTA DE REFERENCIAS	103
7.	ANEXOS	106

Lista de Tablas:

Tabla 1. Porcentaje de albedo dependiendo la superficie	12
Tabla 2. Tipos de piel y la protección solar necesaria ante la radiación UV	24
Tabla 3. Clasificación del índice de radiación UV según la OMS	24
Tabla 4. Clasificación del índice de radiación UV según el SMN de Argentina y el IFIR.....	24
Tabla 5. Fototipo de la piel y su reacción a la sobreexposición de la radiación UV.....	25
Tabla 6. Acciones de protección solar ante los niveles de radiación UV	29
Tabla 7. Regulaciones y estándares relevantes sobre la radiación UV	33
Tabla 8. Tecnologías embebidas comunes y sus aplicaciones en sistemas de monitoreo en tiempo real.....	34
Tabla 9. Características de los sensores de radiación ultravioleta	35
Tabla 10. Ejemplos de sensores que existen en el mercado y su descripción	36
Tabla 11. Ejemplos de dispositivos embebidos de procesamiento y su descripción	38
Tabla 12. Métodos de detección de la radiación ultravioleta y sus aplicaciones	39
Tabla 13. Población objetivo para la realización de la encuesta	43
Tabla 14. Principales preguntas a realizar en la encuesta	44
Tabla 15. Análisis de características comunes de tres sensores de radiación UV.....	45
Tabla 16. Análisis de características comunes de tres sistemas embebidos.....	47
Tabla 17. Análisis de características comunes de tres dispositivos de visualización.....	48
Tabla 18. Análisis de características comunes de lenguajes de programación para sistemas embebidos.....	50
Tabla 19. Análisis de tres entornos de desarrollo para una aplicación móvil	51
Tabla 20. Fases de construcción de la estructura del dispositivo	54
Tabla 21. Mediciones tomadas de Voltaje, potencia e índice de radiación UV entre las 10 a.m. y 14:30 p.m.....	73
Tabla 22. Mediciones tomadas de potencia de radiación UV	76
Tabla 23. Universo de estudio	83
Tabla 25. Resultados de la pregunta 1: ¿Qué rol cumple en la Universidad Politécnica Salesiana?	85
Tabla 26. Resultados de la pregunta 2: ¿Conoce sobre la radiación ultravioleta (UV) emitida por el sol?	86
Tabla 27. Resultados de la pregunta 3: ¿Conoce sobre los riesgos que implica la sobreexposición a la radiación UV emitida por el sol?	87

Tabla 28. Resultados de la pregunta 5: ¿Conoce sobre los niveles de radiación UV en las diferentes horas del día?	89
Tabla 29. Resultados de la pregunta 7: ¿Conoce acerca de las medidas de fotoprotección? ..	91
Tabla 30. Resultados de la pregunta 8: ¿Utiliza protector solar antes de salir al aire libre durante el día?	92
Tabla 31. Resultados de la pregunta 9: ¿Usa protección ocular, como gafas de sol, cuando se encuentra al aire libre?	93
Tabla 32. Resultados de la pregunta 10: ¿Ha tenido alguna experiencia con la radiación UV emitida por el sol?	94
Tabla 33. Resultados de la pregunta 11: ¿Considera preocupante en la ciudad de Quito el sobreexponerse a la radiación UV emitida por el sol?	94

Lista de figuras:

Figura 1. Tipos de radiación solar.....	9
Figura 2. Tipos de radiaciones UV	11
Figura 3. Formas de emisión solar	13
Figura 4. Relación altura del sol con la radiación UV	14
Figura 5. Factores que inciden en la radiación UV	17
Figura 6. Daños por el exceso de la radiación UV	19
Figura 7. Problemas oculares causados por el exceso a la radiación UV	21
Figura 8. Clasificación del índice de radiación ultravioleta.....	28
Figura 9. Tasas estandarizadas de incidencia de las ubicaciones principales en la Ciudad de Quito por cada 100.000 habitantes	32
Figura 10. Módulo sensor de luz ultravioleta (UV) ML8511	35
Figura 11. Sensor de luz ultravioleta (UV) GUVA-S12SD que se va a utilizar.....	46
Figura 12. Matriz de LEDs de alta intensidad elegidos	49
Figura 13. Parte trasera de la matriz de LEDs de alta intensidad	49
Figura 14. Diseño de la estructura del dispositivo de medición	53
Figura 15. Esquema circuital de potencia del dispositivo de medición (solmáforo)	59
Figura 16. Esquema circuital del dispositivo de medición	60
Figura 17. Comunicación módulo Wifi ESP32.....	61
Figura 18. Conexión con Firebase	61
Figura 19. Cálculo de la potencia de radiación	62
Figura 20. Visualización en la pantalla LCD para pruebas de funcionamiento.....	62
Figura 21. Visualización del primer índice de radiación UV (1-2) en la matriz Led de Alta intensidad.	63
Figura 22. Visualización del segundo índice de radiación UV (3-5) en la matriz Led de Alta intensidad.	64
Figura 23. Visualización del tercer índice de radiación UV (6-7) en la matriz Led de Alta intensidad.	64
Figura 24. Visualización del cuarto índice de radiación UV (8-10) en la matriz Led de Alta intensidad.	65
Figura 25. Visualización del segundo índice de radiación UV (3-5) en la matriz Led de Alta intensidad.	66
Figura 26. Envío a la plataforma Firebase y la aplicación App Inventor	66

Figura 27. Parámetros utilizados según las especificaciones del fabricante (sensor GUVAS12SD)	67
Figura 28. Conexión de Firebase a App Inventor	68
Figura 29. Según especificaciones del fabricante toma valores igual a 50 o más	68
Figura 30. Visualización del primer índice de radiación en la aplicación móvil (BAJO)	69
Figura 31. Visualización del segundo índice de radiación en la aplicación móvil (MODERADO)	69
Figura 32. Visualización del tercer índice de radiación en la aplicación móvil (ALTO)	70
Figura 33. Visualización del cuarto índice de radiación en la aplicación móvil (MUY ALTO)	70
Figura 34. Toma de mediciones	71
Figura 35. Funcionamiento del solmáforo	72
Figura 36. Gráfica de potencia de radiación UV del prototipo	74
Figura 37. Gráfica de potencia de radiación UV de la Estación Meteorológica de la UPS del Campus Sur.	75
Figura 38. Gráfica comparativa de potencia de radiación UV del prototipo y de la Estación Meteorológica UPS del Campus Sur.....	77
Figura 39. Curva de la señal tomadas en un día completo.....	78
Figura 40. Curva de la señal tomadas en un día nublado o lluvioso.....	79
Figura 41. Curva de la señal tomadas en un día lluvioso (Fin de año 2023)	79
Figura 42. Presentación de la pantalla del dispositivo para el índice UV BAJO.....	81
Figura 44. Carreras evaluadas	84
Figura 45. Género de cada persona encuestada	84
Figura 47. Ciudad de residencia de los encuestados	85
Figura 48. Pregunta 1: ¿Qué rol cumple en la Universidad Politécnica Salesiana?	86
Figura 49. Pregunta 2: ¿Conoce sobre la radiación ultravioleta (UV) emitida por el sol?	87
Figura 50. Pregunta 3: ¿Conoce sobre los riesgos que implica la sobreexposición a la radiación UV emitida por el sol?.....	88
Figura 51. Pregunta 4: ¿Cuáles considera que son los principales riesgos asociados a la sobreexposición de la radiación UV emitida por el sol?.....	89
Figura 52. Pregunta 5: ¿Conoce sobre los niveles de radiación UV en las diferentes horas del día?	90
Figura 53. Pregunta 6: ¿Cuál es el máximo índice de radiación UV emitida por el sol al que podría exponerse usted?	90

Figura 54. Pregunta 7: ¿Conoce acerca de las medidas de fotoprotección?	91
Figura 55. Pregunta 8: ¿Utiliza protector solar antes de salir al aire libre durante el día?	92
Figura 56. Pregunta 9: ¿Usa protección ocular, como gafas de sol, cuando se encuentra al aire libre?.....	93
Figura 57. Pregunta 10: ¿Ha tenido alguna experiencia con la radiación UV emitida por el sol?	94
Figura 58. Pregunta 11: ¿Considera preocupante en la ciudad de Quito el sobreexponerse a la radiación UV emitida por el sol?.....	95
Figura 59. Pregunta 12: ¿Qué tan preocupado está por los efectos de la radiación UV en su salud?.....	95
Figura 60. Pregunta 13: ¿Ha notado algún cambio en su piel como resultado de la exposición al sol?.....	96
Figura 61. Pregunta 14: ¿A qué hora del día cree usted que debe usar protección ante la radiación UV?	96
Figura 62. Pregunta 15: ¿Cómo ha obtenido información usted acerca de la importancia de la protección solar?	97
Figura 63. Pregunta 16: ¿Considera de importancia disponer de un dispositivo de alerta inmediata y una aplicación móvil en tiempo real para la comunidad universitaria que muestre la radiación UV emitida por el sol?.....	98
Figura 64. Pregunta 17: Si tuviera información del daño que puede hacer la radiación UV cuando su índice sea peligroso. ¿Qué haría?.....	99
Figura 65. Pregunta 18: ¿Cree usted que la Universidad debería incluir en el Manual de Seguridad información sobre la sobreexposición a la radiación UV o implementar programas de capacitación al respecto?	99

Índice de Palabras:

UV: Ultravioleta

OMS: Organización Mundial de la Salud

GLOBOCAN: Observatorio Global del Cáncer

INAMHI: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

IDEAM: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

SOLCA: Sociedad de Lucha Contra el Cáncer

REMMAQ: Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito

UPS: Universidad Politécnica Salesiana

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

La radiación ultravioleta (UV) es una preocupación significativa por sus efectos perjudiciales en la salud humana, como, por ejemplo, daños en la piel, el aumento del riesgo de desarrollar cáncer de piel, la formación de cataratas y la supresión del sistema inmunológico. La urgencia de monitorizar los niveles de radiación UV se ha intensificado a medida que la capa de ozono se ha visto afectada y la conciencia sobre la importancia de la protección solar ha aumentado de manera significativa.

Antes del advenimiento de sistemas automáticos, la medición de la radiación UV se llevaba a cabo mediante dispositivos manuales, como radiómetros y dosímetros. Estos equipos requerían intervención humana constante y no permitían una monitorización continua y en tiempo real de los niveles de radiación. Este enfoque limitado motivó la búsqueda de soluciones más avanzadas y eficientes.

La implementación de sistemas de alerta, ejemplificados por los "Solmáforos," destaca la aplicación de tecnologías que miden instantáneamente la intensidad de los rayos solares UV, estos dispositivos, desarrollados en Chile y utilizados en Europa desde 2004, han demostrado ser eficaces al informar a la población sobre los niveles de riesgo sanitario asociados con la radiación UV, fomentando así medidas preventivas.

Investigaciones previas han explorado diversos enfoques tecnológicos para el diseño e implementación de sistemas automáticos de detección de radiación UV. Estos estudios han abordado aspectos como el uso de sensores especializados, sistemas de energía renovable y la integración con redes de monitoreo ambiental. Estas investigaciones proporcionan una base valiosa para el desarrollo de soluciones efectivas y sostenibles en este campo.

El diseño e implementación de un sistema automático de detección de niveles de radiación UV basado en arquitectura embebida es esencial para abordar los riesgos sanitarios de la exposición. La arquitectura embebida, al proporcionar soluciones eficientes y autónomas, se posiciona como un enfoque crucial en el monitoreo continuo de la radiación UV. Además, la aplicación exitosa de sistemas similares, como los "solmáforos," en diversas regiones del mundo, respalda la viabilidad y eficacia de estas soluciones tecnológicas.

1.2. Problemática

Por su posición geográfica, el Ecuador cuenta con una gran diversidad ambiental, así mismo, esta ubicación permite que la radiación UV ingrese con mayor intensidad, especialmente en la región Sierra por su altura en la cordillera. La radiación UV o ultravioleta es radiación electromagnética que en menor cantidad es beneficiosa para la salud ya que genera vitamina D, pero si se llega a exponer tiempos prolongados y de manera continua causa efectos negativos en la piel, debilita el sistema inmune y se producen diferentes tipos de cáncer de piel, también la exposición continua solar en niños y adolescentes puede contribuir al cáncer de piel en la edad adulta (Organización Mundial de la Salud, 2010).

La exposición prolongada de radiación UV sobre humanos causa enfermedades de la piel en menor o mayor grado y muchos pueden ser irremediables y los tratamientos costosos. También los efectos se dan sobre animales y plantas (Lam-Vivanco, Espinoza-Carrión, Santos-Luna, & García-González, 2018). Con los años se han desarrollado sensores especializados para medir la radiación UV en el entorno, además de tener diferentes efectos en la salud y el medio ambiente; muchas estaciones meteorológicas modernas incluyen sensores para medir la radiación UV en tiempo real, lo que es muy importante al dar información de los niveles de radiación y recomendaciones de protección solar.

En diversas poblaciones, hay individuos que trabajan al aire libre durante extensas jornadas, lo que los hace susceptibles a problemas de salud cutáneos, oculares y genéticos relacionados con la exposición a la radiación solar. La falta de información y concienciación sobre los efectos perjudiciales de la radiación solar y el uso inadecuado de medidas de protección convierten a este grupo en un nicho importante para evaluar factores de riesgo y seguir las afecciones causadas por esta influencia física crucial.

Las estadísticas a nivel mundial y nacional, compiladas por GLOBOCAN (Ávila & Otros, 2020) y la Oficina de Información, indican la presencia de enfermedades relacionadas con la exposición a niveles significativos de radiación UV, lo que plantea un riesgo para la salud humana. Entre estas enfermedades se incluyen la catarata senil, el melanoma y cambios genéticos, entre otros, destacando la importancia de abordar este problema.

El Sistema Nacional de Educación, mediante el Acuerdo 098-A emitido el 10 de octubre de 2018, reconoció la necesidad de proteger la salud de los estudiantes contra los efectos perjudiciales de la exposición a los rayos solares. El acuerdo establece que cuando el índice UV alcance niveles "altos" o "extremadamente altos" (8 en adelante), los docentes y directivos deben evitar realizar actividades pedagógicas, deportivas y otras al aire libre con los estudiantes. En su lugar, estas actividades deben llevarse a cabo en espacios cubiertos o proporcionar sombra natural (INAMHI, octubre 2018).

Con el avance en la tecnología embebida y el Internet de las Cosas (IoT) se ha ido simplificando la creación de sistemas de monitoreo en tiempo real incluyendo los sistemas diseñados para la detección de radiación UV, los dispositivos embebidos tienen la capacidad de recolectar datos y transmitirlos a través de distintas redes de comunicación. Este tipo de

información proporciona un contexto relevante para la implementación de un sistema automático de detección de niveles de radiación UV basado en arquitectura embebida.

La creciente preocupación por los efectos adversos de la exposición a la radiación ultravioleta (UV) en la salud humana ha llevado a una reflexión crítica sobre la importancia de abordar este problema de manera efectiva. La exposición prolongada y continua a la radiación UV se ha asociado con un aumento en la incidencia de enfermedades cutáneas, el debilitamiento del sistema inmunológico y un mayor riesgo de desarrollar cáncer de piel. Esta preocupación se ve agravada por el incremento de los niveles de radiación UV en la ciudad de Quito, Ecuador, en los últimos años, con niveles que oscilan entre 8 y 13 en la escala de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), donde 11 se considera un nivel de riesgo extremo (Organización Meteorológica Mundial, 2016). Esto indica una exposición significativa a la radiación UV en esta área.

Además de los impactos en la salud humana, la radiación solar también causa daños a materiales y equipos expuestos a la intemperie, y estudios demuestran que Quito recibe un 30% más de rayos UV en comparación con una playa (IDEAM, 2023). Pese a la disponibilidad de dispositivos de medición de radiación UV instantánea que emplean sensores ópticos especializados para promover medidas preventivas, como el bloqueo solar y ropa adecuada, estos dispositivos no están al alcance del público.

1.3. Justificación

Dentro de este contexto, las instituciones educativas se ven obligadas a tomar medidas para proteger a sus comunidades contra los efectos nocivos de la exposición prolongada a la radiación solar. Este trabajo de titulación se centra en crear y poner en marcha un sistema automático de detección de niveles de radiación UV usando las ventajas tecnológicas, este

sistema permitirá que la comunidad universitaria de la Universidad Politécnica Salesiana Campus El Girón acceda a información en tiempo real sobre los niveles de radiación UV. Para lograrlo, se emplearán un System-on-Chip (SoC) ESP32 y un sensor de radiación UV. Los datos recopilados se mostrarán localmente en una pantalla LCD/OLED internamente y para su visualización externa se utilizará una matriz de leds de luz intensa, y debido a la conectividad WiFi del ESP32, se transmitirán a una plataforma IoT de código abierto, lo que permitirá la visualización de la información en una página web (dashboard) y en dispositivos móviles como smartphones.

Este proyecto cobra importancia al destacar la necesidad de comprender y mitigar los riesgos asociados con la radiación UV, tanto para la salud humana como para el medio ambiente. Además, subraya la relevancia de la protección contra la radiación UV y la toma de medidas para minimizar sus efectos perjudiciales. El objetivo principal de este trabajo de titulación es crear un sistema automático de detección de niveles de radiación UV en tiempo real y continua, que permita a las personas tomar decisiones informadas sobre su exposición al sol y adoptar medidas de protección adecuadas. Algunos de los efectos de la radiación UV pueden ser irreversibles y sus tratamientos resultan costosos, por lo que se enfatiza la importancia de la prevención y el monitoreo para evitar costos médicos significativos y mejorar la calidad de vida de las personas.

Bajo estas consideraciones, el alcance de la labor implica la introducción de un sistema de alerta electrónica con características semejantes a un semáforo. Este sistema tiene como propósito detectar los niveles de radiación solar ultravioleta (UV) en el campus Girón de la Universidad Politécnica Salesiana (UPS). Las variables fundamentales que se tienen en cuenta son los estudiantes, profesores, personal administrativo y de apoyo. Además, se consideran los datos generados por el dispositivo electrónico que, tras diseñarse y construirse, se está calibrando en el campus Sur de la UPS. Esta calibración se compara con

la información recopilada por la miniestación meteorológica disponible en ese campus, para preparar su implementación definitiva en el campus Girón de la UPS.

Los resultados obtenidos de este proyecto pretenderán comprender más precisa la cantidad de radiación solar presente en el área de estudio. Además, se establecerán los cimientos iniciales para el desarrollo de un programa de alerta temprana, que busca sensibilizar a las personas sobre la utilidad de estos dispositivos y promover la adopción de medidas preventivas necesarias frente a la exposición a la radiación solar.

La encuesta permitirá obtener información sobre el grado de comprensión de la comunidad universitaria sobre los riesgos asociados a la exposición excesiva a la radiación solar y su conocimiento sobre la adopción de medidas preventivas, esto incluye su percepción sobre los beneficios derivados de la implementación de un sistema de señalización destinado a resguardar la salud frente a dicha radiación.

La investigación se enfoca en Ecuador, específicamente en la ciudad de Quito, ubicada en la Provincia de Pichincha, debido a los altos niveles de radiación ultravioleta presentes en esta área geográfica.

En cuanto al marco temporal, el trabajo de titulación se desarrollará durante cuatro meses, desde octubre de 2023 hasta enero de 2024. En este lapso se recopilarán y analizarán datos y experimentos para evaluar las soluciones propuestas.

El ámbito institucional se centra en la Universidad Politécnica Salesiana Campus El Girón, dirigido a la comunidad universitaria y enfocado en la tecnología en beneficio de la universidad y su entorno.

1.4. Objetivos específicos y objetivo general

1.4.1. Objetivo general

Desarrollar e implementar un sistema de alerta temprana de radiación solar UV con dispositivos electrónicos y aplicaciones móviles para visibilizar el nivel de radiación solar en tiempo real en la Universidad Politécnica Salesiana-Campus El Girón, aportando así al estudio de factores epidemiológicos asociados a conocimientos y actitudes sobre foto protección.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Realizar el estado del arte sobre: la información de los problemas de salud pública generados por la sobreexposición a la radiación solar; nuevas tecnologías para la construcción de sistemas de monitoreo y alerta temprana para radiación solar UV y normativas de prevención para el desarrollo y aplicación de un enfoque sanitario integrado de protección solar.
- Diseñar el prototipo de un dispositivo de control y monitoreo para la radiación UV, con arquitectura embebida (sensor, microcontrolador/SoC, actuador) utilizando herramientas actuales y que estén al alcance.
- Analizar los módulos/ sistemas que se utilizaran en el prototipo en cuanto al hardware y software.
- Realizar la validación respectiva de funcionamiento y comparaciones con otros dispositivos presentes en el mercado.
- Implementar el dispositivo de medición de radiación solar en la Universidad Politécnica Salesiana-Campus El Girón.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis General

¿La implementación de un sistema de alerta electrónica temprana para la detección de los niveles de radiación solar UV en la Universidad Politécnica Salesiana-Campus El Girón, proporcionará información del nivel de radiación al que está expuesta la comunidad universitaria permitiendo concientizar y tomar las precauciones necesarias ante el riesgo de exposición, y aportar con información para futuros estudios de factores epidemiológicos asociados a conocimientos y actitudes sobre fotoprotección?

1.5.2. Hipótesis Específicas

- Si se realiza el estado del arte sobre información de la radiación solar UV y las causas y efectos de la sobre exposición, como el conocimiento sobre sensores ultravioleta, actuadores y sistemas embebidos, se obtendrá una base sólida para el diseño y la implementación del sistema de alerta de radiación UV.
- La validación de pruebas exhaustivas de funcionamiento y comparaciones con otros dispositivos del mercado demostrará la eficacia y confiabilidad del sistema de alerta de radiación UV desarrollado.
- La implementación del dispositivo de medición de radiación solar UV en la Universidad Politécnica Salesiana-Campus El Girón habrá logrado la capacidad de medir y monitorear los niveles de radiación UV en un entorno universitario real. Esto contribuirá significativamente al estudio de factores epidemiológicos relacionados con el conocimiento y las actitudes hacia la fotoprotección.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

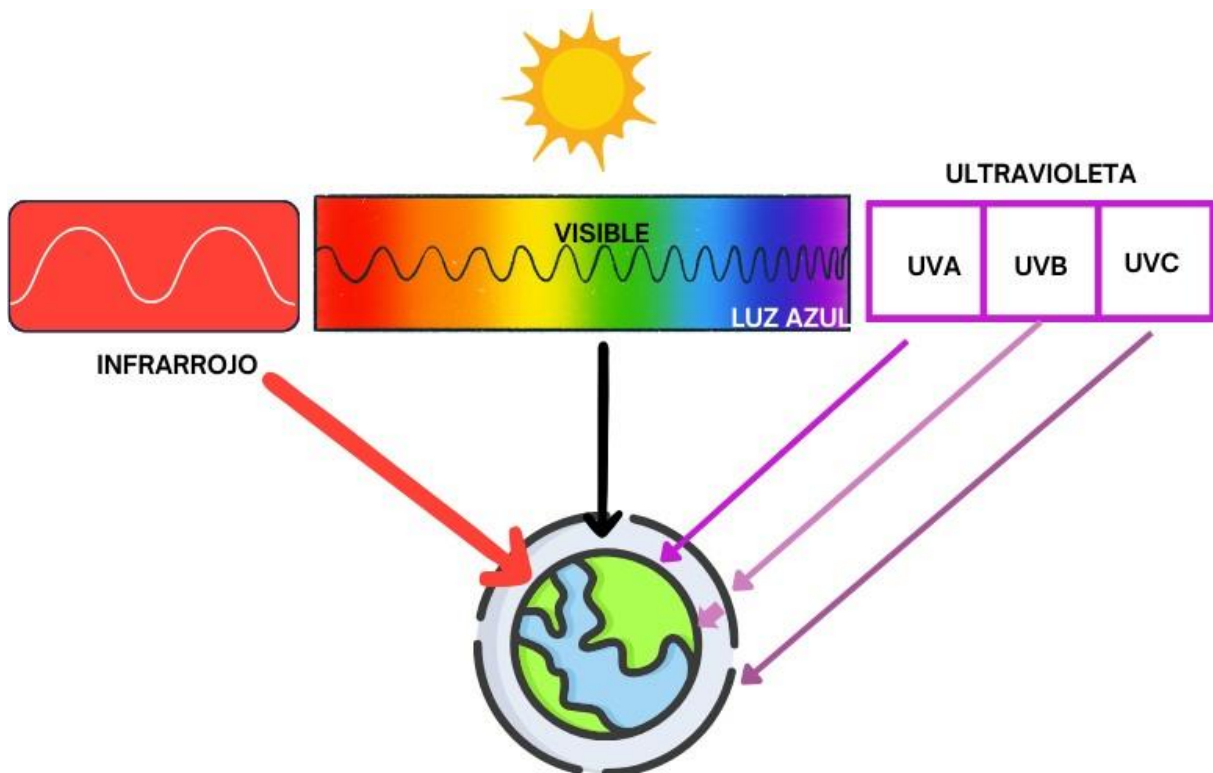
En el siguiente capítulo, se da a conocer los principales conceptos teóricos requeridos para el proyecto en cuestión.

2.1. Radiación Ultravioleta:

La radiación ultravioleta (UV) es un tipo de radiación electromagnética con una longitud de onda de aproximadamente 100 a 400 nanómetros (nm) en el espectro electromagnético y es emitida por el sol y fuentes artificiales, incluidos dispositivos como camas de bronceado (Mimbela, Rubio, Jiménez, & Domínguez, 2017).

Figura 1

Tipos de radiación solar



Nota. La figura 1 muestra los tipos de radiación solar, radiación ultravioleta. Fuente: *García, D. (2020).*

2.1.1. Clasificación de la Radiación Ultravioleta:

A la luz de los efectos biológicos provocados por la radiación UV, se divide en tres categorías principales: UV-A, UV-B y UV-C, cada una con propiedades y efectos específicos sobre la salud y el medio ambiente.

UV-A (320-400 nm): Esta forma de radiación UV es la menos energética de las tres y puede penetrar profundamente en la piel. Si este tipo de radiación penetra en el tejido conectivo, puede provocar inmunosupresión. Además de lesiones crónicas inducidas por la luz. Aunque cantidades moderadas de vitamina D pueden estimular la producción de vitamina D y tener efectos positivos, la exposición prolongada o excesiva a los rayos UV-A puede dañar las fibras de colágeno y elastina de la piel, lo que puede provocar un envejecimiento a largo plazo. Además de oscurecer la visión y aumentar el riesgo de cáncer de piel, también se asocia con enfermedades oculares como las cataratas (Chambi, 2018).

UV-B (280-320 nm): Este tipo de radiación UV tiene más energía y se considera tanto beneficiosa como dañina. Los rayos UV-B son esenciales para la producción de vitamina D en la piel, que es esencial para la salud ósea. Sin embargo, la exposición excesiva a los rayos UV-B puede provocar quemaduras solares y consecuencias para la salud que van desde eritema, mutaciones del ADN en las células de la piel (que pueden provocar cáncer de piel), reducción de la eficiencia del sistema inmunológico, cataratas, pterigión y piel áspera (Chambi, 2018).

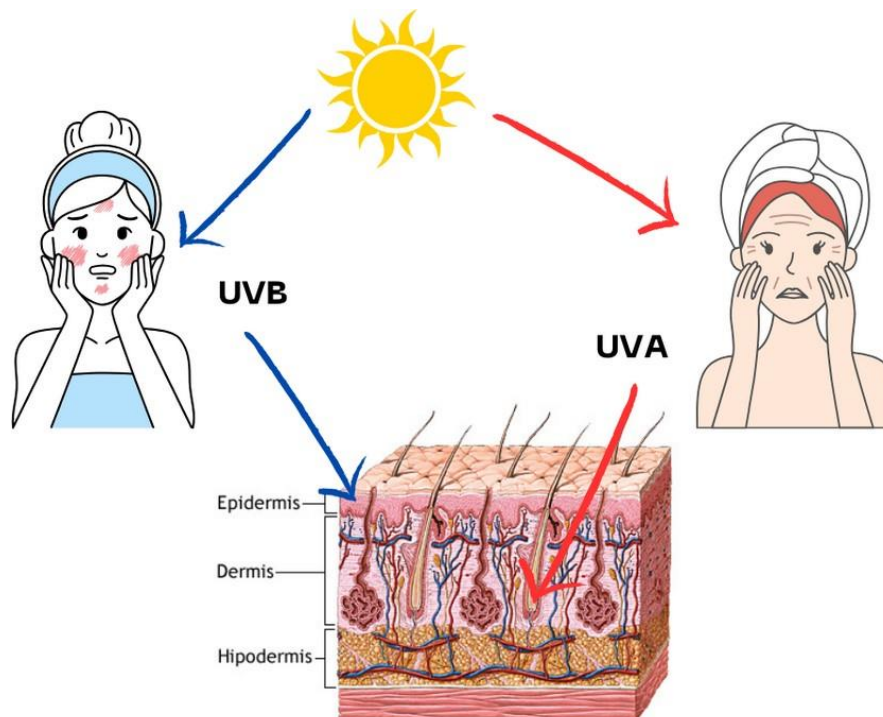
UV-C (menos de 280 nm): Aunque la radiación UV-C es el tipo de radiación UV más energética, la radiación UV-C se filtra principalmente por la atmósfera y no llega a la superficie de la Tierra, por lo que no es un problema inmediato (Chambi, 2018).

La radiación ultravioleta emitida por el Sol atraviesa la atmósfera terrestre antes de llegar a la superficie terrestre. Toda la radiación UV-C y el 90% de la UV-B es absorbida

por los gases de la atmósfera, mientras que la absorción de UV-A es muy débil. por lo que el 95% llega a la superficie terrestre y alrededor del 5% en UV-B (Chambi, 2018).

Figura 2

Tipos de radiaciones UV



Nota. La figura 2 muestra la clasificación de la radiación UV, concretamente la UVA y UVB que tienen efectos negativos en la piel. Elaborado por: La autora, 2024.

2.2. Formas de la emisión solar y terrestre

2.2.1. Radiación directa

Es energía que viaja en línea recta desde el sol hasta la superficie terrestre sin ser dispersada ni absorbida por otras partículas atmosféricas o ambientales. Esta energía se refiere a la luz del sol, que se percibe y siente como calor en la piel en un día soleado. (Esquivel Silva, 2017)

2.2.2. Radiación difusa

Es la energía que se propaga por la atmósfera y llega al suelo tras la reflexión y dispersión por el polvo y las moléculas de gas atmosférico. Esta energía crea iluminación del cielo en los días nublados (Lema Puruncaja, Zuleta Mediavilla, 2015).

2.2.3. Radiación reflejada o albedo

Es la energía que se recibe y refleja desde la superficie terrestre. Esta energía hace que la tierra, la vegetación y el agua parezcan brillantes, lo que permite que las mediciones satelitales determinen la reflectividad de la Tierra (Esquivel Silva, 2017). La cantidad de radiación depende de la reflectividad de la superficie, también llamada albedo. El coeficiente medio de albedo es 0,3, pero su valor varía según el color del área medida. La siguiente tabla muestra el porcentaje de albedo por superficie.

Tabla 1

Porcentaje de albedo dependiendo la superficie

Superficies naturales	Albedo (%)	Superficies artificiales	Albedo (%)
Nieve reciente	80-90	Cal, yeso, aluminio pulido	80-90
Arena brillante y fina	35-40	Pintura blanca	70-80
Arena clara o gruesa	30-35	Pintura colores blancos	60-70
Suelo desértico	25-30	Mármol, acero inoxidable	50-60
Suelo agrícola seco	20-25	Pintura colores medios y grises	40-50
Suelo agrícola cultivado	15-20	Hormigón claro, acero galvanizado	30-40
Bosque frondoso	10-15	Ladrillo rojo, hormigón medio	20-30
Suelo volcánico (picón)	5-10	Pinturas oscuras	10-20
Agua profunda	5-10	Asfalto	5-15

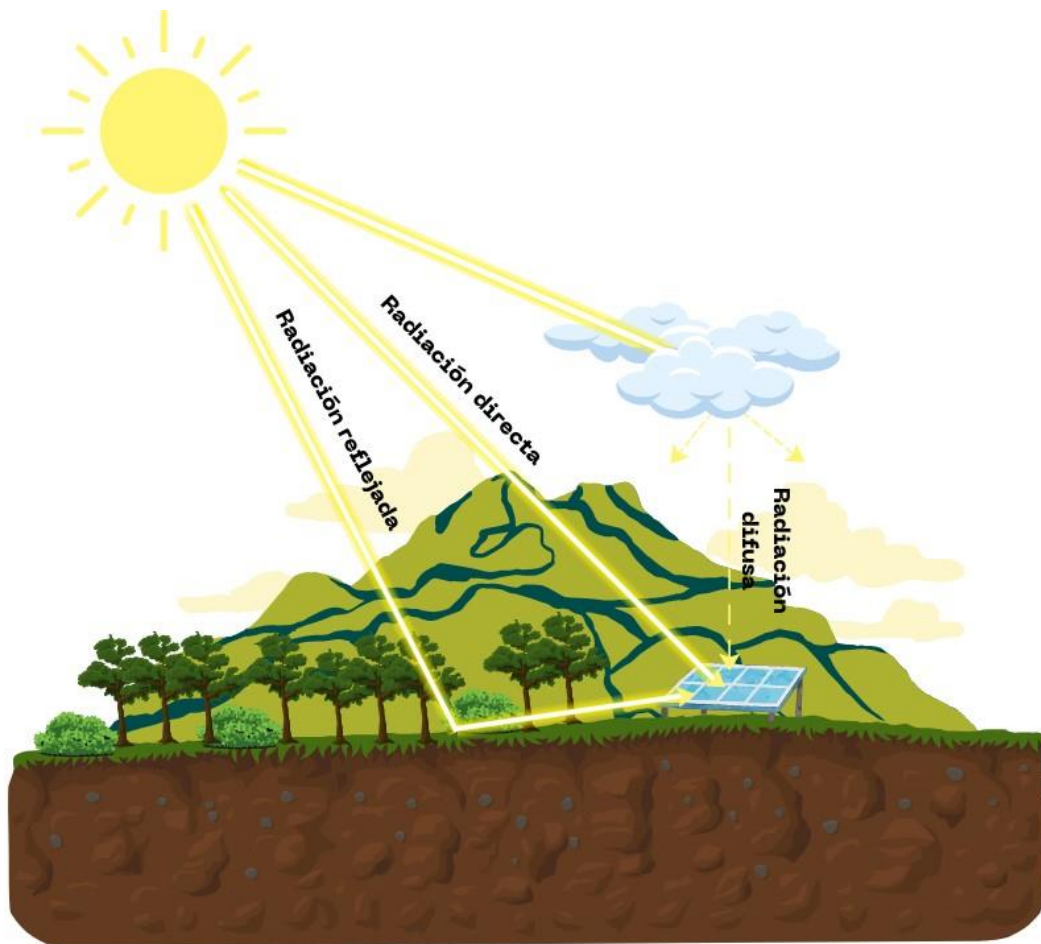
Nota. Tabla adaptada de distintos porcentajes de albedo dependiendo de una superficie natural o artificial (Turner, J., & Parisi, A, 2018).

2.2.4. Radiación global

Es toda la radiación solar que llega a la Tierra, medida sobre una superficie horizontal en un ángulo de 180 grados. Esta radiación es el resultado de la suma de la radiación solar directa y la radiación solar difusa que se dispersa en la atmósfera y llega a la superficie terrestre. La radiación global es un indicador importante para calcular el balance energético de la Tierra y la producción de energía solar (Lema Puruncaja, Zuleta Mediavilla, 2015).

Figura 3

Formas de emisión solar



Nota. La figura 3 muestra las distintas formas de emisión solar que la radiación adopta una vez llegan a la superficie terrestre. Elaborado por: La autora, 2024

2.3. Determinantes o factores que influyen en la radiación UV:

La intensidad de la radiación UV depende de varios factores, tales como: altura del sol, latitud, nubosidad, reflectancia del suelo, altitud y ozono, que son los factores que más afectan a las diferentes ciudades del Ecuador.

2.3.1. La altura del sol

La altitud del sol es un factor importante en la exposición a los rayos UV. Cuanto más alto esté el sol en el cielo, mayor será la intensidad de la radiación ultravioleta. Esto se debe a que la luz solar debe atravesar menos atmósfera antes de llegar a la superficie de la Tierra, lo que reduce la absorción de radiación de onda corta, como la radiación ultravioleta. En latitudes más bajas, donde el sol está más alto en el cielo, la exposición a los rayos UV puede ser más intensa y los efectos adversos como quemaduras solares y cáncer de piel pueden ser más comunes. Por ello, se recomienda tomar medidas de protección solar durante las horas del día en las que el sol está en su punto más alto, especialmente cuando el sol está al mediodía.

Figura 4

Relación altura del sol con la radiación UV



Nota. La figura 4 muestra la relación proporcional que tiene la altura del sol con la intensidad de la radiación ultravioleta. Elaborado por: La autora, 2024.

2.3.2. La latitud

En general, se puede decir que cuanto más cerca esté una persona del ecuador, mayor será la exposición a la radiación ultravioleta. Esto se debe a que los rayos del sol que caen directamente sobre el ecuador tienen que atravesar menos atmósfera para llegar a la superficie terrestre, lo que resulta en una menor absorción de radiación de onda corta, como la radiación ultravioleta. En cambio, en latitudes altas, como los polos, la frecuencia de la luz solar es menor y la exposición a la radiación UV es menor. Por lo tanto, se recomienda protección solar en latitudes más bajas, cuando el sol está en su punto más alto durante el día, especialmente al mediodía (Zuñiga Miranda, Granda Luces, 2019).

2.3.3. La nubosidad

La cobertura de nubes juega un papel importante en la cantidad de radiación ultravioleta que llega a la superficie de la Tierra. Los rayos ultravioletas del sol pueden atravesar las nubes, pero en un día nublado puede llegar menos radiación ultravioleta a la superficie que en un día despejado. Sin embargo, la cantidad de radiación ultravioleta que penetra las nubes depende del número, la altura y la densidad de las nubes. Por eso es importante usar protector solar incluso en días nublados si vas a estar expuesto a la radiación ultravioleta durante mucho tiempo, especialmente cuando el sol está en su punto máximo durante el día (Torres Londoño, 2018).

2.3.4. La reflexión por el suelo

La reflectancia del suelo es un factor importante en la exposición a los rayos UV. De manera similar a la radiación ultravioleta que ingresa a la atmósfera, la radiación ultravioleta reflejada desde la superficie de la Tierra también puede ser una fuente de radiación ultravioleta. Muchas superficies, incluidas la nieve, la arena y el agua, reflejan los rayos del sol y aumentan la exposición general a los rayos UV. Esto aumenta el riesgo de efectos negativos para la salud, como quemaduras solares, daños oculares y cáncer de piel. Por lo tanto, la protección solar es necesaria incluso cuando se está al aire libre en áreas con superficies altamente reflectantes,

especialmente cuando el sol está en su punto más alto durante el día (Zuñiga Miranda, Granda Luces, 2019).

2.3.5. La altitud

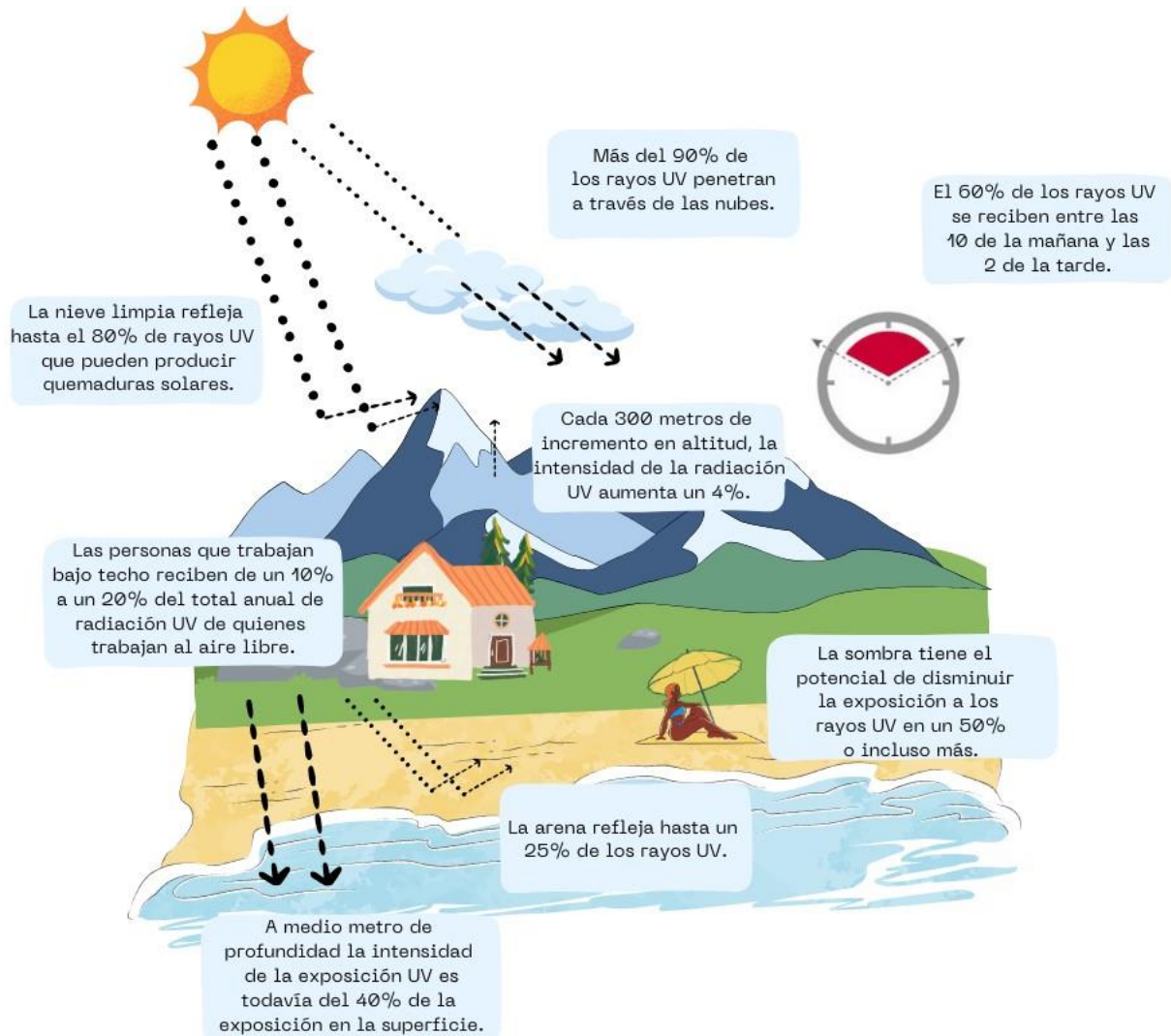
La altitud es un factor importante en la exposición a los rayos UV. La intensidad de la radiación ultravioleta aumenta con la altitud porque hay menos atmósfera para absorber los rayos dañinos del sol. Por lo tanto, la exposición a la radiación ultravioleta en altitudes elevadas, como en zonas montañosas, puede ser mayor, lo que aumenta el riesgo de efectos adversos para la salud, como quemaduras solares y cáncer de piel. Además, la altitud afecta la cantidad de radiación ultravioleta que llega a la superficie de la Tierra a través de los reflejos de la nieve y otros tipos de terreno. Por lo tanto, es importante usar protector solar cuando se esté al aire libre a gran altura, especialmente cuando el sol está en su punto más alto durante el día.

2.3.6. El Ozono

El ozono juega un papel importante en la radiación ultravioleta. La capa de ozono en la atmósfera inferior actúa como un escudo protector, que puede eliminar la mayoría de los rayos UV-C y los rayos UV-B. Esto es importante porque la exposición prolongada a la radiación ultravioleta puede provocar efectos negativos para la salud, como quemaduras solares, daños oculares y cáncer de piel. Los productos químicos industriales también dañan la capa de ozono y aumentan la cantidad de radiación ultravioleta que llega a la superficie terrestre. Por eso es importante usar ropa protectora, un sombrero y protector solar para reducir la exposición a los rayos UV cuando esté al aire libre cuando el sol está en su punto más alto durante el día, especialmente si vive en un área con escasez de ozono (Torres Londoño, 2018).

Figura 5

Factores que inciden en la radiación UV



Nota. La figura 5 muestra los factores que influyen en la radiación UV y su impacto en la superficie terrestre, además de, los seres vivos. Fuente: World Health Organization, (2018)

Como ya se mencionó, pequeñas dosis de radiación UV son beneficiosas para que el cuerpo produzca vitamina D, pero con una exposición continuada, puede causar graves consecuencias y poner en peligro la salud; el comportamiento de las personas frente al sol se considera el problema de la piel de las últimas décadas. Una de las principales razones por las que la incidencia del cáncer está aumentando. El aumento de las actividades al aire libre y los nuevos hábitos de bronceado a menudo conducen a una exposición excesiva a los rayos UV, y muchas

personas creen que la exposición intensa al sol es normal (González Púmariega et al., 2009, 69-80).

2.4. Efectos de la radiación ultravioleta en la salud

2.4.1. Efectos positivos

La radiación ultravioleta es esencial para la vida porque los UV-B son más beneficiosos para la síntesis de vitamina D en la piel, un nutriente esencial para la absorción de calcio y el desarrollo saludable de los huesos, así como para el tratamiento de ciertas afecciones de la piel como la psoriasis, una enfermedad cíclicamente progresiva, lesiones cutáneas que se presentan como manchas rojas con escamas blancas, principalmente en zonas como el cuero cabelludo, codos y rodillas; la afección suele provocar ardor y picazón) y cataratas en los ojos (Chambi, 2018).

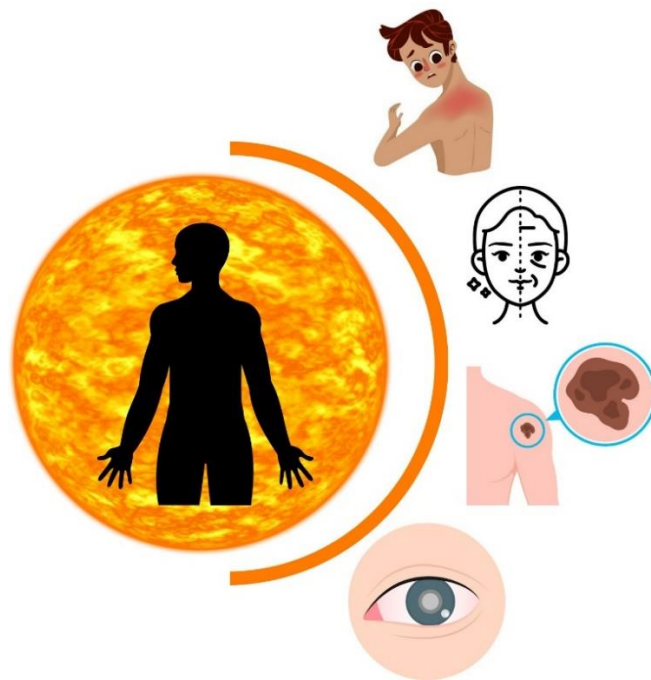
2.4.2. Efectos negativos

La exposición a la radiación ultravioleta puede generar en el ser humano graves efectos en la salud de los ojos, piel y sistema inmune (Cañarte Soledispa, 2010, 26-33).

Algunos efectos que se producen por la exposición de radiación ultravioleta son: quemaduras solares, envejecimiento de la piel, cáncer de piel, consecuencias en la salud ocular y sistema inmunológico.

Figura 6

Daños por el exceso de la radiación UV



Nota. La figura 6 muestra los efectos negativos de la sobreexposición a la radiación ultravioleta, específicamente en la piel y ojos. Elaborado por: La autora, 2024.

2.4.2.1. Quemaduras Solares

Las quemaduras solares son un efecto común de la exposición a la radiación ultravioleta (UV) del sol. La radiación UV puede dañar la piel y provocar inflamación e irritación, lo que puede resultar en enrojecimiento, picor, sensibilidad y dolor. Además de las quemaduras solares, la exposición prolongada a la radiación UV puede aumentar el riesgo de desarrollar cáncer de piel y otros problemas de salud. Por lo tanto, es importante tomar medidas de protección solar adecuadas, como usar protección solar, ropa protectora y evitar la exposición prolongada al sol durante las horas del día en que el sol está más alto en el cielo. (Sigvas, 2018, 151-163)

2.4.2.2. Envejecimiento de la piel

La exposición prolongada a la radiación ultravioleta (UV) del sol puede causar envejecimiento prematuro de la piel. La radiación UV penetra en las capas más profundas de la

piel y daña las fibras que le dan elasticidad y firmeza, lo que puede provocar arrugas, manchas de la edad y una textura áspera en la piel. Además, la exposición al sol también puede debilitar el sistema inmunológico de la piel, lo que puede hacer que sea más vulnerable a los efectos nocivos de los contaminantes ambientales y los patógenos. Por lo tanto, es importante tomar medidas para proteger la piel de la radiación UV, como usar sombreros, ropa protectora y protector solar de amplio espectro y evitar la exposición prolongada al sol. (Reinosa-Valladares, y otros, 2018)

2.4.2.3. Cáncer de piel

La Organización Mundial de la Salud informa que en 2020 se diagnosticaron más de 1.5 millones de casos de cáncer de piel a nivel mundial, con más de 120,000 fallecimientos debido a esta enfermedad prevenible. La principal causa de este cáncer es la sobreexposición a la radiación ultravioleta, agravada por el adelgazamiento de la capa de ozono (Organización Mundial de la Salud, 2022). La sobreexposición a esta radiación puede dañar el ADN de las células de la piel, aumentando el riesgo de desarrollar células anormales que pueden convertirse en cáncer.

La exposición prolongada al sol o a camas de bronceado incrementa dicho riesgo (Lam-Vivanco, Espinoza-Carrión, Santos-Luna, & García-González, 2018). Para mitigar esta amenaza, se recomiendan medidas de protección como el uso de protector solar, ropa adecuada y evitar la exposición solar en las horas de mayor radiación UV. La concienciación sobre cualquier cambio en la piel que pueda indicar cáncer de piel también es crucial para reducir este riesgo.

2.4.2.4. Impactos en la visión y ojos

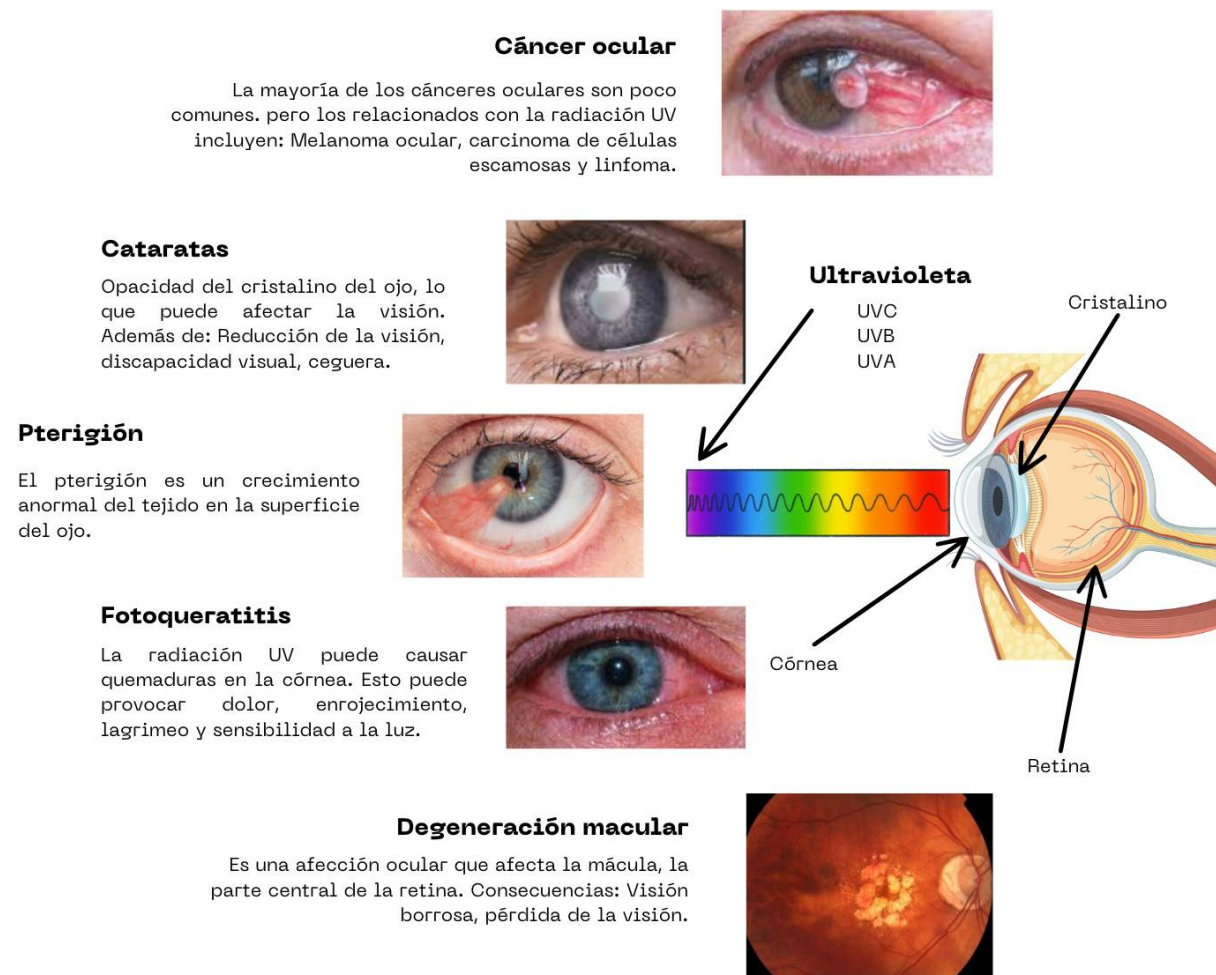
La radiación ultravioleta puede causar efectos oculares agudos y crónicos en la salud, incluyendo cataratas, degeneración macular relacionada con la edad y cáncer de piel en los párpados y la piel que rodea los ojos. El UVA puede empeorar los daños causados por el UVB

en los ojos y el UVB puede dañar el ADN y causar quemaduras e irritación en los ojos (González, 2018). Los efectos oculares más comunes son la fotoqueratoconjuntivitis (resplandor del soldador), cataratas y fotoretinitis.

Es importante proteger los ojos de la radiación UV al usar gafas de sol que ofrezcan protección contra los rayos UVA y UVB, y evitar la exposición directa al sol durante las horas de mayor intensidad de radiación.

Figura 7

Problemas oculares causados por el exceso a la radiación UV



Nota. La Figura 7 ilustra los efectos oculares derivados de la sobreexposición a la Radiación Ultravioleta. Elaborado por: La autora, 2024.

2.4.2.5. Consecuencias en el Sistema Inmunológico

Algunos científicos han descubierto que la sobreexposición a la radiación UV puede suprimir el funcionamiento del sistema inmunológico del cuerpo, además de las defensas naturales de la piel. La radiación ultravioleta daña las células del sistema inmunológico y suprime la respuesta inmunológica del organismo. Algunos estudios sugieren que la exposición a la radiación ultravioleta puede reducir la capacidad del sistema inmunológico para combatir infecciones y enfermedades, además de que han demostrado que la exposición a niveles medioambientales de radiación UV altera la actividad y distribución de algunas células responsables de desencadenar las respuestas inmunitarias en el ser humano.

2.4.2.6. Impactos biológicos ocasionados por la radiación UV

La excesiva exposición a los rayos ultravioleta conlleva a la aparición de irregularidades en la piel humana. Algunos de los principales resultados y consecuencias provocados por la radiación UV son:

Impactos inmediatos incluyen:

- Estimulación de la producción de vitamina D.
- Generación de calor.
- Cambios inmediatos en el tono de piel debido a la exposición de radiación UVA.

Efectos retardados abarcan:

- Enrojecimiento de la piel tras exposición prolongada a la radiación UVA y UVB.
- Engrosamiento de la capa exterior de la piel.
- Desarrollo más lento del tono bronceado por la exposición a los rayos UVB.

Consecuencias a largo plazo comprenden:

- El envejecimiento prematuro de la piel por la exposición crónica al sol.
- Condiciones cutáneas anormales y reacciones a la luz.
- Riesgo incrementado de desarrollar cáncer de piel.

2.5. Índice de Radiación Ultravioleta:

El índice ultravioleta solar global (IUV) es una medida de la intensidad de la radiación ultravioleta del sol en la superficie de la tierra. El índice se expresa como un valor mayor que cero; cuanto mayor sea el índice, mayor será la posibilidad de daño en la piel y los ojos y menor será el tiempo que tarda en ocurrir ese daño. El índice UV es necesario debido a la incidencia de cáncer de piel que existe en personas de piel clara de todo el mundo y a la exposición intensa de radiación UV, sirve como una herramienta de advertencia y concienciación a la población sobre los riesgos de exposición a la radiación UV y que mediante esto las personas pueden optar por medidas de protección, con esto se busca que menore los efectos perjudiciales para la salud y costos de atención médica (Galván, 2018).

El índice UV oscila en una escala de 0 a 11 según la Organización Mundial de la Salud (OMS) y de 0 a 16 según la Federación Ecuatoriana de la Psoriasis (FEPSO) y el Instituto de Física Rosario de Argentina (IFIR). La razón de la discrepancia del índice de radiación UV es debido a que no se puede comparar el tipo de piel (tipo II) de un individuo que vive en el hemisferio norte con otra persona que reside en las zonas tropicales (tipo de piel III a V) como se indica en la tabla 3 y 4.

Tabla 2*Tipos de piel y la protección solar necesaria ante la radiación UV*

Fototipos	Piel	Protección solar necesaria	Factor de protección
I	Rosada y muy pálida	Máxima	50+
II	Clara	Muy alta	50+
III	Clara en invierno y bronceada en verano	Alta	30-50+
IV	Morena	Normal	30-50+
V	Oscura	Normal-Baja	20-50+
VI	Muy oscura o negra	Baja	20-30+

Nota. Tabla adaptada de la guía de protección para los distintos tipos de piel (Galván Meza, R. R., 2018).

Tabla 3*Clasificación del índice de radiación UV según la OMS*

Valores del índice de radiación ultravioleta	Categoría de exposición
0-2	Mínimo
3-4	Bajo
5-6	Moderado
7-9	Alto
>11	Muy Alto

Nota. Datos del índice de radiación ultravioleta (Organización Mundial de la Salud, 2018).

Tabla 4*Clasificación del índice de radiación UV según el SMN de Argentina y el IFIR*

Valores del índice de radiación ultravioleta	Categoría de exposición
1-3	Muy Bajo
4-5	Bajo
6-7	Moderado
8-10	Alto
11-15	Muy Alto
>16	Extremo

Nota. Datos del índice de radiación ultravioleta según el SMN de Argentina y el IFIR (Luccini, Carbajal, Nollas, Orte, & Wolfram, 2020).

En los países con regiones de latitudes bajas e intermedias la radiación solar es mucho más intensa y por lo mismo, los habitantes poseen fototipos más altos y con mayor protección. Según el Instituto de Física Rosario de Argentina (IFIR) la clasificación tendrá valores con un rango más extenso como se presenta en la tabla 4.

Tabla 5*Fototipo de la piel y su reacción a la sobreexposición de la radiación UV*

Fototipo de piel	Definición del típico fototipo de piel	Reacción de la piel a la sobreexposición de la radiación UV	Descripción	DEM UVA (mJ/cm²)	DEM UVB (mJ/cm²)
I	Cabello pelirrojo, rubio. Ojos azules, verdes. Piel muy clara.	Siempre se quema. No se broncea. Extremadamente sensible.	Siempre se quema con facilidad, nunca se broncea. Poca o escasa pigmentación en la piel.	20-35	15-30
II	Cabello claro a intermedio. Ojos claros a intermedios. Piel clara a intermedia.	Generalmente se quema. Raramente se broncea. Muy sensible.	Siempre se quema con facilidad. Se broncea mínimamente y con dificultad. Ligera pigmentación.	30-45	25-40
III	Cabello de color intermedio. Ojos intermedios a oscuros. Piel intermedia a oliva.	Se quema moderadamente. Generalmente se broncea. Sensible.	Se quema mínimamente. Se broncea de manera gradual y uniforme (café claro).	40-55	30-55
IV	Cabello oscuro. Ojos oscuros. Piel de oliva oscura a moreno claro.	Se quema levemente. Moreno moderado. Moderadamente sensible.	Se quema mínimamente. Siempre se broncea (café moderado).	50-80	40-60
V	Cabello oscuro. Ojos oscuros. Piel morena.	Rara vez se quema. Moreno oscuro. Mínimamente sensible.	Rara vez se quema. Se broncea intensamente (café oscuro).	70-100	60-90
VI	Cabello oscuro. Ojos oscuros. Piel muy oscura.	No se quema. No hay cambio en el color. Insensible o mínimamente sensible.	Nunca se quema. Se broncea intensamente (café oscuro o negro).	100	90-100

Nota. Tabla adaptada de Fitzpatrick's Dermatology, reacción y características que toma la piel a la sobreexposición de la radiación UV (Kang, 2019).

El fototipo se refiere a la capacidad de la piel para responder a la radiación UV y en función del mismo se adoptan medidas de protección. El color de la piel dentro de cada raza varía con la estimulación de la radiación solar, además de que el sistema de Fototipos de Piel

de Fitzpatrick se basa principalmente en escuchar el reporte del mismo paciente con respecto a la exposición de la piel luego de una reacción solar significativa, tal reporte se basa en preguntar al paciente cuanto se quema y cuanto se broncea.

En las dos últimas columnas de la tabla 3 se presentan valores de energía de la radiación UVA y UVB que puede absorber la piel teniendo en cuenta cada fototipo. El índice ultravioleta se calcula multiplicando la irradiancia eritemática en W/m² por 40.

La escala de colores para el índice UV se clasifica en cuatro rangos de acuerdo a la intensidad de radiación UV y esta división ayuda a concientizar y comprender lo perjudicial que es la exposición solar en una hora y día determinado. (López Pérez & Mancheno Alcoser, 2016)

2.6.Estado actual ante los efectos de la radiación ultravioleta

2.6.1. Situación actual del Ecuador ante los efectos de la radiación solar (UV)

En Ecuador, al estar ubicado en una región ecuatorial, suele tener niveles altos de radiación UV debido a su posición geográfica cercana a la línea del ecuador. Desde 2005, en colaboración entre el Instituto de Física Rosario de Argentina y la Fundación Ecuatoriana de Psoriasis, se ha desarrollado el Índice UV en varias áreas ecuatorianas, como Cuenca, Guayaquil, Galápagos, Manta y Quito.

El Índice de Radiación Ultravioleta (IUV) en el Distrito Metropolitano de Quito se clasifica en una escala del 0 al 11, según la Guía de la Organización Mundial de la Salud. Debido a la altitud y ubicación ecuatorial a 2800 metros sobre el nivel del mar, Quito experimenta niveles de radiación ultravioleta entre los más altos del mundo, especialmente durante los meses de junio a septiembre, con vientos fuertes, altas temperaturas y cielos despejados.

La Secretaría de Ambiente del Municipio de Quito monitorea la radiación UV desde 2003 con un radiómetro y solmáforos en parques clave. En 2022, el 37.25% de los días tuvieron

niveles de IUV superiores a 11, indicando un riesgo extremo. En 2023, ya se registraron 58 días con niveles de IUV superiores a 11 (Quito Informa, 2023).

Cada categoría del índice UV se refiere a un nivel de riesgo de exposición a la radiación ultravioleta y se clasifica de la siguiente manera:

Figura 8

Clasificación del índice de radiación ultravioleta



Nota. La figura 8 muestra los distintos niveles de riesgo de exposición a la radiación UV y las sugerencias a considerar. Fuente: (Delgado & Mendez, 2018).

Tabla 6*Acciones de protección solar ante los niveles de radiación UV*

Intervalo de valores del índice UV	Categoría de exposición	Acciones de protección solar	Tiempo máximo de exposición
0-2	Bajo	Puede permanecer en el exterior sin riesgo.	...
3-5	Moderado	Se aconseja aplicar protector solar, usar sombrero, gafas de sol y buscar sombra durante las horas pico del sol.	45 minutos
6-7	Alto	Se recomienda tomar precauciones adicionales, como evitar la exposición al sol al mediodía, usar protección solar adecuada, ropa protectora y buscar sombra.	30 minutos
8-10	Muy Alto	Se debe minimizar la exposición directa al sol, buscar sombra, usar ropa protectora, gafas de sol y aplicar protector solar con frecuencia.	25 minutos
11+	Extremo	Se recomienda evitar la exposición al sol tanto como sea posible, especialmente al mediodía, y tomar medidas extremas de protección, como usar ropa que cubra la mayor parte del cuerpo, sombreros de ala ancha, gafas de sol y aplicar protector solar cada pocas horas.	10 minutos

Nota. Tabla adaptada con el tiempo máximo de exposición de cada índice ultravioleta (INAMHI Ecuador, 2019).

Es importante seguir estas recomendaciones para proteger la piel y prevenir quemaduras solares y otros efectos más graves, como el cáncer de piel.

1.1.1. Organización Mundial de la Salud (OMS)

La Organización Mundial de la Salud (OMS) es una agencia de las Naciones Unidas que brinda orientación y recomendaciones sobre una amplia gama de temas relacionados con la salud, incluida la radiación ultravioleta (UV). Aunque la OMS no tiene una presencia específica en Ecuador, sus directrices y recomendaciones son aplicables a nivel mundial, incluido Ecuador. Aquí hay algunos aspectos clave sobre la posición de la OMS ante la radiación UV:

- **Riesgos para la salud:** La OMS reconoce que la exposición excesiva a la radiación UV puede tener efectos perjudiciales para la salud humana, como quemaduras solares, daño ocular, envejecimiento prematuro de la piel y aumento del riesgo de cáncer de piel.
- **Niveles de exposición recomendados:** La OMS establece límites de exposición a la radiación UV y recomienda la adopción de medidas de protección adecuadas para

minimizar los riesgos. Esto incluye la promoción de prácticas de protección solar y el fomento de políticas de prevención en diversos sectores, como la salud, la educación y el turismo.

- **Protección personal:** La OMS enfatiza la importancia de tomar medidas de protección personal, como usar protector solar de amplio espectro con un FPS adecuado, ropa protectora, sombreros de ala ancha y gafas de sol para reducir la exposición a la radiación UV.
- **Políticas de salud pública:** La OMS alienta a los países a implementar políticas de salud pública para abordar los riesgos de la exposición a la radiación UV. Esto puede incluir la promoción de la educación sobre los efectos de la radiación UV, el fomento de la disponibilidad de protectores solares y la implementación de medidas de prevención en entornos de trabajo al aire libre.

Si bien la OMS proporciona directrices y recomendaciones generales, los países y las autoridades locales, como Ecuador, pueden adaptar y complementar estas recomendaciones en función de las condiciones y necesidades específicas del país.

1.1.2. INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología)

El INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología) es la entidad encargada de monitorear y estudiar los fenómenos meteorológicos y climáticos en Ecuador. En los meses de marzo, abril, mayo, junio y julio de 2023 el INAMHI ha registrado un índice de radiación UV bastante alto, precisamente en los niveles “ALTO” hasta “EXTREMADAMENTE ALTO”, llegando a afectar a la población ecuatoriana, vida vegetal y animal.

Así como se registró el año pasado, desde la mitad de enero de 2024, el INAMHI ha registrado altos y extremadamente altos índices de radiación UV en varias zonas del Ecuador. En la parte de anexos se muestran mapas del país con los máximos rayos UV en las diferentes

provincias. Por ejemplo, Carchi, Imbabura, Pichincha, parte de Napo y Galápagos, Loja y Zamora Chinchipe, se anticipa que los niveles de radiación solar estarán clasificados como 11, es decir, extremadamente altos.

En áreas como Sucumbíos, Orellana, Pastaza, Morona Santiago, Azuay, Cañar, Chimborazo, Tungurahua, Cotopaxi, El Oro, Guayas, Santa Elena y parte de Napo y Galápagos, se espera que los niveles de radiación oscilen entre 8 y 10, clasificándose como muy altos.

En regiones como Esmeraldas, Manabí, Santo Domingo de los Tsáchilas, Los Ríos y Bolívar, se anticipa que los niveles de radiación se ubiquen en 7, es decir, alto.

Ante estas condiciones, el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) recomienda medidas preventivas como el uso de protector solar, evitar la exposición en zonas abiertas entre las 10:00 y las 16:00 horas, y asegurarse de mantener una adecuada hidratación.

1.1.3. Sociedad de Lucha Contra El Cáncer del Ecuador (SOLCA)

La Sociedad de Lucha Contra el Cáncer del Ecuador (SOLCA) es una institución sin fines de lucro que se dedica a la atención integral de pacientes con cáncer en Ecuador. Su misión incluye la prevención, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación de personas afectadas por diferentes tipos de cáncer, incluido el cáncer de piel.

En la lucha contra el cáncer de piel, las organizaciones como SOLCA desempeñan un papel crucial al educar a la comunidad sobre las medidas preventivas, promover la importancia de realizar autoexámenes de la piel y proporcionar servicios médicos especializados para el diagnóstico y tratamiento temprano de esta enfermedad. Además, estas organizaciones suelen estar comprometidas con la investigación y la difusión de información actualizada sobre el cáncer de piel y sus factores de riesgo.

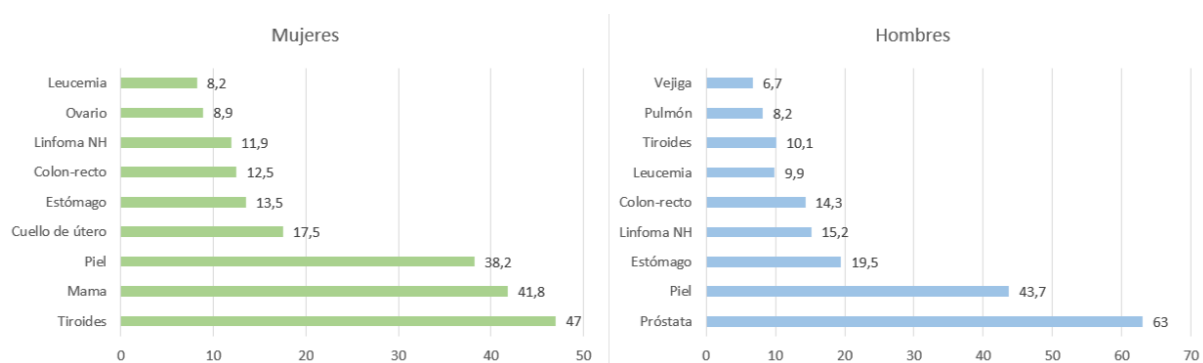
1.1.3.1.SOLCA Núcleo de Quito

La tasa normalizada informada por (SOLCA Núcleo de Quito, 2022) se deriva de un análisis de muestra que considera cada 100,000 habitantes de la ciudad. Es importante destacar que esta área es la más susceptible en el país, dado que se sitúa en el ecuador, lo que la convierte en una región de elevado riesgo en términos de exposición solar y, por ende, de incidencia de cáncer de piel.

En Quito, al igual que en todo el mundo, se evidencia un continuo aumento en las tasas de incidencia y mortalidad por cáncer. Este incremento en el número de casos se atribuye, en parte, a la transformación demográfica de la población de la ciudad, que ha experimentado un crecimiento duplicado y un envejecimiento significativo desde 1985 hasta 2017. La figura 9 presenta las ubicaciones más comunes para el cáncer, abarcando el cáncer de piel no melanoma debido a su prevalencia.

Figura 9

Tasas estandarizadas de incidencia de las ubicaciones principales en la Ciudad de Quito por cada 100.000 habitantes



Nota. La figura muestra las ubicaciones más comunes de cáncer, incluido el cáncer de piel en mujeres y hombres (Sociedad de Lucha contra el Cáncer / Registro Nacional de Tumores, 2019).

En Quito, la incidencia alcanza 43,7% en hombres y el 38,2% en mujeres, observando que los hombres tienen una mayor posibilidad de padecer cáncer de piel.

1.2.Regulaciones y estándares de seguridad relacionados con la radiación ultravioleta (UV)

Las regulaciones y estándares de seguridad relacionados con la radiación ultravioleta (UV) son establecidos por diversas organizaciones a nivel internacional y nacional. A continuación, se mencionan algunas de las regulaciones y estándares relevantes:

Tabla 7

Regulaciones y estándares relevantes sobre la radiación UV

Organización/Agencia	Descripción
Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP)	Organización internacional que establece directrices para la protección contra la radiación no ionizante, incluyendo la radiación UV. Sus recomendaciones abordan límites de exposición en entornos ocupacionales y públicos a la radiación UV.
Organización Internacional de Normalización (ISO)	La ISO desarrolla estándares específicos relacionados con la radiación UV. Por ejemplo, la norma ISO 21348 proporciona directrices para la medición de la irradiancia UV solar.
Regulaciones Gubernamentales	En muchos países, las agencias de salud y seguridad laboral establecen regulaciones específicas para limitar la exposición a la radiación UV en entornos ocupacionales y públicos. Estas regulaciones incluyen límites de exposición y requisitos para equipos de protección personal.
Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA)	En los Estados Unidos, la OSHA proporciona pautas para la exposición ocupacional a diversos riesgos, incluida la radiación UV. Las pautas incluyen recomendaciones para la implementación de prácticas seguras y el uso de equipo de protección personal.
Comisión Electrotécnica Internacional (IEC)	La IEC desarrolla estándares internacionales para dispositivos eléctricos y electrónicos, algunos de los cuales abordan la seguridad relacionada con la radiación UV en equipos y dispositivos.
Normas de Equipos de Protección Personal (EPP)	Existen normas específicas para equipos de protección personal diseñados para proteger contra la radiación UV, como gafas de sol y ropa con protección UV. Estos estándares garantizan que estos equipos cumplan con ciertos requisitos de seguridad y eficacia.

Nota. Datos tomados de la guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con las radiaciones ópticas artificiales, tabla adaptada (INSHT, 2015).

1.3. Tecnología embebida y sistemas IoT:

La tecnología embebida son sistemas computacionales diseñados para realizar tareas específicas dentro de dispositivos más grandes o sistemas. En el contexto de sistemas de monitoreo en tiempo real, la tecnología embebida es crucial al recopilar datos, procesarlos y

transmitir información en tiempo real. Algunas tecnologías embebidas comunes y sus aplicaciones en sistemas de monitoreo en tiempo real: son los microcontroladores, sistemas en chip (SoC), sistemas en tiempo real (RTOS), comunicación inalámbrica, sensores y acondicionadores de señal, sistemas de almacenamiento y gestión de datos.

Tabla 8

Tecnologías embebidas comunes y sus aplicaciones en sistemas de monitoreo en tiempo real

Categoría	Descripción
Microcontroladores	Chips que integran CPU, memoria y periféricos en un solo paquete. Utilizados para controlar y monitorear dispositivos en tiempo real, recopilando datos de sensores y tomando decisiones basadas en esos datos.
Sistemas en chip (SoC)	Combinan varios componentes (CPU, GPU, memoria, controladores de red, etc.) en un solo chip. Esenciales en sistemas de monitoreo que requieren capacidades avanzadas de procesamiento y conectividad, como vigilancia de redes de sensores en la industria o aplicaciones médicas.
Sistemas en tiempo real (RTOS)	Sistemas operativos críticos para el monitoreo en tiempo real, proporcionan un entorno de ejecución predecible y garantizan respuestas oportunas a eventos. Utilizados en aplicaciones como monitoreo de tráfico, control de procesos industriales, etc.
Comunicación inalámbrica	Tecnologías como Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, LoRaWAN, esenciales para transmitir datos de manera inalámbrica en sistemas de monitoreo. Por ejemplo, en sistemas de monitoreo de salud remotos, la información se transmite a través de Bluetooth o Wi-Fi para análisis en tiempo real.
Sensores y acondicionadores de señal	Sensores fundamentales en sistemas de monitoreo, con interfaces embebidas para interactuar con ellos. Acondicionadores de señal procesan datos analógicos y los convierten en formas digitales para su procesamiento.
Sistemas de almacenamiento y gestión de datos	Dispositivos embebidos pueden incluir memorias flash, eMMC, o sistemas de gestión de bases de datos avanzados. Permiten la recopilación y acceso a datos históricos para análisis posterior en sistemas de monitoreo.

Nota. La tabla muestra la aplicación de cada tecnología embebida y como se desenvuelve en sistemas de monitoreo en tiempo real (García, 2019).

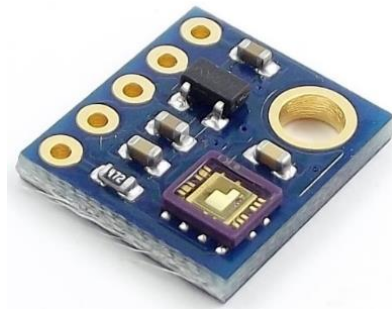
1.4. Sensores de radiación solar/ultravioleta

Los sensores de radiación solar/ultravioleta son dispositivos que pueden medir la intensidad de la luz solar y la cantidad de radiación ultravioleta presente en el ambiente. Estos sensores funcionan de manera similar a los ojos humanos, detectando la radiación en distintas longitudes de onda y convirtiéndola en una señal eléctrica que puede ser procesada por otros sistemas (Nollas, Luccini, Carbajal Benítez, & Wolfram, 2018). De esta manera, se puede obtener

información sobre la cantidad de radiación UV presente en el ambiente y tomar las medidas necesarias para proteger la salud humana.

Figura 10

Módulo sensor de luz ultravioleta (UV) ML8511



Nota. La figura muestra un ejemplo de sensor de radiación UV que existe en el mercado.

Fuente: (Toapanta, 2021).

1.4.1. Características de los sensores de radiación UV

Aquí te presento información de cada característica de los sensores de radiación UV:

Tabla 9

Características de los sensores de radiación ultravioleta

Característica	Descripción
Longitud de onda	Los sensores de radiación UV pueden medir diversas longitudes de onda dentro del espectro ultravioleta.
Sensibilidad	La sensibilidad de los sensores de radiación UV se refiere a su capacidad para detectar incluso pequeñas cantidades de radiación UV.
Estabilidad	La estabilidad de los sensores de radiación UV indica su capacidad para mantener la calibración a lo largo del tiempo y bajo diferentes condiciones ambientales.
Precisión	La precisión de los sensores de radiación UV se refiere a su habilidad para medir con exactitud la intensidad de la radiación UV y proporcionar mediciones precisas.
Rango dinámico	El rango dinámico de los sensores de radiación UV abarca los niveles de radiación que pueden detectar y medir con precisión.
Tiempo de respuesta	El tiempo de respuesta de los sensores de radiación UV se refiere al intervalo que tarda el sensor en detectar y registrar cambios en la intensidad de la radiación UV.

Área de cobertura El área de cobertura representa el tamaño del área que un sensor puede medir en un momento determinado.

Nota. Principales características de sensores UV y su descripción. Elaborado por: La autora, 2024.

Los fotones UV tienen la energía suficiente para excitar y remover los electrones de los átomos y las moléculas, induciendo la formación de radicales e iones.

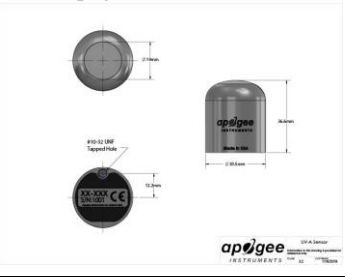


De este efecto los sensores se construyen en base a fotodiodos que absorben la energía solar para luego discriminar las longitudes de onda en las cuales está la radiación UV.

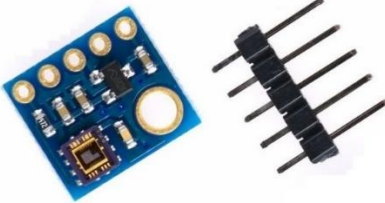

1.4.2. Sensores de radiación UV que existen en el mercado:

En el mercado existen numerosos dispositivos de detección que las empresas ofrecen, así se tienen los siguientes:

Tabla 10

Ejemplos de sensores que existen en el mercado y su descripción

Sensor	Características
<p>SU-200 (Apogee Instruments)</p> 	<p>Puede medir la intensidad de radiación o la densidad de flujo radiativo en el espectro de (300 a 400) nm (UV-A). Adecuado para diversas fuentes de radiación UV como el sol, luces fluorescentes, lámparas germicidas, entre otras.</p>
<p>UVM-30A</p> 	<p>Con una amplia gama espectral de (200 a 370) nm, genera una señal eléctrica analógica que varía según la intensidad de los rayos UV.</p>
<p>SPR200-07</p> 	<p>Instrumento de precisión para medir el índice de radiación UV en la atmósfera. Compatible con la plataforma web Smartyplanet para un análisis instantáneo de los datos registrados.</p>

Sensor	Características
<p data-bbox="193 304 280 327">ML8511</p> 	<p data-bbox="603 271 1406 394">Detecta luz con una longitud de onda entre 280-390 nm, cubriendo tanto el espectro UV-B como el UV-A. La salida analógica está linealmente relacionada con la intensidad UV (mW/cm²), conectándose fácilmente a un microcontrolador para su medición.</p>
<p data-bbox="193 573 344 595">GUVA-S12SD</p> 	<p data-bbox="603 607 1406 752">El GUVVA S12SD es un sensor que utiliza un fotodiodo sensible a la radiación ultravioleta (UV), permitiendo la detección en el rango de 240 a 370 nm de longitud de onda. La señal de salida del sensor es procesada y acondicionada para mantenerse a un nivel de voltaje específico, facilitando su utilización en conjunto con microcontroladores.</p>

Nota. Elaborado por: La autora, 2024.

1.5. Dispositivos embebidos de procesamiento





Un sistema integrado o sistema embebido es un controlador que se encuentra dentro de un sistema más grande para realizar una función dedicada. Se usan en dispositivos modernos, incluidas las máquinas domésticas, como microondas, tostadoras y lavadoras.

La complejidad de un sistema embebido varía según la tarea diseñada, desde un solo microcontrolador hasta un conjunto de chips con periféricos y redes conectadas.

Los sistemas embebidos modernos se basan típicamente en microcontroladores, alejándose de microprocesadores simples. La principal diferencia es que los microprocesadores están compuestos solo por una unidad central de procesamiento, con adiciones como RAM y ROM que se agregan externamente. Los microcontroladores suelen venir con una cantidad fija de memoria incorporada.

Tabla 11

Ejemplos de dispositivos embebidos de procesamiento y su descripción

Dispositivo	Descripción
Raspberry Pi 	Raspberry Pi es una serie de computadoras de placa única (SBC) desarrollada por la Raspberry Pi Foundation. Diseñada como una herramienta educativa, se utiliza en diversos proyectos, desde sistemas de automatización del hogar hasta estaciones meteorológicas.
Arduino 	Arduino es una plataforma de hardware y software de código abierto utilizada para el desarrollo de prototipos en proyectos electrónicos. Su hardware incluye placas con microcontroladores y un entorno de desarrollo integrado (IDE) para la programación de dispositivos embebidos.
BeagleBone 	BeagleBone es una plataforma de desarrollo de una sola placa con un procesador ARM Cortex-A8. Se emplea en el desarrollo de proyectos embebidos y ofrece flexibilidad para la conexión de periféricos.
ESP32 (Espressif) 	ESP32 es un microcontrolador de bajo costo y alto rendimiento con conectividad Wi-Fi y Bluetooth. Comúnmente utilizado en proyectos de IoT (Internet de las cosas) debido a su capacidad de conectividad.

Nota. Elaborado por: La autora, 2024.

1.6. Métodos de detección y medición de radiación UV

La detección y medición de radiación ultravioleta (UV) son cruciales en diversas aplicaciones, como protección solar, monitoreo ambiental, salud y seguridad. Aquí hay algunos métodos comunes de detección y medición de radiación UV:

Tabla 12*Métodos de detección de la radiación ultravioleta y sus aplicaciones*

Método de Detección	Principio de Funcionamiento	Aplicaciones
Fotodiodos UV	Los fotodiodos UV son dispositivos semiconductores que generan una corriente eléctrica cuando son expuestos a la radiación UV. La intensidad de la corriente generada es proporcional a la intensidad de la radiación UV incidente.	Ampliamente utilizados en sensores UV para aplicaciones como monitoreo ambiental y protección solar.
Fototransistores UV	Similar a los fotodiodos, los fototransistores UV amplifican la señal generada por la radiación UV antes de enviarla a la salida. Esto permite una detección más sensible.	Se emplean en aplicaciones donde se requiere una mayor sensibilidad, como en la detección de niveles bajos de radiación UV.
Sensores de Radiación UV Integrados	Estos sensores incorporan fotodiodos o fototransistores junto con circuitos de acondicionamiento de señal. Proporcionan una salida fácilmente interpretable o digital relacionada con la intensidad de la radiación UV.	Comúnmente utilizados en dispositivos portátiles y sistemas de monitoreo ambiental.
Espectrofotometría UV	La espectrofotometría UV implica el uso de un espectrofotómetro para medir la absorbancia de sustancias químicas específicas que reaccionan con la radiación UV. La cantidad de absorbancia se correlaciona con la intensidad de la radiación UV.	Utilizado en laboratorios para análisis químico y estudios de sustancias que absorben radiación UV.
Radiómetros UV	Los radiómetros UV miden directamente la irradiancia UV en una unidad de área específica. Pueden utilizar sensores de fotodiodo o fototransistor para cuantificar la intensidad de la radiación UV.	Se utilizan para la monitorización en tiempo real de la irradiancia UV en entornos exteriores e interiores.
Dosímetros UV	Los dosímetros UV registran la exposición acumulativa a la radiación UV a lo largo del tiempo. Algunos utilizan materiales fotosensibles que cambian de color con la exposición.	Utilizados en entornos laborales o actividades al aire libre para evaluar la exposición acumulativa a la radiación UV.

Nota. Elaborado por: La autora, 2024.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Durante la ejecución del proyecto "Diseño e Implementación de un Sistema Automático de Detección de Niveles de Radiación UV basado en Arquitectura Embebida en la Universidad Politécnica Salesiana-Campus El Girón", se utilizó una variedad de materiales y dispositivos para lograr una medición precisa de la radiación solar UV.

2.1.MATERIALES

2.1.1. Materiales para el diseño del Hardware

Se elaboró el componente físico esencial, conformado por el armazón metálico con trípode. Este elemento proporcionó la estructura y soporte necesario para la instalación y ubicación estable del sistema en el entorno exterior del campus El Girón de la UPS. La captación de la radiación UV del sensor GUVA-S12SD y de la matriz de LEDs de alta intensidad, se garantiza con la ubicación del sensor en la parte superior del armazón metálico, optimizando la captura precisa de la radiación solar y la visualización efectiva de los niveles de radiación UV. El sensor UV GUVA-S12SD de esta forma cumple un papel importante para captar y medir la radiación ultravioleta, suministrando datos esenciales para la evaluación de los niveles de exposición. La arquitectura embebida se desplegó con el microcontrolador ESP32, que actúa como el núcleo del sistema, coordinando la operación del conjunto.

La matriz de LEDs de alta intensidad, se encuentra respaldada por módulos de relé, que facilitan la visualización efectiva de los niveles de radiación UV de acuerdo con las escalas de la OMS preestablecidas. La conexión eficiente y sincronización adecuada entre estos elementos se logró mediante la conexión adecuada de cables. Asimismo, la alimentación estable del sistema se asegura con una fuente de 5V y 12V, garantizando su operación continua. La compatibilidad y elección estratégica de los materiales fue fundamental para

el éxito del funcionamiento en el dispositivo, logrando eficiencia en la medición y visualización de la radiación UV.

2.1.2. Materiales para el diseño del Software

Se emplean diversos recursos de software para complementar la funcionalidad del sistema. Basados en el lenguaje de programación C en Arduino se realiza la codificación y programación del microcontrolador ESP32, asegurando una operación precisa y coordinada del sistema. La capacidad de programación flexible y el entorno de desarrollo integrado de Arduino facilitan la adaptación y personalización del sistema según los requisitos específicos del proyecto.

Se incorpora la plataforma App Inventor para el desarrollo de la interfaz de usuario y la aplicación móvil asociada al sistema. App Inventor permitió la creación intuitiva de una interfaz interactiva y fácil de usar, facilitando la visualización de datos y la interacción con el sistema desde dispositivos móviles. La combinación de estos recursos de software, incluyendo el lenguaje C en Arduino y App Inventor, proporciona una solución integral y eficiente para la implementación del sistema de detección de radiación UV, garantizando su funcionamiento coordinado y la accesibilidad a los usuarios finales de manera efectiva.

2.2. Ubicación del área de estudio y estado del arte

El estado del arte se basó en la revisión de referencias bibliográficas, obtención de datos históricos y registros oficiales proporcionados por instituciones de salud y relacionadas con datos meteorológicos sobre la incidencia de la radiación UV en la ciudad de Quito, a la vez de la observación directa del área de influencia del proyecto.

Con el fin de conocer la situación actual sobre el conocimiento de aptitudes de foto protección y daño de la incidencia de la radiación UV en la comunidad universitaria se utilizó la herramienta de encuesta mediante preguntas esenciales para comprender la situación actual en relación con la sobreexposición a la radiación solar y sus efectos en la salud pública

a estudiantes, docentes, personal administrativo y de apoyo de la comunidad universitaria. Vera
Anexo

Para el estado del arte se abordaron tres aspectos importantes: la prevalencia de problemas de salud pública derivados de la sobreexposición a la radiación solar, las tecnologías emergentes utilizadas en la construcción de sistemas de monitoreo y alerta temprana para la radiación solar UV, y las normativas existentes que guían el desarrollo y la aplicación de enfoques sanitarios integrales de protección solar. La información fue recabada mediante salidas de campo para observar estaciones meteorológicas, realizar entrevistas, visitar instituciones y observar dispositivos similares ubicados en parques de la ciudad de Quito.

En el siguiente apartado, se muestra la metodología y procedimientos seguidos para el diseño y desarrollo del proyecto.

2.2.1. Encuesta sobre los hábitos de protección solar y concientización de la comunidad universitaria:

Se realizó una encuesta para evaluar el conocimiento que tienen los estudiantes sobre la radiación UV y los riesgos que implica, además de observar si tienen hábitos de protección solar y concientización acerca de los efectos epidemiológicos que ocasiona la sobreexposición a la radiación ultravioleta.

2.2.1.1. Población Objetivo

Se tomó una muestra aleatoria de la comunidad universitaria del campus Girón y campus Sur (estudiantes, docentes y personal administrativo) población objetivo.

En la Tabla 13, se identifica la población en mención para establecer el número de encuestas. El muestreo aleatorio simple de la población permitió establecer la elección de individuos con la misma probabilidad de ser elegidos en el proceso.

Tabla 13*Población objetivo para la realización de la encuesta*

Población objetivo UPS Campus El Girón y el Campus Sur					
	Empleados	Personal Administrativo	Estudiantes	Docentes	Total
Campus El Girón	453	145	6000	272	6870
Campus Sur	242	90	3000	128	3460
Total					10 330

Nota. Población objetivo (Campus Sur y El Girón-UPS)

La encuesta consta de 18 preguntas acerca de los hábitos de protección solar, riesgos asociados a la sobreexposición de la radiación solar (UV), la importancia de disponer de un dispositivo de alerta inmediata en la UPS Campus El Girón y si se considera importante incluir información acerca de la sobreexposición a la radiación UV en el Manual de Seguridad que tiene la universidad.

Para el análisis de resultado de las preguntas de la encuesta se utilizó el MS Excel Export, con la finalidad de tener los detalles de cada pregunta y los correspondientes gráficos para el análisis de los mismos.

Tabla 14

Principales preguntas a realizar en la encuesta

N°	Preguntas
1.	¿Qué rol cumple en la Universidad Politécnica Salesiana?
2.	¿Conoce sobre la radiación ultravioleta (UV) emitida por el sol?
3.	¿Conoce sobre los riesgos que implica la sobreexposición a la radiación UV emitida por el sol?
4.	¿Cuáles considera que son los principales riesgos asociados a la sobreexposición de la radiación UV emitida por el sol?
5.	¿Conoce sobre los niveles de radiación UV en las diferentes horas del día?
6.	¿Cuál es el máximo índice de radiación UV emitida por el sol al que podría exponerse usted?
7.	¿Conoce acerca de las medidas de fotoprotección?
8.	¿Utiliza protector solar antes de salir al aire libre durante el día?
9.	¿Usa protección ocular, como gafas de sol, cuando se encuentra al aire libre?
10.	¿Ha tenido alguna experiencia con la radiación UV emitida por el sol?
11.	¿Considera preocupante en la ciudad de Quito el sobreexponerse a la radiación UV emitida por el sol?
12.	¿Qué tan preocupado está por los efectos de la radiación UV en su salud?
13.	¿Ha notado algún cambio en su piel como resultado de la exposición al sol?
14.	¿A qué hora del día cree usted que debe usar protección ante la radiación UV?
15.	¿Cómo ha obtenido información usted acerca de la importancia de la protección solar?
16.	¿Considera de importancia disponer de un dispositivo de alerta inmediata en el Campus Girón que muestre la radiación UV emitida por el sol y cómo debería protegerse?
17.	Si tuviera información del daño que puede hacer la radiación UV cuando su índice sea peligroso. ¿Qué haría?
18.	¿Cree usted que la Universidad debería incluir en el Manual de Seguridad información sobre la sobreexposición a la radiación UV o implementar programas de capacitación al respecto?

Nota. Preguntas tomadas en varias carreras de la Universidad Politécnica Salesiana Campus Sur y El Girón. Elaborado por: La autora, 2024.

2.2.2. Análisis de Hardware y Software

A continuación, se desarrolla el análisis comparativo del hardware como del software para la selección de dispositivos y aplicaciones adecuadas para el diseño del prototipo.

2.2.2.1. Hardware

En la tabla 15, se muestran 3 sensores de radiación UV que se compararon para la medición de radiación UV.

Tabla 15*Análisis de características comunes de tres sensores de radiación UV*

Característica	UVM-30A	SPR200-07	GUVA-S12SD
Tipo de Sensor	UV (Ultravioleta)	UV (Ultravioleta)	UV (Ultravioleta)
Rango Espectral	200-370 nm	240-400 nm	240-370 nm
Tipo de Salida	Analógica (mV)	Analógica (V)	Analógica (V)
Voltaje de Alimentación	3.3 - 5 V DC	5 V DC	5 V DC
Corriente de Funcionamiento	< 1 mA	< 1 mA	1 mA
Interfaz de Comunicación	No Especificado	No Especificado	No Especificado
Temperatura de Operación	-20°C a 85°C	-40°C a 85°C	-30°C a 85°C
Precisión	No Especificado	±1 nm (aproximadamente)	No Especificado
Montaje	A través de orificios	A través de orificios	A través de orificios
Costo \$	20	430	15

Nota. Elaborado por: La autora, 2024.

Para el análisis comparativo, se estableció costos, marcas y sobre todo garantía de marcas en el mercado de estos equipos. La elección también implica ventajas, como su espectro de respuesta significativamente más amplio, mayor precisión y sensibilidad en la detección de radiación UV y su capacidad para filtrar la radiación no deseada. Tabla 15.

Además de estas características técnicas, el sensor GUVA-S12SD destaca por ser una alternativa de bajo costo y presentar una integración sencilla con sistemas de adquisición de datos y microcontroladores. En conjunto, estos atributos posicionan al GUVA-S12SD como la elección óptima para cumplir con los requisitos específicos del proyecto.

La figura 11, muestra el sensor de luz ultravioleta que se seleccionó y que se utilizó para captar la radiación UV en el dispositivo.

Figura 11

Sensor de luz ultravioleta (UV) GUVA-S12SD que se va a utilizar



Fuente: La autora, 2024.

2.2.2.2.Sistemas Embebidos

En la tabla 16, se presentan las características de tres sistemas embebidos disponibles en el mercado, los cuales fueron comparados con el fin de determinar su capacidad para ser utilizado en el dispositivo desarrollado.

Tabla 16*Análisis de características comunes de tres sistemas embebidos*

Característica	Arduino	ESP32	Raspberry Pi
Tipo de Plataforma	Microcontrolador	Microcontrolador y WiFi/Bluetooth	Computadora de placa única
Potencia de Procesamiento	Baja a Media	Media a Alta	Media a Alta
Conectividad Inalámbrica	Depende del Modelo	WiFi, Bluetooth, BLE	WiFi, Bluetooth, BLE (en modelos específicos)
Entradas/Salidas (GPIO)	Limitado	Amplio	Amplio
Sistema Operativo	Ninguno (o bare metal)	FreeRTOS (o se puede programar sin SO)	Linux
Capacidad de Almacenamiento	Depende del Modelo	Flash integrado	Tarjeta microSD
Interfaz de Desarrollo	IDE de Arduino	Plataforma Arduino IDE, PlatformIO	Diversas opciones, incluyendo IDE y Python
Costo \$	5-50	10-12	100-200
Complejidad del Proyecto	Proyectos simples a medianos	Proyectos simples a complejos	Proyectos medianos a complejos
Aplicaciones Típicas	Proyectos de electrónica básica, sistemas embebidos simples	Internet de las cosas (IoT), proyectos con conectividad avanzada	Proyectos de computación de propósito general, servidores pequeños, IoT avanzado

Nota. Elaborado por: La autora, 2024.

Similar al análisis llevado a cabo para los sensores de radiación UV, se realizó una evaluación comparativa para determinar la opción más adecuada entre los sistemas embebidos. La elección del sistema embebido, se debió a ventajas como su robusta conectividad inalámbrica, potente capacidad de procesamiento y eficiencia de costos. Además, el ESP32 se posiciona como una solución ideal para proyectos relacionados con conectividad avanzada e Internet de las cosas (IoT), proporcionando un equilibrio efectivo entre funcionalidad y rentabilidad.

Esta elección se sustenta en la versatilidad, costo y potencia del ESP32, que lo convierte en una herramienta valiosa para proyectos que requieren tanto capacidades de procesamiento avanzadas como una conectividad eficiente en términos de costos.

2.2.2.3. Dispositivo de visualización

En la tabla 17, se encuentran las características de tres dispositivos de visualización disponibles en el mercado, los cuales fueron comparados con el fin de determinar su capacidad para el desarrollo del dispositivo.

Tabla 17

Análisis de características comunes de tres dispositivos de visualización

Característica	Pantalla LCD	Matriz de LEDs de Alta Intensidad	Pantalla LED
Tipo de Tecnología	LCD (Liquid Crystal Display)	LED (Light Emitting Diode)	LED (Light Emitting Diode)
Iluminación	Requiere retroiluminación	Cada píxel es una fuente de luz	Cada píxel es una fuente de luz
Consumo de Energía	Moderado a Alto	Variable, depende de la intensidad y el tamaño	Variable, depende del brillo y el tamaño
Contraste	Bueno	Excelente (puede ser alto)	Excelente (puede ser alto)
Flexibilidad	Limitada	Alta (depende de la matriz y controladores)	Moderada a Alta (depende del tipo)
Resolución	Buena a Muy Buena	Variable, depende de la cantidad de LEDs	Variable, depende de la cantidad de LEDs
Ángulo de Visión	Bueno a Muy Bueno	Variable, depende del diseño y la distancia	Muy Bueno
Tiempo de Respuesta	Bueno a Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno
Costo \$	10-20	10-15	50-1000
Aplicaciones Típicas	Monitores, Pantallas de TV	Letreros luminosos, Displays exteriores	Pantallas gigantes, Señalización Digital

Nota. Elaborado por: La autora, 2024.

De igual manera, se llevó a cabo un análisis exhaustivo y una evaluación comparativa de los dispositivos de visualización detallados en la Tabla 17.

La elección del dispositivo de visualización se fundamentó en su capacidad para proporcionar una visualización brillante, de alto contraste y duradera. Estas características son especialmente beneficiosas en aplicaciones que implican entornos exteriores o que requieren niveles específicos de brillo, como es el caso de nuestro dispositivo de medición de radiación UV. La Matriz de LEDs de Alta Intensidad se posiciona como la elección ideal para garantizar una representación visual clara y duradera en condiciones ambientales diversas.

La figura 12 y la figura 13, muestra la parte delantera y posterior de la matriz de LEDs seleccionada, insumo que ofrece máxima potencia lumínica y de alto consumo en el parque automotriz.

Figura 12

Matriz de LEDs de alta intensidad elegidos



Elaborado por: La autora, 2024.

Figura 13

Parte trasera de la matriz de LEDs de alta intensidad



Elaborado por: La autora, 2024.

2.2.3. Software

2.2.3.1. Lenguajes de programación para sistemas embebidos

Se presenta un análisis de características de tres principales lenguajes de programación para sistemas embebidos, los cuales fueron comparados con el fin de determinar su capacidad de uso para ser utilizado en la elaboración del sistema. Tabla 18.

Tabla 18*Análisis de características comunes de lenguajes de programación para sistemas embebidos*

Característica	Lenguaje C de Arduino	Python	Assembler
Nivel de Abstracción	Bajo	Alto	Bajo
Facilidad de Aprendizaje	Moderado	Alto	Bajo
Sintaxis	Estructurada	Sencilla y limpia	Dependiente de la arquitectura
Uso de Memoria	Control directo de memoria	Gestión automática de memoria	Control directo de memoria
Velocidad de Ejecución	Rápido	Moderado a Rápido	Rápido
Flexibilidad	Media	Alta	Baja
Orientación a Objetos	Sí (parcialmente en C++)	Sí	No
Aplicaciones Típicas	Controladores, Hardware de bajo nivel	Desarrollo rápido de aplicaciones, Scripts, Análisis de datos	Programación de bajo nivel, Optimización de código

Nota. Elaborado por: La autora, 2024.

Se realizó un análisis detallado del hardware, se evaluó el software a utilizar, comparando los tres lenguajes de programación presentados.

El Lenguaje C de Arduino fue seleccionado mediante análisis de la información, determinando características que ofrecen eficiencia en recursos, respaldo sólido de la comunidad, acceso directo al hardware y portabilidad; características que resultan fundamentales para el desarrollo de aplicaciones en sistemas embebidos como el ESP32, especialmente en proyectos de detección de radiación UV. Además, este lenguaje permite un control detallado y eficiente, un aspecto crítico en sistemas de detección de radiación UV que exigen una interacción precisa con sensores y actuadores.

La selección del Lenguaje C de Arduino reveló ser la opción más sólida y efectiva para garantizar un desarrollo eficiente y preciso en este tipo de aplicaciones especializadas, ofreciendo una combinación única de eficiencia, respaldo comunitario y capacidad para un control detallado del hardware.

2.2.3.2. Lenguajes o entorno de desarrollo para la aplicación móvil

En la tabla 19, se presenta el análisis de las características de tres lenguajes o entornos de desarrollo para la aplicación móvil, los cuales fueron comparados con el fin de determinar su idoneidad para su utilización en el proyecto.

Tabla 19

Análisis de tres entornos de desarrollo para una aplicación móvil

Característica	App Inventor	Android Studio	Diseño Web
Nivel de Experiencia Necesario	Principiante/Intermedio	Intermedio/Avanzado	Variado
Plataformas de Desarrollo	Android	Android/iOS	Multiplataforma
Lenguaje de Programación	Basado en bloques (No requiere código)	Java/Kotlin	HTML, CSS, JavaScript
Interfaz Gráfica	Interfaz gráfica de bloques visuales	Editor de diseño XML y Vista previa	Interfaz basada en navegadores
Características Avanzadas	Limitadas, enfoque en simplicidad	Completo acceso a las funciones de Android	Amplia gama de funciones web
Integración de Sensores del Dispositivo	Limitada	Total, integración	Dependiente del navegador
Desarrollo Nativo vs. Híbrido	Enfoque en desarrollo híbrido sencillo	Desarrollo nativo Android/iOS	Enfoque en desarrollo web, compatible con dispositivos móviles
Velocidad de Desarrollo	Rápido para prototipos simples	Moderado a Rápido	Variable, dependiendo del diseño y la complejidad
Acceso a Funciones del Dispositivo	Limitado en comparación con Android Studio	Acceso total a funciones de dispositivo	Limitado, dependiente de la compatibilidad del navegador Varía (puede ser gratuito o con costo dependiendo de las herramientas y servicios utilizados)
Costo	Gratuito	Gratuito	
Comunidad y Soporte	Comunidad activa, pero menor que Android Studio	Gran comunidad y soporte de Google	Amplia comunidad web y foros
Aplicaciones Resultantes	Aplicaciones sencillas y educativas	Aplicaciones Android/iOS completas y complejas	Aplicaciones web, adaptadas para dispositivos móviles

Nota. Elaborado por: La autora, 2024.

Alineado con la elección del lenguaje de programación, se realizó un análisis exhaustivo del entorno de desarrollo para una aplicación móvil, para ofrecer información detallada sobre

los niveles de radiación UV a través de la infraestructura y una aplicación descargable en dispositivos móviles. La creación de una tabla comparativa permitió evaluar las opciones disponibles, y después de un análisis minucioso, se concluyó que App Inventor emerge como la elección preferida.

Esta decisión se fundamenta en la destacada facilidad de uso de App Inventor, su capacidad para facilitar un desarrollo rápido y eficiente, así como su idoneidad para la creación de aplicaciones móviles simples. Además, resalta por ofrecer una curva de aprendizaje más accesible en comparación con otros entornos de desarrollo, lo cual resulta invaluable para lograr una implementación efectiva y rápida de la aplicación móvil diseñada para mostrar los niveles de radiación UV.

La factibilidad de contar con esta aplicación móvil en la comunidad universitaria determinó realizar la correspondiente consulta al Departamento de Soporte Técnico de la Universidad Politécnica Salesiana para contar con la red de internet que permita en tiempo real contar con la información en los dispositivos móviles de los usuarios de la comunidad universitaria.

2.3. Diseño del medidor de IRUV

En esta sección, se presenta una descripción detallada del desarrollo del diseño del medidor de radiación solar, el mismo que fue estructurado en cuatro componentes principales: el diseño de la estructura del dispositivo, la configuración del Solmáforo, el circuito de adquisición de señales de radiación, y el procesamiento y control de potencia de la matriz de LEDs. A continuación, se detalla el desarrollo de cada uno de los componentes.

2.3.1. Diseño de la estructura del dispositivo

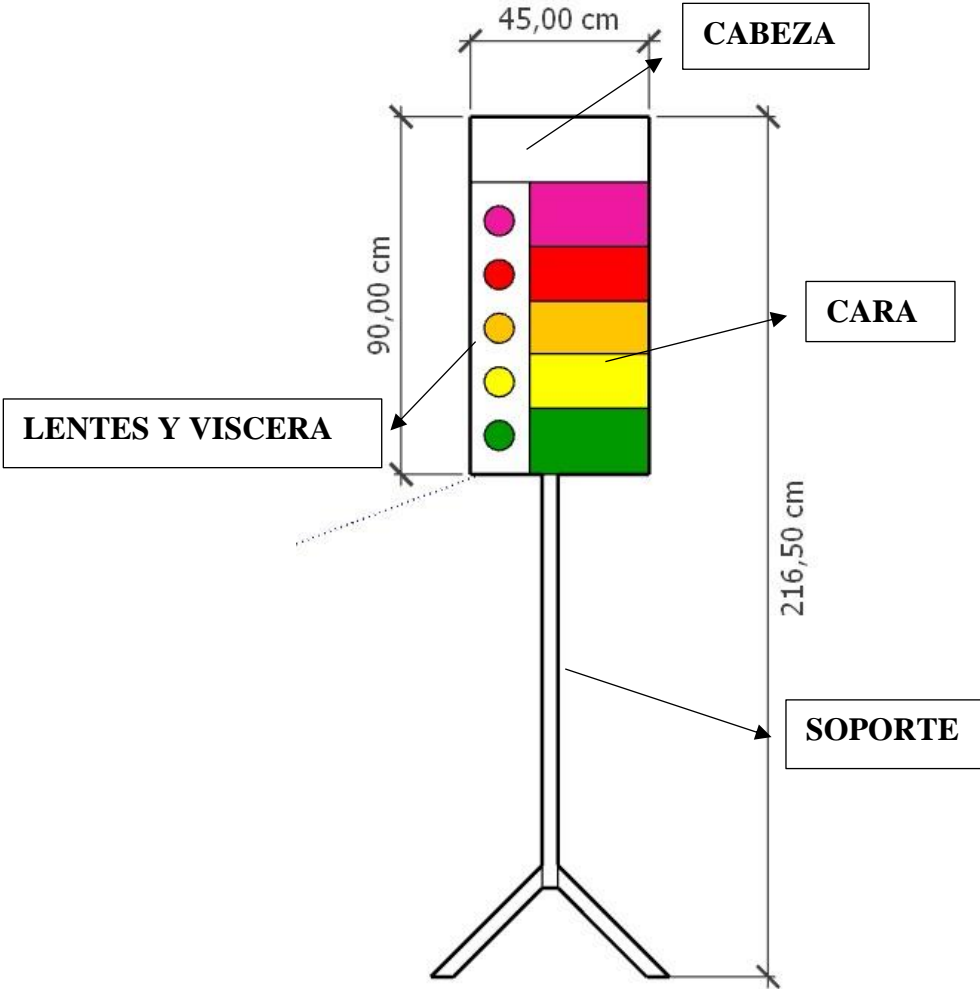
Se realizó un levantamiento de información de los dispositivos que generalmente se encuentran disponibles en el Ecuador y en otros países. Se levantó información relativa a la carta de colores establecida por la Organización Mundial de la Salud, con el fin de seleccionar

los sensores ópticos que se colocaron en el Solmáforo construido. La estructura es una parte fundamental donde estarán contenidos el sensor, el Sistema en Chip (SoC) y la matriz de LEDs. A la vez se realizó el estudio de materiales más viables para la elaboración de la estructura del Solmáforo y que brinde soporte y seguridad a las partes visibles de este dispositivo.

En la figura 14, se presenta el plano del Solmáforo, proporcionando una visión conceptual de cómo se materializará la futura construcción.

Figura 14

Diseño de la estructura del dispositivo de medición



Elaborado por: La autora, 2024.

En la figura 14, se muestra el bosquejo de la estructura del medidor de IRUV (Solmáforo).

2.3.1.1.Fases de construcción del dispositivo

A continuación, se presentan imágenes recopiladas del proceso de construcción del Solmáforo. Tabla 20.

El semáforo medidor de luz UV consta de una serie de elementos físicos que se identificaron para su construcción como son: la cabeza, el soporte, cara, lentes y víscera.

Tabla 20

Fases de construcción de la estructura del dispositivo

<p>Fase 1: Construcción del trípode</p> 	<p>Fase 2: Construcción vista superior</p> 
---	---

Fase 3: Cortes para matriz de Leds



Fase 4: Matriz de Leds colocadas en la estructura



Fase 5: Pintura de fondo



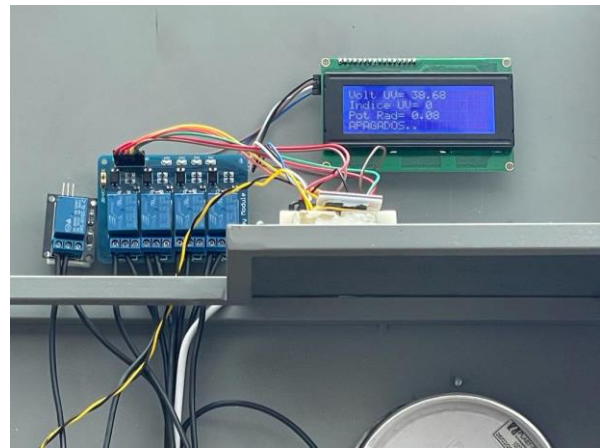
Fase 6: Vista posterior de la matriz de Leds



Fase 7: Ensamble del trípode con la estructura del solmáforo



Fase 8: Colocación del circuito de visualización y control



Fase 9: Prueba de funcionamiento de la matriz de Leds



Fase 10: Puesta de pintura en el solmáforo



Fase 11: Colocación de la tapa posterior de la estructura.



Fase 12: Colocación de la tapa superior de la estructura.



Fase 13: Colocación del sensor UV en la tapa superior de la estructura.



Fase 14: Vista superior del sensor UV.



Fase 15: Solmáforo con señalización.



Fase 16: Prototipo final en funcionamiento.



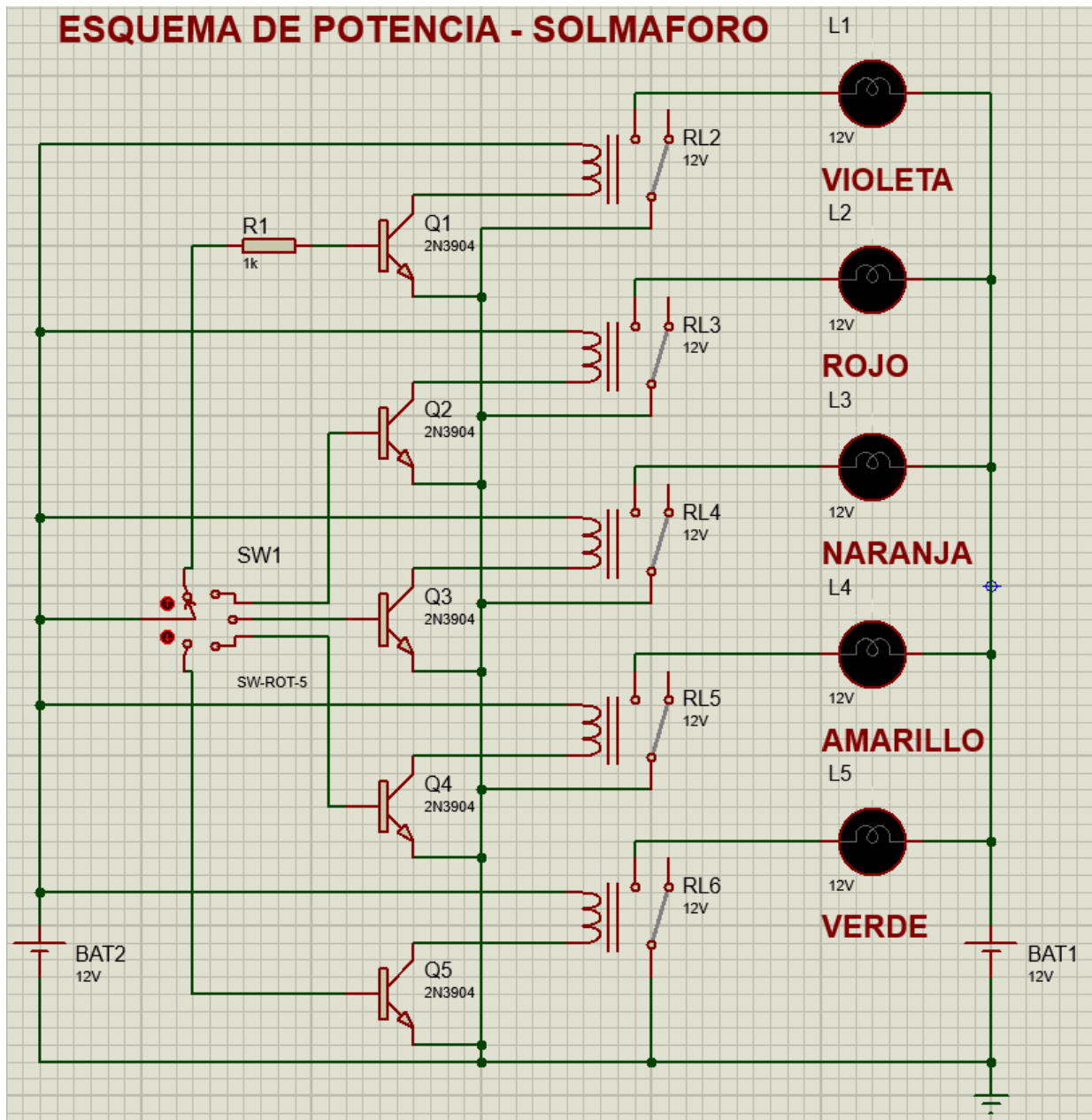
Nota. Elaborado por: La autora, 2024.

2.3.2. Esquemas de potencial y control del Solmáforo

Para establecer el esquema del circuito de potencia y control del solmáforo se utilizó el programa Proteus, con lo cual describe el esquema de potencia interna que dispondrá el dispositivo construido. Figura 15.

Figura 15

Esquema circuital de potencia del dispositivo de medición (solmáforo)



Elaborado por: La autora, 2024.

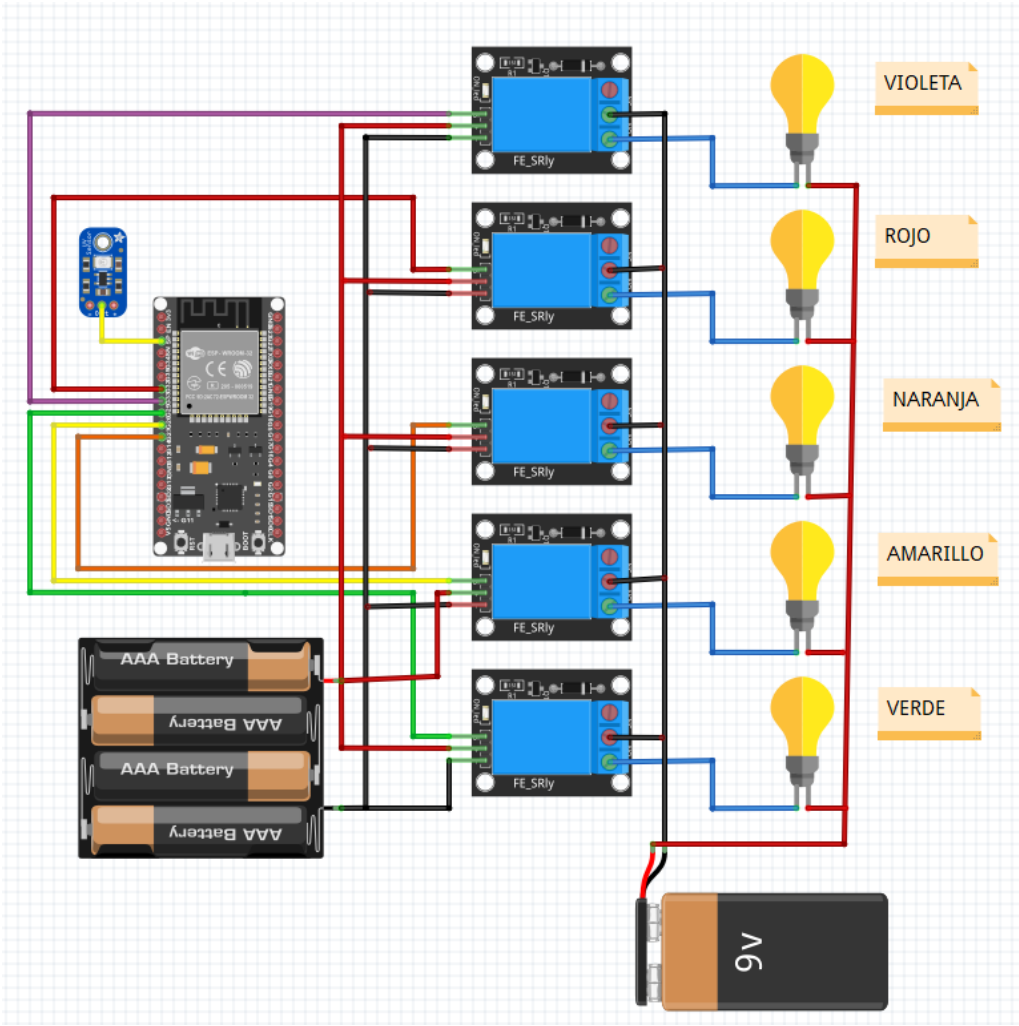
El circuito de potencia dispone de relés que reciben señales desde los pines del ESP32, actuando directamente sobre la matriz de LEDs de alta intensidad en función del nivel de radiación UV. Estos índices determinan la activación de diferentes arreglos de LEDs, que representan colores distintivos como verde, amarillo, naranja, rojo y violeta. Cabe destacar que

los LEDs operan con una fuente de alimentación de 12 Vdc y exhiben consumos de corriente variables, evaluados en el rango de 30 a 400 mA, dependiendo del color.

Para mejor visualización y comprensión del circuito que lleva el dispositivo construido “Solmaforo” se diseñó también el esquema de potencia en el programa Tinkercad. La figura 16, permite identificar la interconexión entre el ESP32 y el sensor de radiación UV, incluyendo sus respectivas polarizaciones. El ESP32 opera con una alimentación de 3,3 Vdc, mientras que los módulos de relés funcionan con 5 Vdc. Es importante señalar que las bombillas representadas como LEDs operan con una fuente de alimentación de 12 Vdc.

Figura 16

Esquema circuital del dispositivo de medición



Elaborado por: La autora, 2024.

2.3.3. Programación del sistema embebido

Para la programación del sistema embebido se utilizó el programa Arduino, obteniendo el código que establece el entorno para la comunicación entre el ESP32 y la plataforma Firebase, así como la configuración de la interfaz para visualizar información en una pantalla LCD de 20x4 utilizando la biblioteca LiquidCrystal_I2C. Figura 17.

Figura 17

Comunicación módulo Wifi ESP32

```
//Comunicacion
#include <WiFi.h> //Para utilizar el modulo WiFi
#include <FirebaseESP32.h> //Para conectarse a la plataforma de Firebase desde el ESP32
//Visualizacion
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4); //crear un objeto lcd (DIRECCIÓN pantalla, tamaño en x, tamaño en y)
```

Elaborado por: La autora, 2024.

En la Figura 18, se presentan las líneas de código que contienen definiciones cruciales mediante la directiva `#define` para establecer la conexión con la plataforma Firebase. Como se evidencia, se requiere la especificación de la dirección del servidor que albergará el proyecto y el token de autorización necesario para enlazarse con la base en tiempo real.

Figura 18

Conexión con Firebase

```
//Conexion con Firebase
#define FIREBASE_HOST "indiceruv-default-rtdb.firebaseio.com"
#define FIREBASE_AUTH "Dejxi98Erxb9Bw8YH64acQe1Y2pQljHrhFZky79V"
```

Elaborado por: La autora, 2024.

En la Figura 19, se presentan las líneas de código que permiten obtener el dato digital de la señal proveniente del sensor de radiación UV. Posteriormente, este dato se emplea para calcular el voltaje de la señal, que a su vez se utiliza para calcular la potencia de radiación y los correspondientes índices de radiación. Es importante destacar que en la ecuación de cálculo se

realiza una división por 4095, ya que el ESP cuenta con un conversor ADC de 12 bits y una polarización de 3.3 V, aspectos cruciales para la precisión en la medición y la interpretación adecuada de la radiación UV.

Figura 19

Cálculo de la potencia de radiación

```
ValorSensorUV = analogRead(36); // Señal del sensor UV por pin A0
Volt_UV = 1000*(3.3*ValorSensorUV)/4095;
//IndiceUV = Volt_UV/100;
PotRad = 9*Volt_UV/(4.3*1000); //mW/cm2
```

Elaborado por: La autora, 2024.

Se presenta a continuación las líneas de código encargadas de controlar la activación y desactivación de las matrices de LEDs según el índice de radiación UV. Se establece que permanezcan apagadas en situaciones donde el índice sea 0 o inferior, contribuyendo así al ahorro energético durante la noche o en condiciones climáticas adversas como lluvias y nubosidades. Figura 20.

Figura 20

Visualización en la pantalla LCD para pruebas de funcionamiento

```
// Programa para el SOLmaforo
ObtenerIRUV();
if(IndiceUV == 0)
{
  digitalWrite(LUZ_VERDE, HIGH);
  digitalWrite(LUZ_AMARILLA, HIGH); //apagados --> cuando no detecta o la noche
  digitalWrite(LUZ_NARANJA, HIGH);
  digitalWrite(LUZ_ROJA, HIGH);
  digitalWrite(LUZ_VIOLETA, LOW);
  lcd.setCursor (0, 3); //poner el cursor en las coordenadas (x,y)
  lcd.print("APAGADOS.. "); //muestra en la pantalla max 20 caracteres
}
```

Elaborado por: La autora, 2024.

En la Figura 21, se presentan las líneas de código destinadas a controlar la activación y desactivación de las matrices de LEDs de acuerdo con el índice de radiación UV. En este escenario específico, se programa para que solo el color VERDE se encienda, indicando que el nivel de radiación UV se encuentra en la categoría de BAJO.

Figura 21

Visualización del primer índice de radiación UV (1-2) en la matriz Led de Alta intensidad.

```
if(IndiceUV == 1 || IndiceUV == 2)
{
    digitalWrite(LUZ_VERDE, LOW); //Enciende Luz verde --> (Bajo)
    digitalWrite(LUZ_AMARILLA, HIGH);
    digitalWrite(LUZ_NARANJA, HIGH);
    digitalWrite(LUZ_ROJA, HIGH);
    digitalWrite(LUZ_VIOLETA, LOW);
    lcd.setCursor (0, 3);//poner el cursor en las coordenadas (x,y)
    lcd.print("VERDE.. "); //muestra en la pantalla max 20 caracteres
}
```

Elaborado por: La autora, 2024.

A continuación, se presentan las líneas de código destinadas a controlar la activación y desactivación de las matrices de LEDs de acuerdo con el índice de radiación UV. En este contexto, se programa para que solo el color AMARILLO se encienda, indicando que el nivel de radiación UV se encuentra en la categoría de MODERADO.

Figura 22

Visualización del segundo índice de radiación UV (3-5) en la matriz Led de Alta intensidad.

```
if(IndiceUV==3 || IndiceUV==4 || IndiceUV==5)
{
    digitalWrite(LUZ_VERDE, HIGH);
    digitalWrite(LUZ_AMARILLA, LOW); //Enciende luz amarilla --> (Moderado)
    digitalWrite(LUZ_NARANJA, HIGH);
    digitalWrite(LUZ_ROJA, HIGH);
    digitalWrite(LUZ_VIOLETA, LOW);
    lcd.setCursor (0, 3); //poner el cursor en las coordenadas (x,y)
    lcd.print("AMARILLO.. "); //muestra en la pantalla max 20 caracteres
}
```

Elaborado por: La autora, 2024.

En la Figura 23, se presentan las líneas de código diseñadas para gestionar el encendido y apagado de las matrices de LEDs en función del índice de radiación UV. En esta instancia, se configura para que únicamente el color NARANJA se active, señalizando que el nivel de radiación UV se sitúa en la categoría de ALTO.

Figura 23

Visualización del tercer índice de radiación UV (6-7) en la matriz Led de Alta intensidad.

```
if(IndiceUV==6 || IndiceUV==7)
{
    digitalWrite(LUZ_VERDE, HIGH);
    digitalWrite(LUZ_AMARILLA, HIGH);
    digitalWrite(LUZ_NARANJA, LOW); //Enciende luz naranja --> (Alto)
    digitalWrite(LUZ_ROJA, HIGH);
    digitalWrite(LUZ_VIOLETA, LOW);
    lcd.setCursor (0, 3); //poner el cursor en las coordenadas (x,y)
    lcd.print("NARANJA.. "); //muestra en la pantalla max 20 caracteres
}
```

Elaborado por: La autora, 2024.

La Figura 24, se presentan las líneas de código diseñadas para gestionar el encendido y apagado de las matrices de LEDs según el índice de radiación UV. En esta configuración, se

establece que únicamente el color ROJO se encienda, indicando que el nivel de radiación UV se clasifica como MUY ALTO.

Figura 24

Visualización del cuarto índice de radiación UV (8-10) en la matriz Led de Alta intensidad.

```
if(IndiceUV==8 || IndiceUV==9 || IndiceUV==10)
{
    digitalWrite(LUZ_VERDE, HIGH);
    digitalWrite(LUZ_AMARILLA, HIGH);
    digitalWrite(LUZ_NARANJA, HIGH);
    digitalWrite(LUZ_ROJA, LOW); //Enciende luz roja --> (Muy Alto)
    digitalWrite(LUZ_VIOLETA, LOW);
    lcd.setCursor (0, 3); //poner el cursor en las coordenadas (x,y)
    lcd.print("ROJO.. "); //muestra en la pantalla max 20 caracteres
}
```

Elaborado por: La autora, 2024.

En la Figura 25, se presentan las líneas de código destinadas a gestionar el encendido y apagado de las matrices de LEDs en función del índice de radiación UV. En este escenario particular, se programa para que solo el color VIOLETA se active, señalizando que el nivel de radiación UV se clasifica como EXTREMO. Esta implementación proporciona una clara

indicación visual de los niveles de radiación ultravioleta, destacando situaciones de riesgo extremo asociadas a la exposición solar intensa.

Figura 25

Visualización del segundo índice de radiación UV (3-5) en la matriz Led de Alta intensidad.

```
if(IndiceUV==11)
{
  digitalWrite(LUZ_VERDE, HIGH);
  digitalWrite(LUZ_AMARILLA, HIGH);
  digitalWrite(LUZ_NARANJA, HIGH);
  digitalWrite(LUZ_ROJA, HIGH);
  digitalWrite(LUZ_VIOLETA, HIGH); //Enciende luz violeta --> (Extremo)
  lcd.setCursor (0, 3); //poner el cursor en las coordenadas (x,y)
  lcd.print("VIOLETA.. "); //muestra en la pantalla max 20 caracteres
}
```

Elaborado por: La autora, 2024.

En la Figura 26, se presentan las líneas de código encargadas de enviar parámetros cruciales como el índice y el voltaje hacia Firebase, estableciendo así una conexión fundamental entre el dispositivo y la plataforma. Posteriormente, estos datos se transmiten desde Firebase hacia App Inventor.

Figura 26

Envío a la plataforma Firebase y la aplicación App Inventor

```
//Envío a la plataforma Firebase y aplicacion AppInventor
Firebase.setInt(SensorUV, ruta + "/Indice", IndiceUV);
Firebase.setInt(SensorUV, ruta + "/Voltaje UV", Volt_UV);
```

Elaborado por: La autora, 2024.

En la Figura 27, se presentan las líneas de código destinadas a obtener los índices de radiación proporcionados por el fabricante y respaldados por la Organización Mundial de la

Salud (OMS). En este bloque de código, se realiza una comparación de los rangos de voltaje y se asocian con los principales índices, que van desde 0 hasta +11.

Figura 27

Parámetros utilizados según las especificaciones del fabricante (sensor GUVA-S12SD)

```
void ObtenerIRUV()  
{  
    //Parametros acorde especificaciones del fabricante del sensor  
    if(Volt_UV <= 50) IndiceUV=0;  
    else if (Volt_UV > 50 && Volt_UV <= 227) IndiceUV = 1;  
    else if (Volt_UV > 227 && Volt_UV <= 318) IndiceUV = 2;  
    else if (Volt_UV > 318 && Volt_UV <= 408) IndiceUV = 3;  
    else if (Volt_UV > 408 && Volt_UV <= 503) IndiceUV = 4;  
    else if (Volt_UV > 503 && Volt_UV <= 606) IndiceUV = 5;  
    else if (Volt_UV > 606 && Volt_UV <= 696) IndiceUV = 6;  
    else if (Volt_UV > 696 && Volt_UV <= 795) IndiceUV = 7;  
    else if (Volt_UV > 795 && Volt_UV <= 881) IndiceUV = 8;  
    else if (Volt_UV > 881 && Volt_UV <= 976) IndiceUV = 9;  
    else if (Volt_UV > 976 && Volt_UV <= 1079) IndiceUV = 10;  
    else if (Volt_UV > 1079 && Volt_UV <= 2170) IndiceUV = 11;//1170
```

Elaborado por: La autora, 2024.

2.3.4. Programación del dispositivo móvil

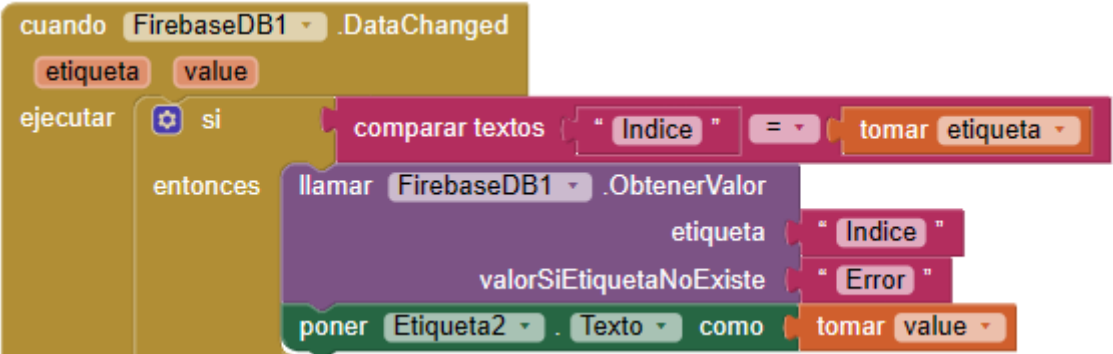
Para el desarrollo del programa, se utilizó la aplicación en línea App Inventor específicamente diseñada para dispositivos Android. Esta aplicación permitió identificar la capacidad de establecer una conexión rápida y eficiente con la base de datos en tiempo real de Firebase. Además, ofrece una interfaz amigable y la posibilidad de programar de manera intuitiva mediante el uso de bloques.

En la Figura 28, se presenta el conjunto de bloques de código diseñados para recuperar los parámetros de índice y voltaje desde Firebase y transferirlos de manera efectiva a la plataforma App Inventor.

Para obtener una mejor visualización de la programación de la aplicación móvil se realizó el conjunto de bloques de código diseñados para recuperar los parámetros de índice y voltaje desde Firebase y transferirlos de manera efectiva mediante la plataforma App Inventor.

Figura 28

Conexión de Firebase a App Inventor



Elaborado por: La autora, 2024.

La Figura 29, permite identificar el código de bloques destinado a realizar las comparaciones y establecer limitaciones para los diversos índices de radiación.

Figura 29

Según especificaciones del fabricante toma valores igual a 50 o más



Elaborado por: La autora, 2024.

En la Figura 30, se presenta el código de bloques diseñado para comparar el índice de radiación catalogado como BAJO y visualizar una etiqueta de color VERDE junto con su correspondiente sugerencia.

Figura 30

Visualización del primer índice de radiación en la aplicación móvil (BAJO)



Elaborado por: La autora, 2024.

El código de bloques destinado a comparar el índice de radiación clasificado como MODERADO, mostrando una etiqueta de color AMARILLO junto con la correspondiente sugerencia. Figura 31.

Figura 31

Visualización del segundo índice de radiación en la aplicación móvil (MODERADO)



Elaborado por: La autora, 2024.

En la Figura 32, se presenta el código de bloques diseñado para comparar el índice de radiación calificado como ALTO, mostrando una etiqueta de color NARANJA junto con la correspondiente sugerencia.

Figura 32

Visualización del tercer índice de radiación en la aplicación móvil (ALTO)



Elaborado por: La autora, 2024.

En la Figura 33, se presenta el código de bloques destinado a comparar el índice de radiación clasificado como MUY ALTO, exhibiendo una etiqueta de color ROJO junto con la correspondiente sugerencia.

Figura 33

Visualización del cuarto índice de radiación en la aplicación móvil (MUY ALTO)



Elaborado por: La autora, 2024.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este apartado, se resume los hallazgos de las respectivas pruebas de funcionamiento del prototipo, y actividades realizadas para el cumplimiento de objetivo del presente estudio.

3.1. Pruebas de Funcionamiento

Los resultados obtenidos para comprobar el funcionamiento del dispositivo, determinó contar con el registro de valores de los índices de radiación UV en mW/cm^2 , así como el correspondiente registro de colores del "solmáforo" para la respectiva visualización. Los resultados de estas pruebas se presentan de manera detallada en las Figuras 34 y 35.

La Figura 34, muestra los valores de potencia de radiación e índice UV medidos en la pantalla LCD, proporcionando una visualización clara de los datos del Índice UV y la potencia de radiación UV del dispositivo.

Figura 34

Toma de mediciones



Elaborado por: La autora, 2024.

A continuación, se ilustra de manera detallada en la Figura 35 el funcionamiento del dispositivo, proporcionando una visión clara de su estructura y operación.

Figura 35

Funcionamiento del solmáforo



Elaborado por: La autora, 2024.

Los valores de los índices de radiación UV fueron medidos en un intervalo de tiempo comprendido entre las 10:00 y las 17:00 horas, como se detalla en la Tabla 21. Estos datos fueron utilizados posteriormente para la generación de gráficos y análisis correspondientes. El registro durante este periodo específico permite evaluar la variabilidad de los niveles de radiación a lo largo del día y proporcionar una base sólida para realizar análisis detallados de la radiación UV en tiempo real.

Tabla 21

Mediciones tomadas de Voltaje, potencia e índice de radiación UV entre las 10 a.m. y 14:30 p.m.

Mediciones de Radiación UV (22/12/2023) Sistema de detección de radiación UV (Solmáforo)				
Hora	Voltaje Radiación UV	Potencia Radiación UV	Índice Radiación UV	Riesgo
10:00 a.m.	542,07	1,14	5	ALTO
10:10 a.m.	453,48	0,95	4	ALTO
10:20 a.m.	879,68	1,85	9	ALTO
10:30 a.m.	600,98	1,26	6	ALTO
10:40 a.m.	561,76	1,18	6	MODERADO
10:50 a.m.	1099,50	2,31	11	ALTO
11:00 a.m.	947,77	1,99	10	MUY ALTO
11:10 a.m.	547,63	1,15	6	ALTO
11:20 a.m.	523,05	1,10	5	MODERADO
11:30 a.m.	580,59	1,22	6	BAJO
11:40 a.m.	633,94	1,33	6	MUY ALTO
11:50 a.m.	860,66	1,81	8	MUY ALTO
12:00 p.m.	886,57	1,86	9	MODERADO
12:10 p.m.	1055,61	2,22	10	MODERADO
12:20 p.m.	919,52	1,93	9	MUY ALTO
12:30 p.m.	718,34	1,51	7	ALTO
12:40 p.m.	467,61	0,98	4	BAJO
12:50 p.m.	425,24	0,89	4	BAJO
13:00 p.m.	523,05	1,10	5	EXTREMO
13:10 p.m.	745,35	1,57	7	ALTO
13:20 p.m.	582,15	1,22	6	MODERADO
13:30 p.m.	527,23	1,11	5	MUY ALTO
13:40 p.m.	237,75	0,50	2	MUY ALTO
13:50 p.m.	528,80	1,11	5	BAJO
14:00 p.m.	514,68	1,08	5	ALTO
14:10 p.m.	222,82	0,47	2	BAJO
14:20 p.m.	255,77	0,54	2	BAJO
14:30 p.m.	147,41	0,31	1	BAJO

Nota. Elaborado por: La autora, 2024.

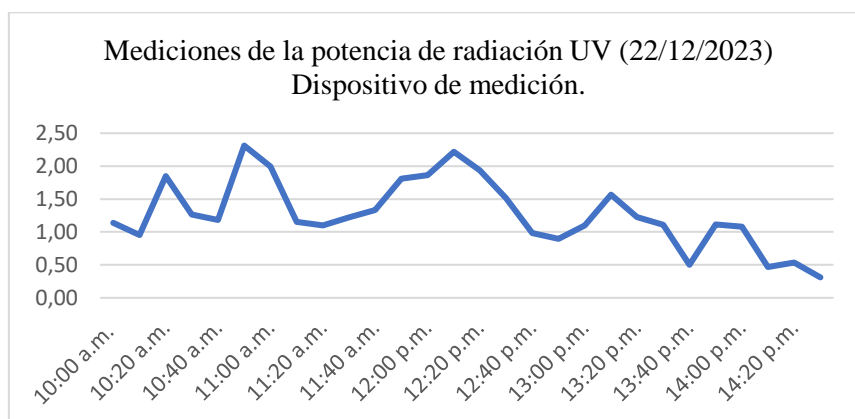
La Tabla 21 describe las mediciones tomadas de voltaje, potencia e índice de radiación UV, entre las 10 a.m. y 14:30 p.m. La primera columna indica el periodo de tiempo en el cual se realizaron las mediciones, delineando así la temporalidad de la recopilación de datos. La segunda columna exhibe el voltaje de radiación UV detectado por el sensor durante la incidencia de radiación UV, proporcionando información esencial sobre la magnitud de la exposición. La tercera columna presenta la potencia de radiación UV, expresada en mW/cm², ofreciendo valores medidos de la intensidad de la radiación UV. En la cuarta columna se detallan los índices de radiación ultravioleta en valor numérico de acuerdo a lo establecido por

la OMS, proporcionando los resultados registrados de la medición del dispositivo. Finalmente, la quinta columna especifica el riesgo asociado a cada índice (columna 4), brindando una evaluación cualitativa del potencial de riesgo y amenaza para la salud derivada de la exposición a la radiación UV.

En las Figuras 36 y 37, se observa la gráfica del resultado de la variación de la potencia de radiación UV durante un día típico en Quito tomados desde el dispositivo de medición (Solmáforo) y la Estación Meteorológica respectivamente, destacando que los picos máximos se manifiestan aproximadamente alrededor de las 12h30, datos que se corresponden a los emitidos por la Secretaria del Ambiente del Distrito Metropolitano de Quito a través de la Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito REMMAQ. Este análisis proporciona una representación visual de la dinámica diaria de la radiación solar en el lugar de estudio, siendo relevante para comprender los patrones de exposición a lo largo del tiempo. La evidencia visual del dispositivo determinó observar el color VIOLETA, color para un registro de valores de 11 a más de incidencia de radiación UV según la OMS, estableciendo alerta de protección para la comunidad universitaria.

Figura 36

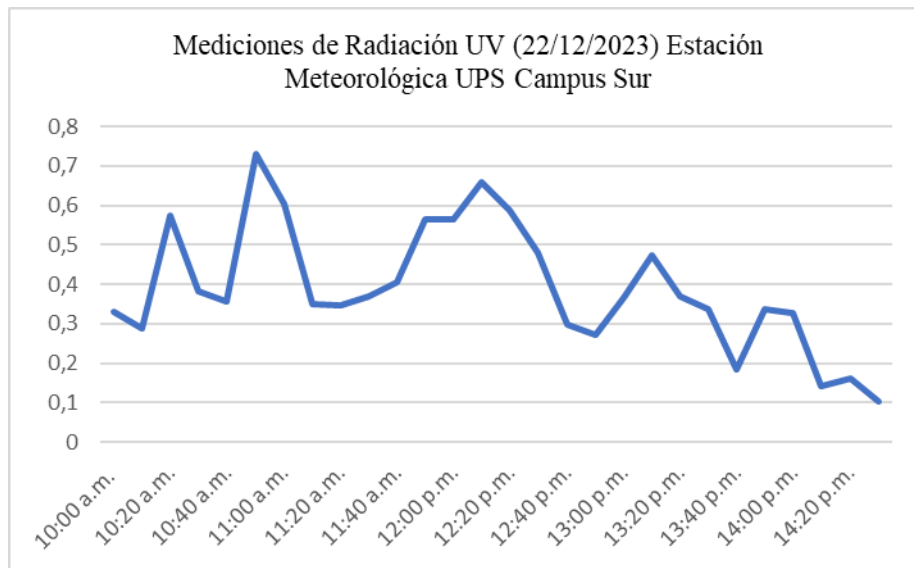
Gráfica de potencia de radiación UV del prototipo



Elaborado por: La autora, 2024.

Figura 37

Gráfica de potencia de radiación UV de la Estación Meteorológica de la UPS del Campus Sur.



Elaborado por: La autora, 2024.

Como se puede observar los dos gráficos coinciden en tiempo vs potencia en los correspondientes picos de máxima potencia medidos, determinando la validación del dispositivo construido.

El análisis realizado para la validación determinó analizar la potencia de radiación UV registrada por la Estación Meteorológica del Campus Sur de la UPS vs los valores de potencia registrados por el dispositivo (Solmáforo), encontrándose relación de coincidencia de un 90%. La diferencia se atribuye al tipo de sensores que tienen la Estación Meteorológica (Sensor Compacto de exteriores) y el dispositivo de medición de radiación UV (Sensor GUYA S12SD), sin encontrar una variación relevante para considerar la validación del equipo. Tabla 22.

Tabla 22*Mediciones tomadas de potencia de radiación UV*

Mediciones de Radiación UV (22/12/2023) Estación Meteorológica de Electricidad UPS Campus Sur	
Hora	Potencia de Radiación UV
10:00 a.m.	0,331
10:10 a.m.	0,289
10:20 a.m.	0,575
10:30 a.m.	0,383
10:40 a.m.	0,358
10:50 a.m.	0,731
11:00 a.m.	0,604
11:10 a.m.	0,349
11:20 a.m.	0,348
11:30 a.m.	0,37
11:40 a.m.	0,404
11:50 a.m.	0,565
12:00 p.m.	0,565
12:10 p.m.	0,66
12:20 p.m.	0,586
12:30 p.m.	0,479
12:40 p.m.	0,298
12:50 p.m.	0,271
13:00 p.m.	0,365
13:10 p.m.	0,475
13:20 p.m.	0,371
13:30 p.m.	0,336
13:40 p.m.	0,184
13:50 p.m.	0,337
14:00 p.m.	0,328
14:10 p.m.	0,142
14:20 p.m.	0,163
14:30 p.m.	0,104

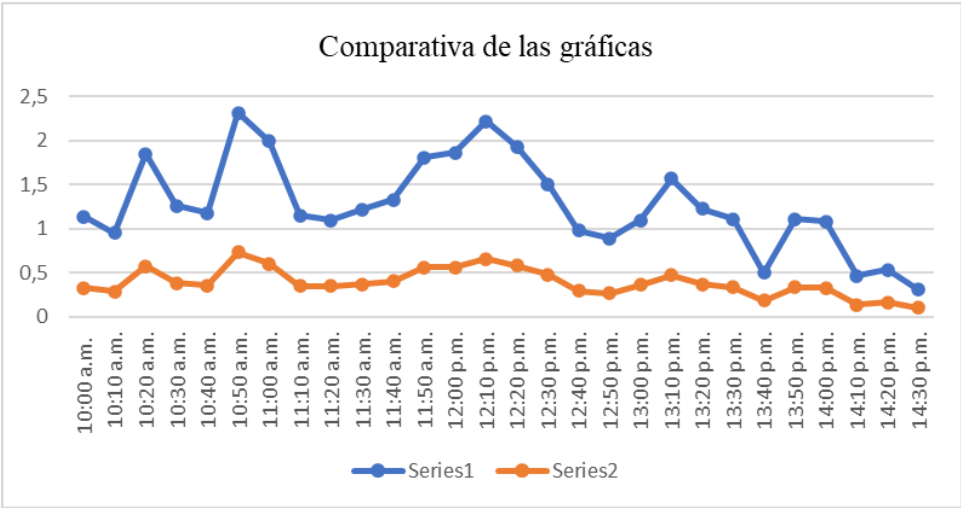
Nota. Elaborado por: La autora, 2024.

La Tabla 22 permite conocer los datos detallados de la potencia de radiación UV en cada tiempo de medición registrado por la Estación Meteorológica y realizar la respectiva comparación de los resultados del dispositivo para constatar el funcionamiento óptimo del dispositivo.

Dentro de este análisis resultó importante el generar la gráfica comparativa de las mediciones de potencia de radiación UV, la misma que nos permite ratificar lo expresado en el análisis de las figuras 36 y 37, el dispositivo se encuentra funcionando de manera óptima con respecto a la medición de la radiación UV en tiempo real. Este análisis sugiere una consistencia en los patrones de radiación solar observados durante el período analizado, reforzando la confiabilidad de los datos recopilados por cada dispositivo. Figura 38.

Figura 38

Gráfica comparativa de potencia de radiación UV del prototipo y de la Estación Meteorológica UPS del Campus Sur.



Elaborado por: La autora, 2024.

Con el fin de determinar el comportamiento de la incidencia de la radiación UV en un día completo en la zona de estudio, se realizó la gráfica de la potencia de radiación UV del dispositivo entre las 6:00 a.m. y las 18:00 p.m. en un solo día. Los resultados de este gráfico establecen que la potencia de radiación experimenta un aumento alrededor de las 8:00 a.m., alcanzando niveles máximos alrededor del mediodía. Posteriormente, inicia un descenso a partir de las 16:00 p.m. hasta llegar a cero a las 18:00 p.m. Además, se identifican picos por debajo de los valores máximos, los cuales se atribuyen a la presencia de nubosidades a lo largo del día.

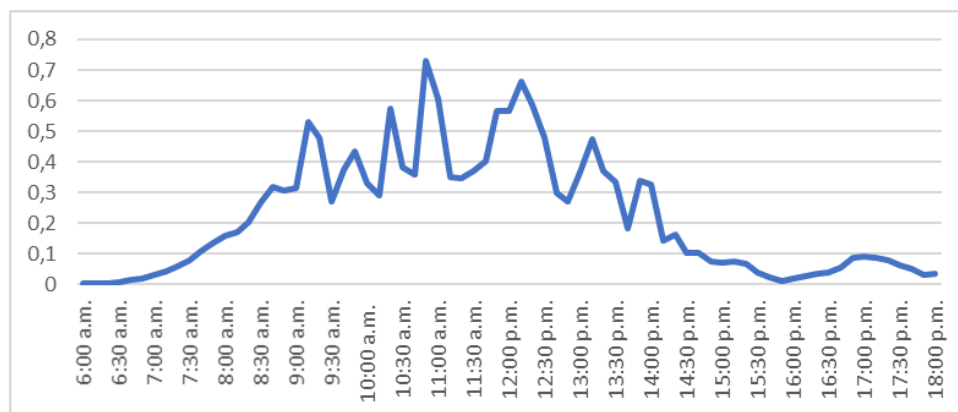
Figura 39.

Resultados que se ratifican por la información emitida en el INAMHI para la región Interandina.

Resultados de registro de la incidencia de radiación UV en la zona de estudio en días nublados se pueden evidenciar en las figuras 40 y 41, observándose variaciones con respecto a la figura 39, lo que establece que estas diferencias se atribuyen a las condiciones ambientales presentadas en los días nublados. Se observa, por tanto, menor incidencia de radiación UV tendiendo a valores de nivel cero (0 mW/cm^2). Con respecto a la visualización de colores en el dispositivo en este caso, la incidencia de radiación UV con valores de 1-2 según la OMS se visualizaría un color VERDE de seguridad para las personas. En el dispositivo no se observa con valores de 0 mW/cm^2 ningún color, lo que establece que se debería trabajar con sensores que sean aptos para el exterior.

Figura 39

Curva de la señal tomadas en un día completo



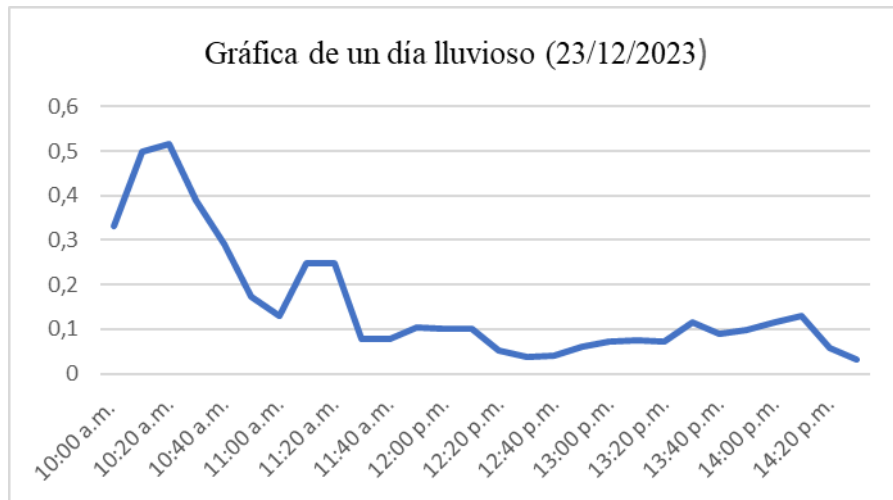
Elaborado por: La autora, 2024.

Se examina el comportamiento de la curva durante un día caracterizado por condiciones nubladas o lluviosas. Se evidencia que la potencia de radiación experimenta una notable disminución, manteniéndose en niveles considerados como BAJO durante varias horas del día.

Figura 40.

Figura 40

Curva de la señal tomadas en un día nublado o lluvioso.



Elaborado por: La autora, 2024.

En la Figura 41, se analiza el comportamiento de la curva durante el fin de año de 2023, caracterizado por condiciones entre nubladas y lluviosas. En esta representación visual, se aprecia que la potencia de radiación experimenta una marcada disminución, manteniéndose en niveles considerados como BAJO y tendiendo a cero entre las 12:00 y las 14:00 horas.

Figura 41

Curva de la señal tomadas en un día lluvioso (Fin de año 2023)



Elaborado por: La autora, 2024.

3.2. Presentación de resultados de la aplicación móvil

La aplicación móvil fue diseñada para abordar específicamente los objetivos establecidos en la investigación. La interfaz de usuario se desarrolló con un enfoque centrado en la usabilidad, priorizando la experiencia del usuario. La figura 42 ilustra la propuesta de la estructura principal de la aplicación, destacando los elementos clave y las funcionalidades a implementar.

Es importante señalar que la implementación completa de la aplicación móvil no fue posible materializarla debido a que la Universidad Politécnica Salesiana bajo su normativa establece considerar la Ley de Protección de Datos. Esta medida se adoptó con el propósito de salvaguardar la información de la comunidad universitaria ante posibles riesgos cibernéticos. El uso de la aplicación móvil para la comunidad universitaria determina disponer de la respectiva autorización de las autoridades para contar con la propuesta en tiempo real.

En la Figura 42, se exhibe la pantalla que presentaría el índice de radiación UV en la propuesta para disponer datos móviles con respecto a la radiación UV para la comunidad universitaria. El nivel observado en la figura establece considerado como BAJO, indicado por el color VERDE, acompañado de la sugerencia correspondiente. Este diseño visual proporciona una representación clara y comprensible del nivel de radiación, ofreciendo información útil y recomendaciones a los usuarios.

Figura 42

Presentación de la pantalla del dispositivo para el índice UV BAJO



Elaborado por: La autora, 2024

3.3. Presentación de resultados de la encuesta realizada a la comunidad universitaria

Los resultados de la encuesta sobre actitudes y conocimientos de fotoprotección en la Universidad Politécnica Salesiana Campus Sur y Campus El Girón son presentados a continuación.

3.3.1. Resultados de la encuesta realizada

La muestra de población encuestada fue establecida una vez se analizaron los datos proporcionados mediante entrevista a personal de Gestión de Talento Humano de la UPS y personal de Bienestar Estudiantil de la UPS. Se realizó 400 encuestas a diferentes usuarios

de la comunidad universitaria (estudiantes, docentes, personal administrativo y personal de apoyo). (Ver anexo 12).

El análisis estadístico de cada respuesta de la encuesta, se encuentra detallada a continuación, con el fin de obtener una visión representativa y significativa de las actitudes y conocimientos de la población estudiantil en relación con la fotoprotección en la Sede Quito de la UPS.

Con respecto a la información generada de los resultados obtenidos se establece que el rango de edad de las personas encuestadas se encuentra entre 17 y 69 años, con predominio de sexo masculino. Con respecto a la actividad que cumple en la universidad el 82% son estudiantes, el 6,25% son docentes y el 11% tienen otras actividades. Figura 45.

Con respecto a la pertenencia de lugares de acción se encuestó a personas de diversas carreras, laboratorios y oficinas. Tabla 23.

De los encuestados el 62,5% corresponde a carreras de las ingenierías, el 4,5% carrera del área de la salud, el 25,5% carrera del área social y el 1% de carrera de Arquitectura. Con respecto a empleados de la UPS, el 0,75% corresponde a el área de Secretaría, el 0,55 a Auxiliares de laboratorio, el 1,25% del Departamento de Soporte Técnico y 13,5% de Auxiliares de limpieza y otras actividades. Figura 44.

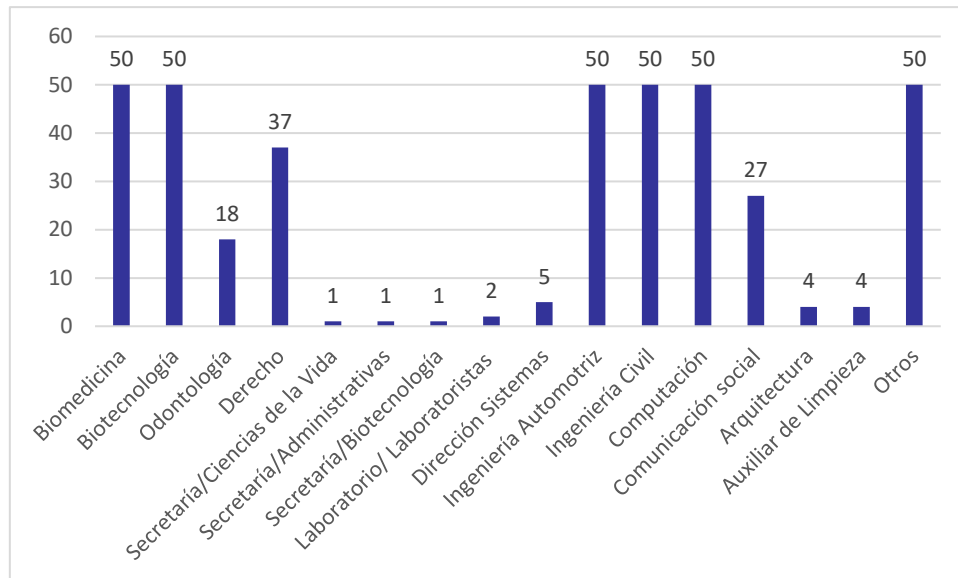
Tabla 23*Universo de estudio*

Carreras/ Labor	Muestreo	Porcentaje
Biomedicina	50	12,5 %
Biotecnología	50	12,5 %
Odontología	18	4,5 %
Derecho	37	9,25 %
Secretaría/Ciencias de la Vida	1	0,25 %
Secretaría/Administrativas	1	0,25 %
Secretaría/Biotecnología	1	0,25 %
Laboratorio/ Laboratoristas	2	0,5 %
Soporte Técnico	5	1,25 %
Ingeniería Automotriz	50	12,5 %
Ingeniería Civil	50	12,5 %
Computación	50	12,5 %
Comunicación social	27	6,75 %
Arquitectura	4	1 %
Auxiliar de Limpieza	4	1 %
Otros	50	12,5 %
Total	400	100%

Nota. Elaborado por: La autora, 2024.

Figura 43

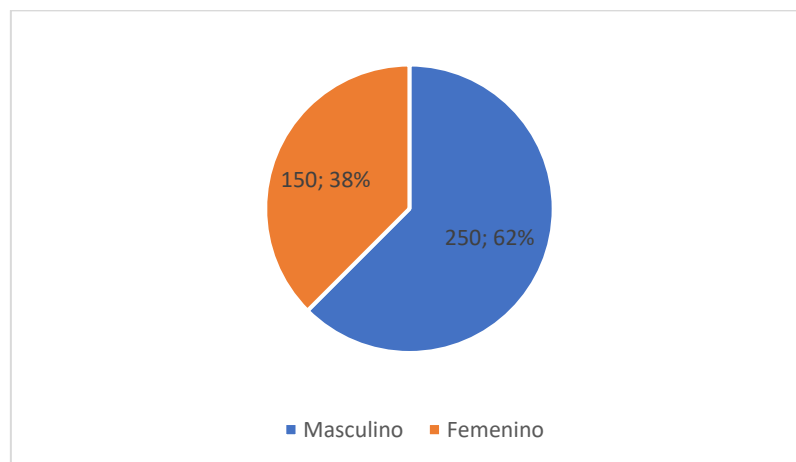
Carreras evaluadas



Elaborado por: La autora, 2024.

Figura 44

Género de cada persona encuestada

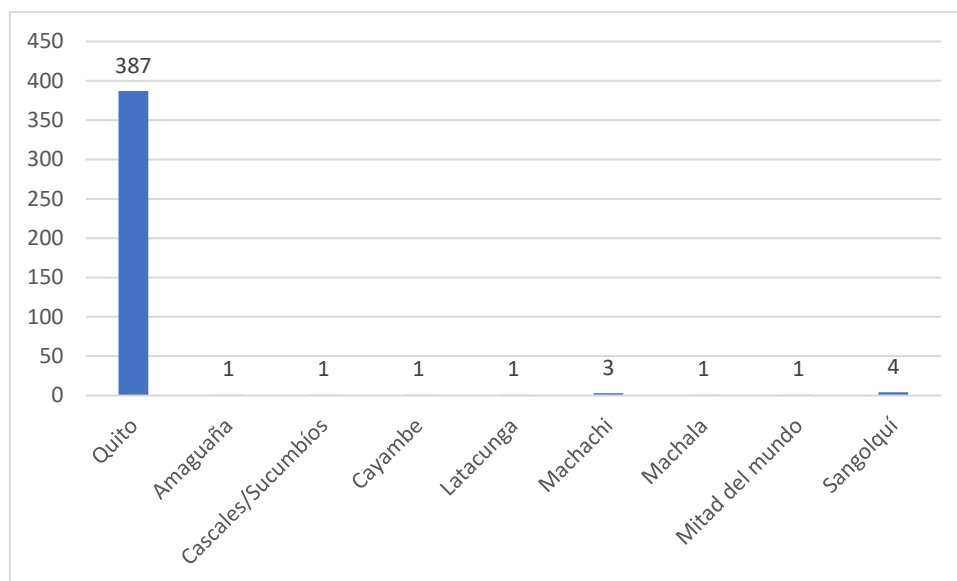


Elaborada por: La autora, 2024.

Con respecto a la residencia de los encuestados, la figura 45 establece que la ciudad de residencia con mayor porcentaje es la ciudad de Quito, con un 96,75%.

Figura 45

Ciudad de residencia de los encuestados



Elaborado por: La autora, 2024.

Tabla 24

Resultados de la pregunta 1: ¿Qué rol cumple en la Universidad Politécnica Salesiana?

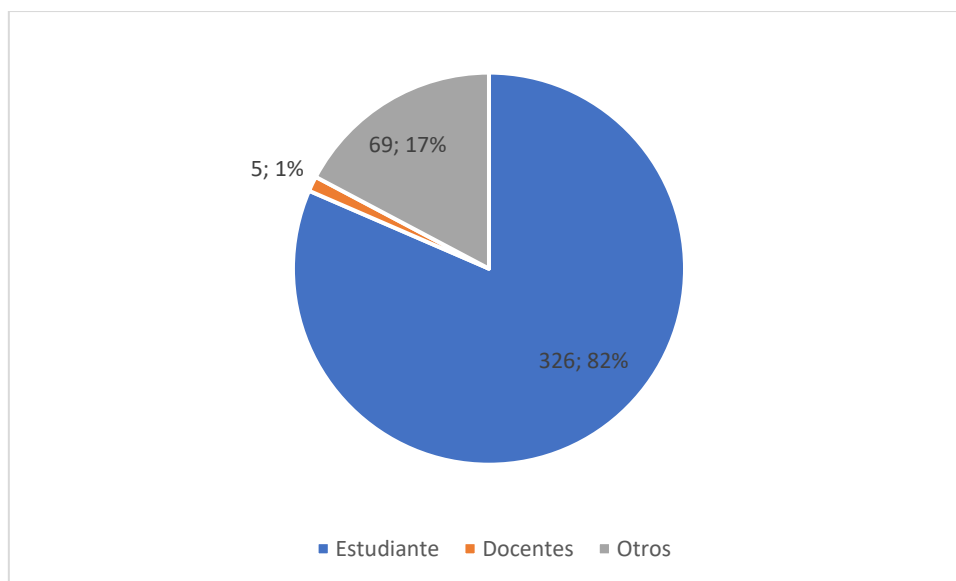
Rol	Resultado	Porcentaje
Estudiante	326	82 %
Docentes	25	6,25 %
Otros	44	11 %

Nota. Elaborado por: La autora, 2024.

La figura 46 muestra la función o rol que cumplen las personas encuestadas, siendo un 82 % de estudiantes, 1% de docentes y 17% de personas que cumplen otros roles en la universidad.

Figura 46

Pregunta 1: ¿Qué rol cumple en la Universidad Politécnica Salesiana?



Elaborado por: La autora, 2024.

A continuación, se realiza un análisis de los resultados de las preguntas realizadas en la encuesta.

Conforme al análisis de resultados de las preguntas sobre el conocimiento y actitudes de fotoprotección de los encuestados, se establece que el 92,1% conocen sobre la radiación ultravioleta emitida por la luz solar. Tabla 25.

Tabla 25

Resultados de la pregunta 2: ¿Conoce sobre la radiación ultravioleta (UV) emitida por el sol?

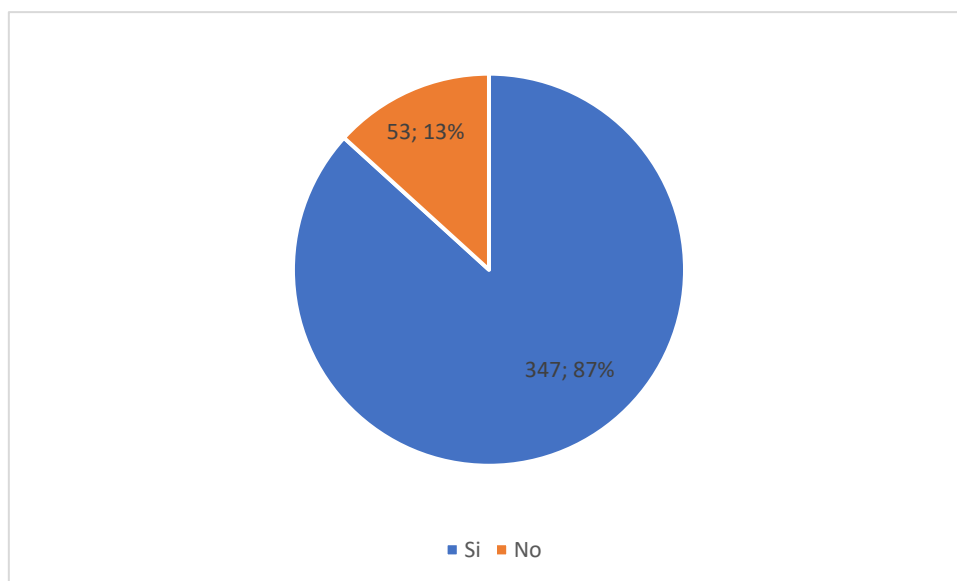
Opción	Resultado	Porcentaje
Si	347	87 %
No	53	13 %

Nota. Elaborado por: La autora, 2024.

La figura 47 representa el porcentaje de conocimiento de una forma más clara del porcentaje de encuestados que conocen sobre la radiación UV.

Figura 47

Pregunta 2: ¿Conoce sobre la radiación ultravioleta (UV) emitida por el sol?



Elaborado por: La autora, 2024.

El porcentaje de encuestados que conocen sobre los riesgos que implica la sobreexposición a la radiación UV es del 84%, mientras que el 16% desconocen sobre el daño que produce la sobreexposición a la radiación solar. Tabla 26 y Figura 48.

Tabla 26

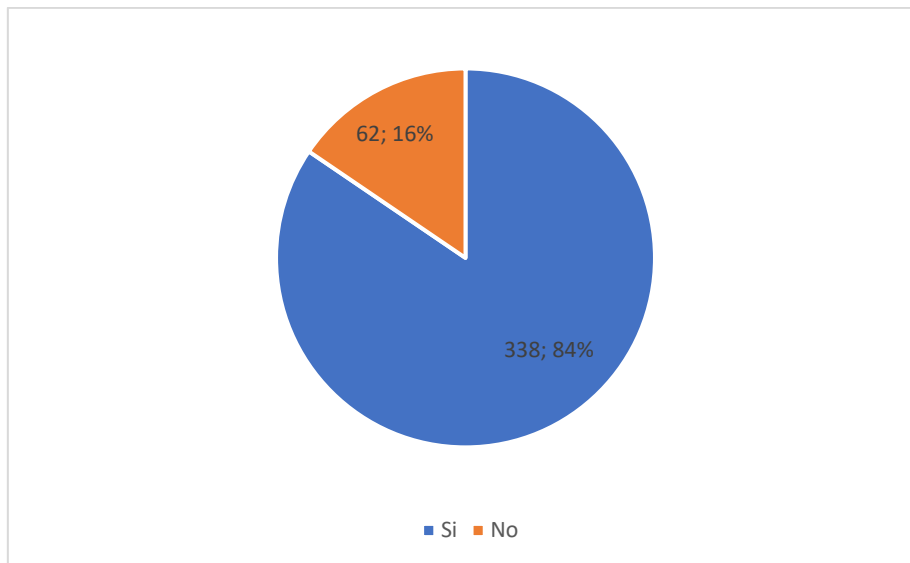
Resultados de la pregunta 3: ¿Conoce sobre los riesgos que implica la sobreexposición a la radiación UV emitida por el sol?

Opción	Resultado	Porcentaje
Si	338	84 %
No	62	16 %

Nota. Elaborado por: La autora, 2024.

Figura 48

Pregunta 3: ¿Conoce sobre los riesgos que implica la sobreexposición a la radiación UV emitida por el sol?

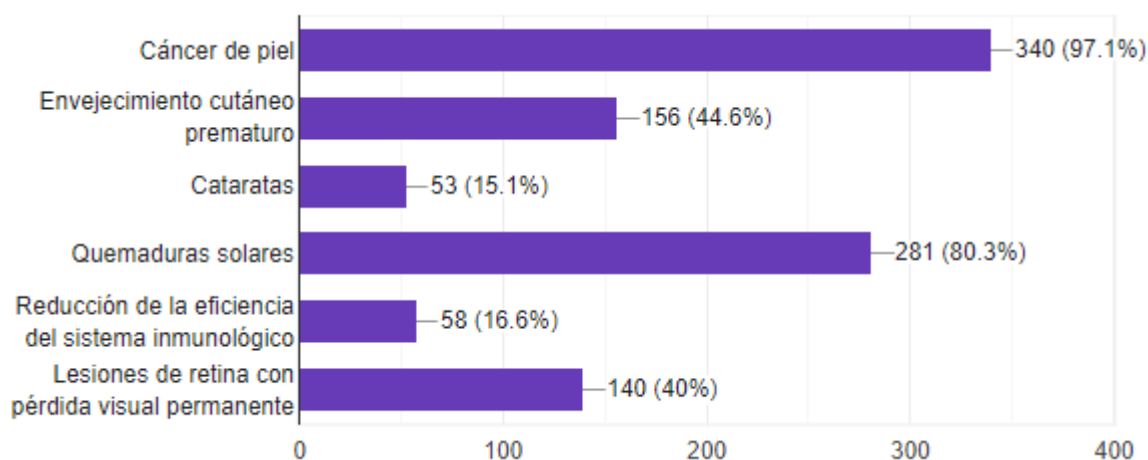


Elaborado por: La autora, 2024.

La figura 49 muestra los resultados de la respuesta a la pregunta número 4 de la encuesta. De las alternativas establecidas en esta pregunta, el 97,1% de respuestas fueron para el cáncer de piel y el 80,3% para quemaduras solares. Desde el 15% al 40% de las respuestas corresponden a enfermedades menos relevantes como son el Envejecimiento cutáneo, cataratas, reducción de eficiencia del sistema inmunológico y lesiones de retina con pérdida de visión permanente. Esto implica que los encuestados desconocen de los riesgos de salud reales a los que se encuentran expuestos y sus implicaciones a la sobreexposición a la radiación solar.

Figura 49

Pregunta 4: ¿Cuáles considera que son los principales riesgos asociados a la sobreexposición de la radiación UV emitida por el sol?



Elaborado por: La autora, 2024.

Conforme con los resultados a la pregunta 5, el 71% de encuestados no es consciente de que una sobreexposición a la radiación UV puede provocar daños a la salud. Desconocen acerca de los niveles de radiación UV en las diferentes horas del día. Tabla 27 y Figura 50.

Tabla 27

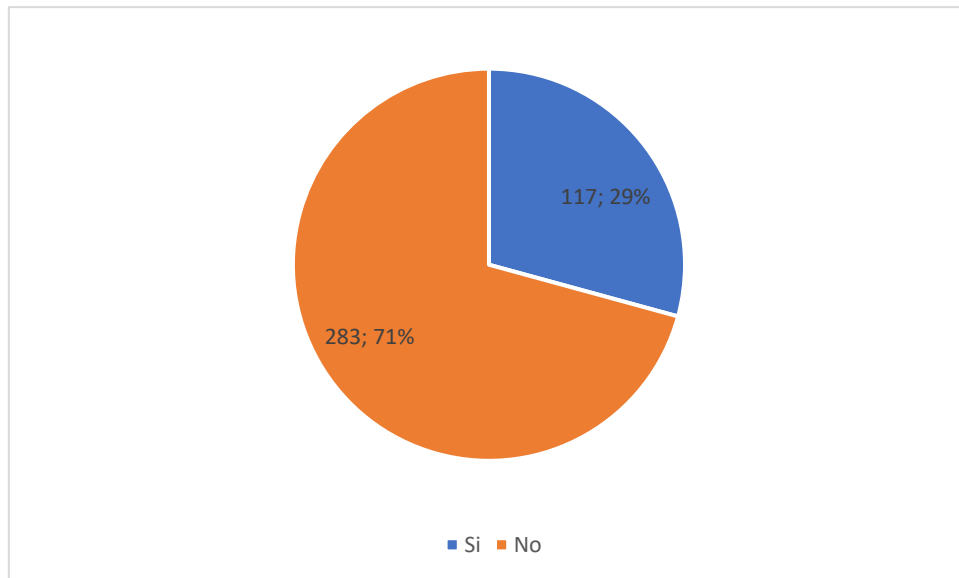
Resultados de la pregunta 5: ¿Conoce sobre los niveles de radiación UV en las diferentes horas del día?

Opción	Resultado	Porcentaje
Si	117	29 %
No	283	71 %

Nota. Elaborado por: La autora, 2024.

Figura 50

Pregunta 5: ¿Conoce sobre los niveles de radiación UV en las diferentes horas del día?

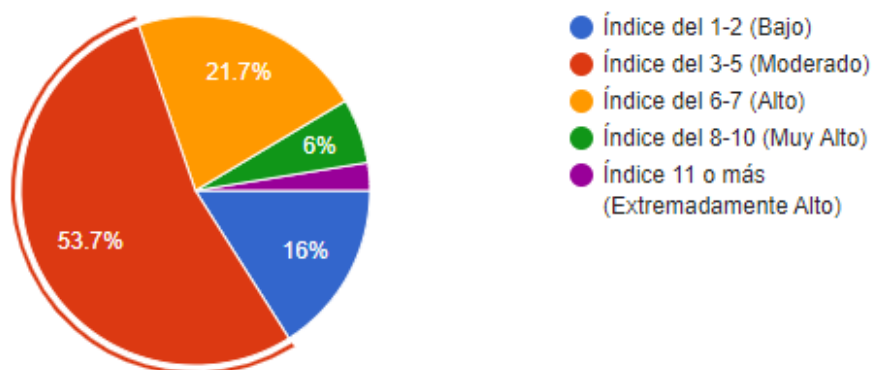


Elaborado por: La autora, 2024.

Además, un 53,7% de las personas encuestadas indican conocer que el índice de radiación UV emitida por el sol a la cual podrían exponerse es de 3-5. Sin embargo, el desconocimiento de las horas en las cuales esta radiación se encuentra presente en el día, establece un riesgo de exposición a niveles más altos. Figura 51.

Figura 51

Pregunta 6: ¿Cuál es el máximo índice de radiación UV emitida por el sol al que podría exponerse usted?



Elaborado por: La autora, 2024.

En la Tabla 28 y en la Figura 52, se observa el 78% de personas encuestadas que no conocen acerca de las medidas de fotoprotección, dato que nos permite establecer el requerimiento de programas de capacitación para concientizar los riesgos de salud y las medidas que se deben adoptar para evitarlas.

Tabla 28

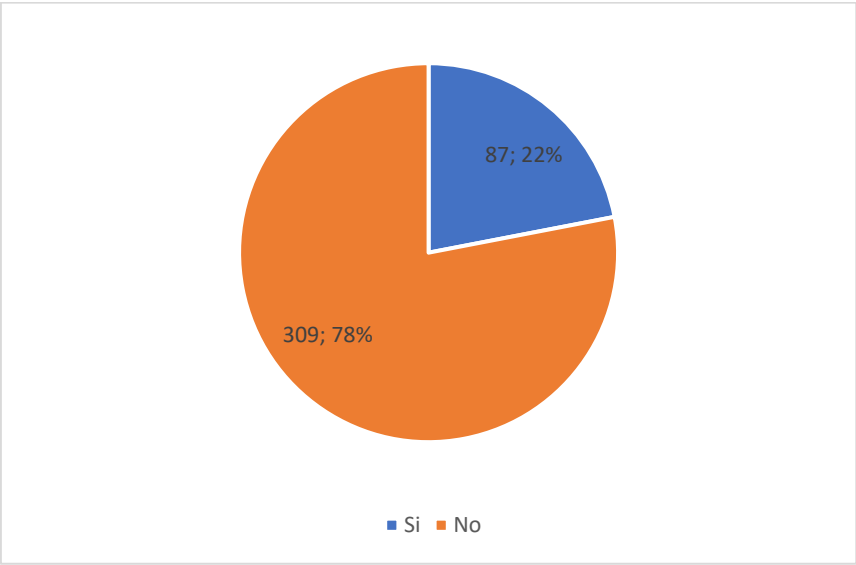
Resultados de la pregunta 7: ¿Conoce acerca de las medidas de fotoprotección?

Opción	Resultado	Porcentaje
Si	87	22 %
No	309	78 %

Nota. Elaborado por: La autora, 2024.

Figura 52

Pregunta 7: ¿Conoce acerca de las medidas de fotoprotección?



Elaborado por: La autora, 2024.

Conforme al resultado obtenido en la pregunta 8, existe un bajo porcentaje de uso de protector solar como prevención a la exposición en actividades al aire libre, el 39% de los

encuestado indica que siempre lo utiliza, mientras el 47% establecen que es ocasional el uso de protector solar y un 14% nunca lo utilizan. Tabla 29 y Figura 53.

Tabla 29

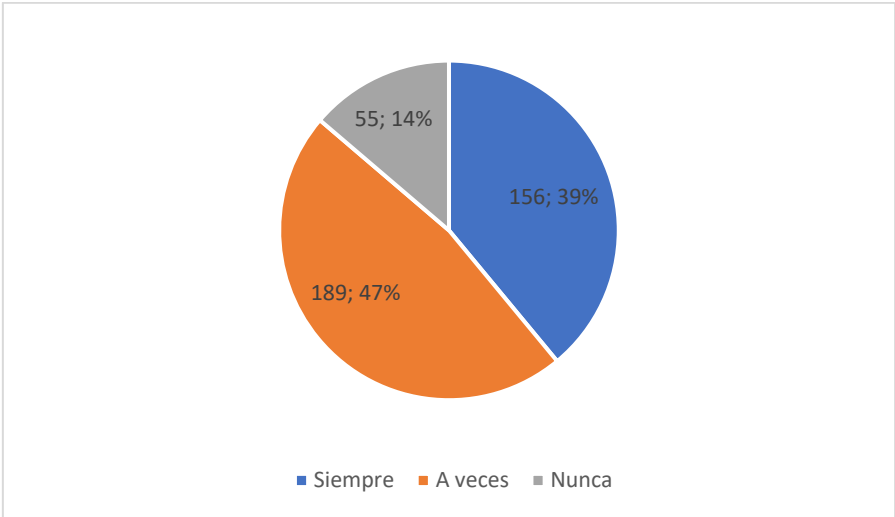
Resultados de la pregunta 8: ¿Utiliza protector solar antes de salir al aire libre durante el día?

Opción	Resultado	Porcentaje
Siempre	156	39 %
A veces	189	47 %
Nunca	55	14 %

Nota. Elaborado por: La autora, 2024.

Figura 53

Pregunta 8: ¿Utiliza protector solar antes de salir al aire libre durante el día?



Elaborado por: La autora, 2024.

De igual forma, con respecto a la protección ocular un alto porcentaje de los encuestados indican no utilizar protección, mientras que el 10% están conscientes de usar gafas de sol. Tabla 30 y Figura 54.

Tabla 30

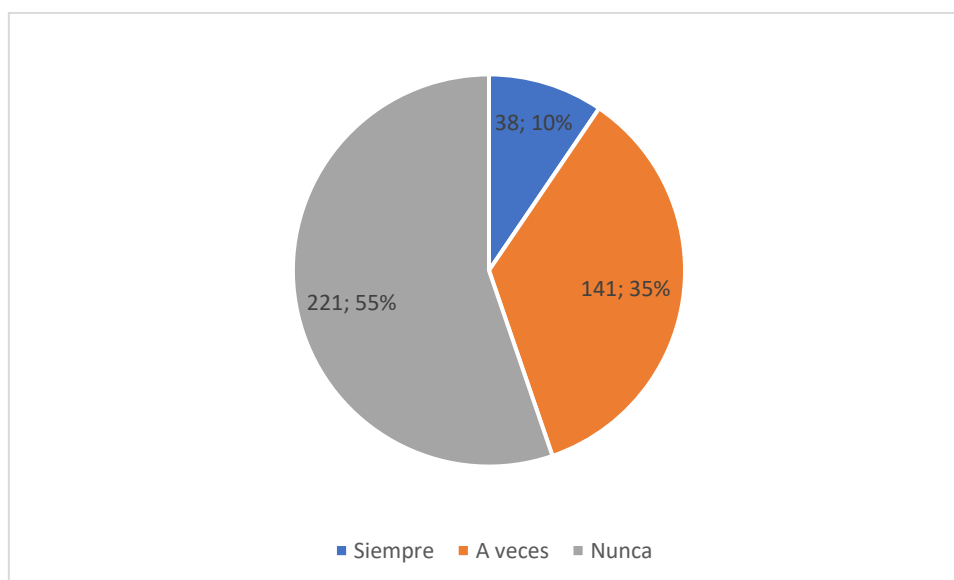
Resultados de la pregunta 9: ¿Usa protección ocular, como gafas de sol, cuando se encuentra al aire libre?

Opción	Resultado	Porcentaje
Siempre	38	10 %
A veces	141	35 %
Nunca	221	55 %

Nota. Elaborado por: La autora, 2024.

Figura 54

Pregunta 9: ¿Usa protección ocular, como gafas de sol, cuando se encuentra al aire libre?



Elaborado por: La autora, 2024.

Conforme a los resultados de la pregunta 10, el 76% de encuestados indican no haber tenido experiencias por la exposición a la radiación UV. Sin embargo, están conscientes que la radiación UV en la ciudad de Quito puede causar daño. (Pregunta 11). Se establece que los encuestados desconocen como evidenciar posibles alteraciones que produce la radiación UV y que pueden ser imperceptibles y a futuro tener efectos perjudiciales que pueden desencadenar en enfermedades catastróficas. Es importante considerar la poca costumbre de atención preventiva de la salud por parte de las personas. Tabla 31, 32 y Figura 55, 56.

Tabla 31

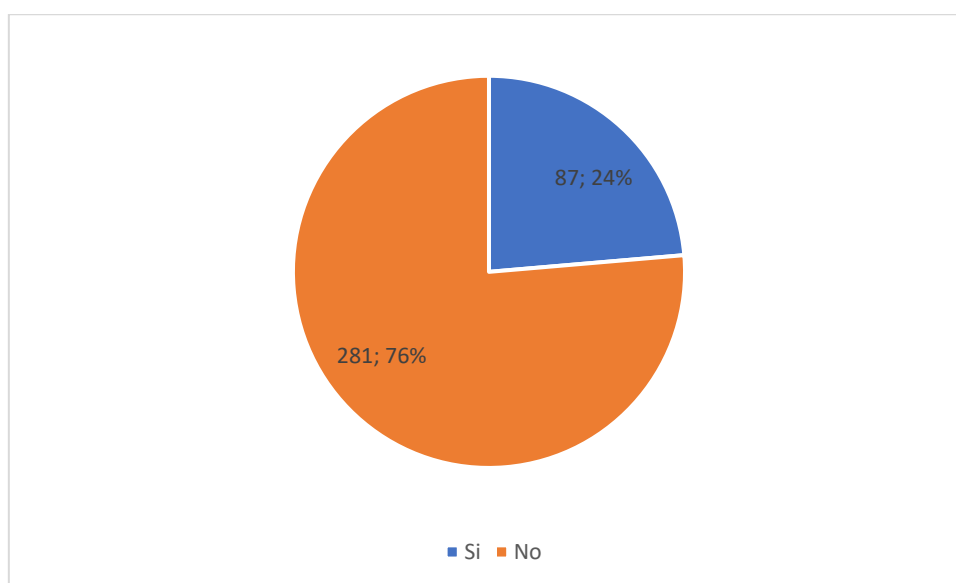
Resultados de la pregunta 10: ¿Ha tenido alguna experiencia con la radiación UV emitida por el sol?

Opción	Resultado	Porcentaje
Si	87	24 %
No	281	76 %

Nota. Elaborado por: La autora, 2024.

Figura 55

Pregunta 10: ¿Ha tenido alguna experiencia con la radiación UV emitida por el sol?



Elaborado por: La autora, 2024.

Tabla 32

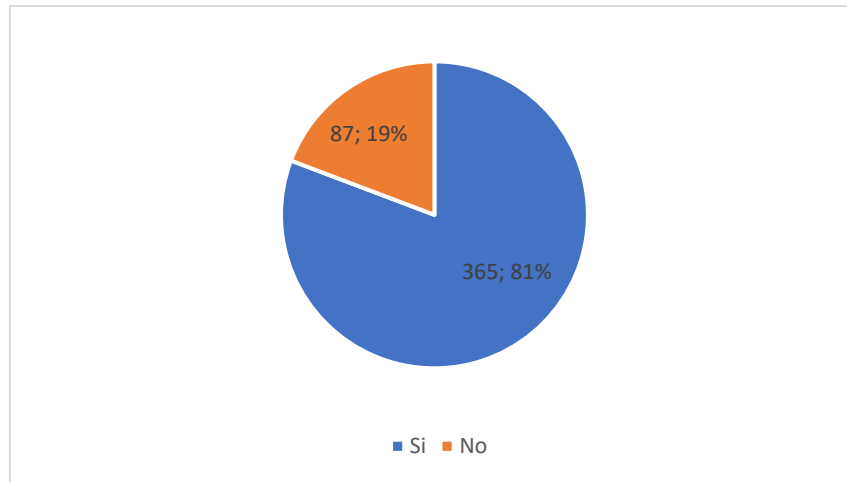
Resultados de la pregunta 11: ¿Considera preocupante en la ciudad de Quito el sobreexponerse a la radiación UV emitida por el sol?

Opción	Resultado	Porcentaje
Si	365	81 %
No	87	19 %

Nota. Elaborado por: La autora, 2024.

Figura 56

Pregunta 11: ¿Considera preocupante en la ciudad de Quito el sobreexponerse a la radiación UV emitida por el sol?

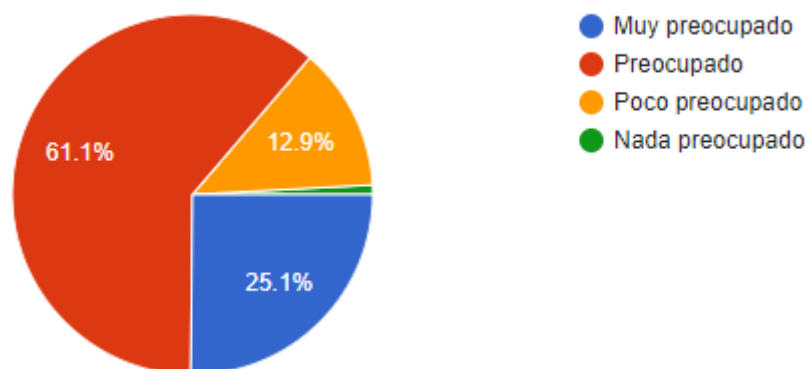


Elaborado por: La autora, 2024.

En base a los resultados de la pregunta 12, el 61,1% de encuestados indican estar preocupados por los efectos de radiación UV en su salud, lo que permite considerar una vez más el contar con un programa de capacitación sobre los efectos de la radiación solar en la comunidad universitaria, a la vez de disponer de herramientas tecnológicas que permitan tener información en tiempo real sobre el índice de radiación UV durante todo el día. Figura 57.

Figura 57

Pregunta 12: ¿Qué tan preocupado está por los efectos de la radiación UV en su salud?

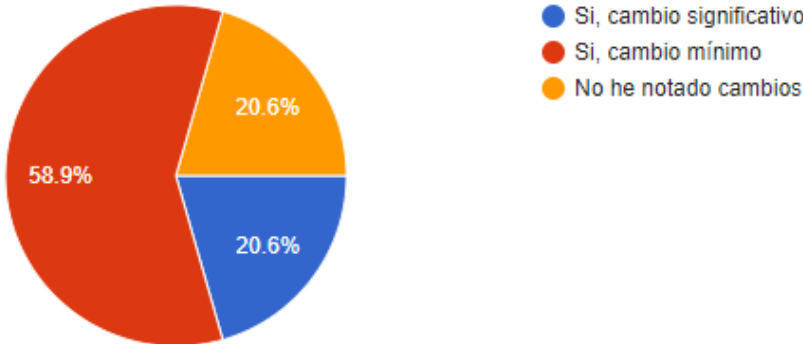


Elaborado por: La autora, 2024.

La pregunta número 13 al igual que las preguntas precedentes indican un alto porcentaje de encuestados que presentan confusión de conocimiento de los efectos de radiación UV y sus evidencias con respecto a la salud. Por lo que se observa una discrepancia de respuestas entre las preguntas 8, 9, 10 y 14. Figura 58.

Figura 58

Pregunta 13: ¿Ha notado algún cambio en su piel como resultado de la exposición al sol?

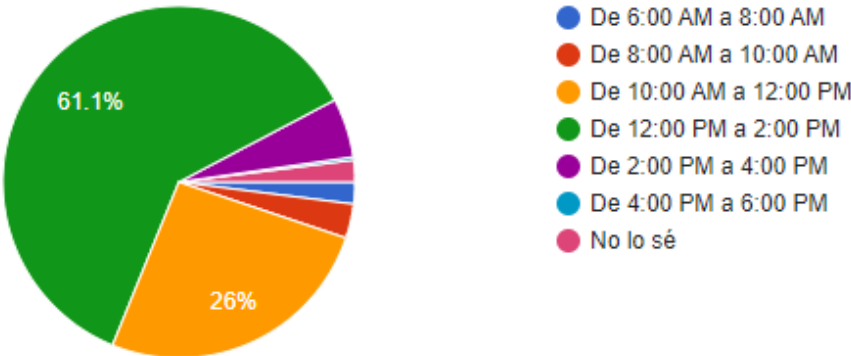


Elaborado por: La autora, 2024.

El 61,1% de personas encuestadas coincidió que la hora del día en la que se debe usar más protección ante la radiación UV es de 12:00 p.m. a 2:00 p.m. Figura 59.

Figura 59

Pregunta 14: ¿A qué hora del día cree usted que debe usar protección ante la radiación UV?

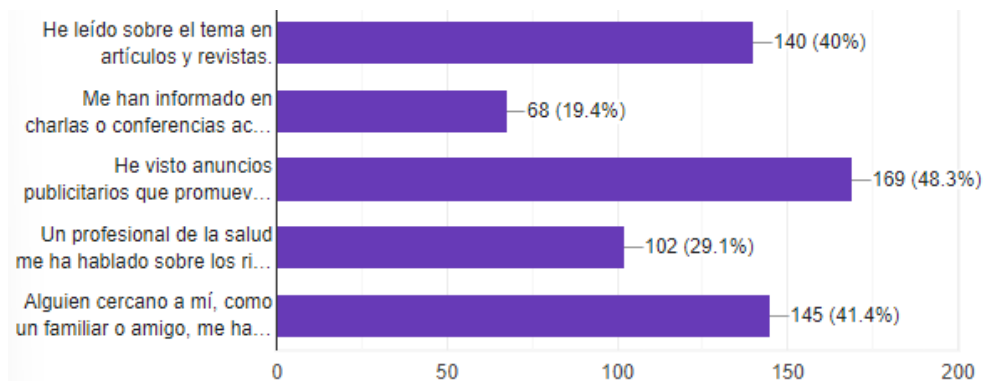


Elaborado por: La autora, 2024.

En la figura 60, los altos porcentajes de respuestas a la pregunta 15 permite establecer que existe información a la cual la persona puede acceder, sin embargo, no existe concientización del daño de la radiación UV y la forma de prevención.

Figura 60

Pregunta 15: ¿Cómo ha obtenido información usted acerca de la importancia de la protección solar?

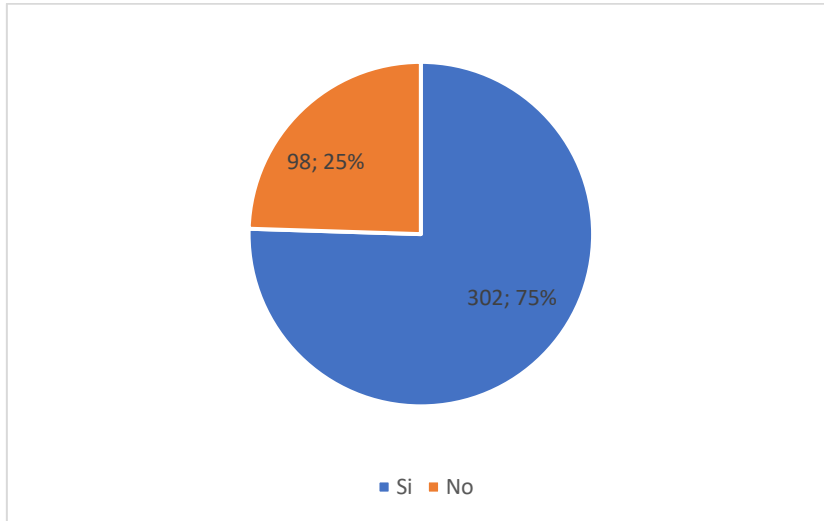


Elaborado por: La autora, 2024.

En la figura 61, se observa que el 75,7% de personas encuestadas consideran de importancia disponer de un dispositivo de alerta inmediata como de una aplicación móvil que les permita conocer en tiempo real los índices de radiación UV.

Figura 61

Pregunta 16: ¿Considera de importancia disponer de un dispositivo de alerta inmediata y una aplicación móvil en tiempo real para la comunidad universitaria que muestre la radiación UV emitida por el sol?

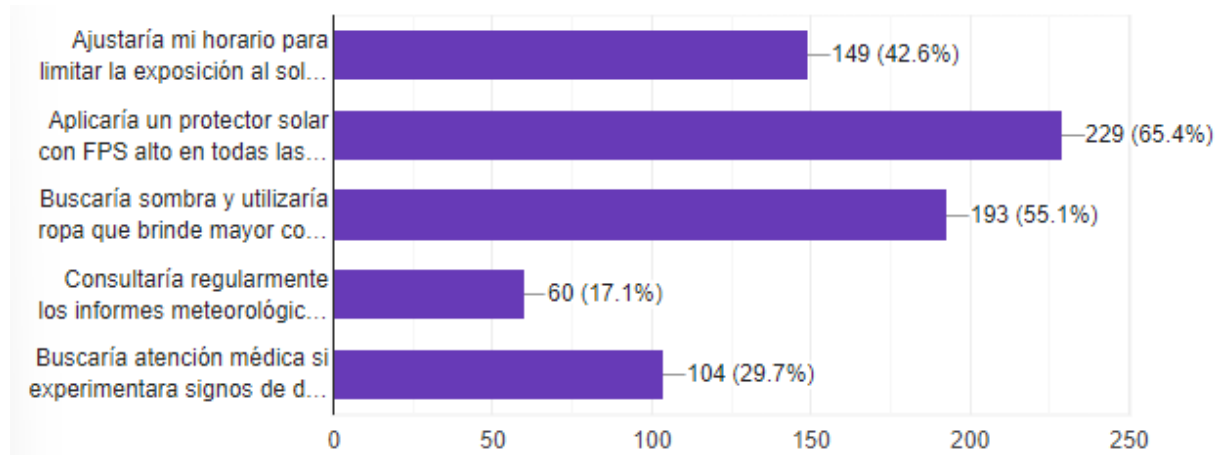


Elaborado por: La autora, 2024.

Las preguntas 17 y 18 de la encuesta indican un alto porcentaje de encuestados que conocen de cómo podrían actuar para prevenir los efectos de la radiación UV si tienen capacitación y cuentan con información en el Manual de Seguridad. Lo que implica ratificar la necesidad de contar con un programa de salud de prevención, de un dispositivo y de una aplicación móvil en tiempo real para la comunidad universitaria que le permita fomentar una cultura de prevención frente a lesiones en la piel y enfermedades como el cáncer ante la sobreexposición a la radiación solar. Figura 62 y 63.

Figura 62

Pregunta 17: Si tuviera información del daño que puede hacer la radiación UV cuando su índice sea peligroso. ¿Qué haría?

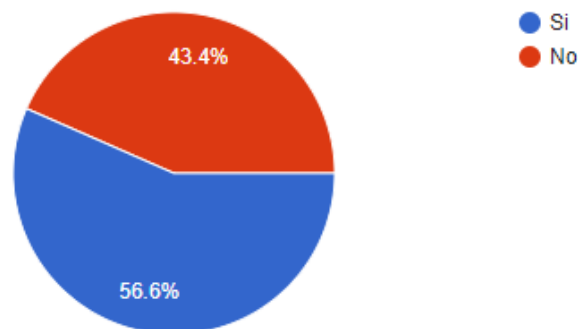


Elaborado por: La autora, 2024.

En la figura 63, se observa que un 56,6% de las personas encuestadas cree que si se debería incluir en el Manual de Seguridad la información acerca de la sobreexposición a la radiación UV, mientras que un 43,4% piensa que no se debería hacer la inclusión en el Manual de Seguridad.

Figura 63

Pregunta 18: ¿Cree usted que la Universidad debería incluir en el Manual de Seguridad información sobre la sobreexposición a la radiación UV o implementar programas de capacitación al respecto?



Elaborado por: La autora, 2024.

4. CONCLUSIONES

- El análisis de radiación solar UV en la ciudad de Quito muestra valores máximos diarios de radiación solar total que se encuentran en aumento con valores que oscilan entre 6,64 Watts/año y 16,53 Watts/año. El presente proyecto determinó la importancia de abordar conocimientos tecnológicos y del área de la salud como futuro Ingeniero Biomédico, con la finalidad de diseñar e implementar de un dispositivo de medición de radiación UV que permita visualizar los índices de radiación UV en tiempo real y una propuesta a futuro de la aplicación móvil para fomentar en la comunidad universitaria una cultura de prevención frente a lesiones en la piel y enfermedades como el cáncer ante la sobreexposición a la radiación solar a la que nos exponemos cuando realizamos actividades académicas en ambientes externos.
- Se puede concluir que el diseño e implementación del dispositivo de medición de radiación UV, que consta de un sensor GUVA S12SD encargado de capturar y medir la radiación ultravioleta (UVA, UVB) emitida por el sol, procesada mediante el SoC ESP32 y visualizada por una serie de LED de alta intensidad que permite descifrar la intensidad de los rayos UV en tiempo real mediante la escala de 5 colores determinados por la Organización Mundial de la Salud, permitió identificar la opción más viable de materiales de hardware Y software mediante el análisis de características de conectividad inalámbrica, capacidad de procesamiento y eficiencia de costos entre tres sensores de radiación UV, sistemas embebidos, dispositivos de visualización y diversos materiales para la estructura externa disponibles en el mercado.
- La aplicabilidad del dispositivo propuesto se verificó mediante la validación por comparaciones de rendimiento de medición frente a los valores registrados por la Estación Meteorológica de la carrera de Electricidad de la UPS-Sede Quito. Los resultados de medición de la radiación UV del dispositivo “Solmáforo” implementado

corresponden al 90% de coincidencia con respecto a los resultados de medición de la Estación Meteorológica, la diferencia se atribuye al tipo de sensores que tienen la Estación Meteorológica (Sensor Compacto de exteriores) y el dispositivo de medición de radiación UV (Sensor GUVB S12SD), sin encontrar una variación relevante para considerar la validación del equipo, como se evidencia en el apartado de resultados.

- Los resultados de la encuesta aplicada a la comunidad universitaria establecen la necesidad urgente de contar con una propuesta de capacitación de prevención para los problemas causados por la sobreexposición a la radiación UV. Como también, la necesidad urgente de disponer de forma permanente del dispositivo “Solmáforo” en la UPS y de la propuesta a futuro de una aplicación móvil de alerta temprana. De esta manera se informe a la población sobre los niveles de riesgo sanitario en tiempo real, paso inicial para aportar la base para la prevención en salud, aparición de enfermedades catastróficas que pueden sufrir la comunidad universitaria frente a los problemas que causa la radiación solar.

5. RECOMENDACIONES

- Es importante para los estudiantes que las autoridades de la UPS emitan respuestas inmediatas a las consultas realizadas, con el fin de buscar alternativas inmediatas.
- En base a los resultados de este trabajo se recomienda futuros estudios para la implementación de la aplicación móvil de alerta temprana de información de los índices de radiación UV en tiempo real.
- Para los trabajos en los cuales intervienen los biomédicos, se sugiere el trabajo interdisciplinario, ya que el Ingeniero Biomédico debe contar con el apoyo de otras ciencias que le permitan apoyarse con conocimientos y cumplir objetivos.

6. LISTA DE REFERENCIAS

- Cañarte Soledispa, K. (2010). Radiación Ultravioleta Y su efecto en la salud.
- Córdoba, E., Santos, A., & Gómez, S. SISTEMA AUTOMÁTICO DE IRRIGACIÓN DE PLANTAS Y MONITOREO DE VARIABLES VÍA WEB. *INGENIERÍA*.
- Cornejo, C. A., & Lucio, J. A. A. (2017). Construcción de un medidor de intensidad de radiación ultravioleta. *Jóvenes en la Ciencia*, 3(2), 2048-2051.
- Delgado, A., & Mendez, F. (2018). Modelado matemático del índice ultravioleta en la ciudad de San Lorenzo, Paraguay. *Reportes científicos de la FACEN*, 9(2), 109-112.
- Esquivel Silva, D. Y. (2017). Estimación del potencial energético solar para la Sede Macarena A de la Universidad Distrital, a partir de medidas de radiación solar global.
- Franco Pallo, K. P. (2017). *Análisis comparativo de radiación solar vs. actividad solar en Quito y sus efectos sobre la salud en el período 2007-2016* (Bachelor's thesis).
- García Tarqui, F. A. (2018). Diseño y construcción de un sistema de adquisición, procesamiento y visualización de datos para el análisis de la radiación UV. Casos de estudio: Azogues.
- González González, J. D. (2018). *Diseño de un sensor de fibra óptica para detección de niveles de radiación UVA* (Bachelor's thesis).
- González-Púmariega, M., Tamayo, M. V., & Sánchez-Lamar, Á. (2009). La radiación ultravioleta. Su efecto dañino y consecuencias para la salud humana. *Theoria*, 18(2), 69-80.
- Huamán Cones, W. (2018). Evaluación de un sistema de adquisición de datos del índice UV solar usando Arduino y Labview (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) en el Distrito de El Tambo-Huancayo.
- Lam-Vivanco, A., Espinoza-Carrión, F., Santos-Luna, J., & García-González, C. (2018). Incidencia de cáncer de piel en población de Machala, Ecuador. *Revista Ciencia UNEMI*, 11(27), 78-86.
- Lema Puruncaja, C. E., & Zuleta Mediavilla, D. P. (2015). *Solmáforo (semáforo solar): modelo ambiental de alerta por exposición a la radiación solar en Quito* (Bachelor's thesis).
- López Pérez, C. E., & Mancheno Alcoser, J. V. (2016). *Implementación de un Sistema Electrónico de Monitoreo Autosustentable para la Difusión de Índices de Radiación Solar en la Epoch* (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).
- Mimbela, N.J., Rubio, L.R., Jiménez, J., & Domínguez, Y.V. (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, 49-55.

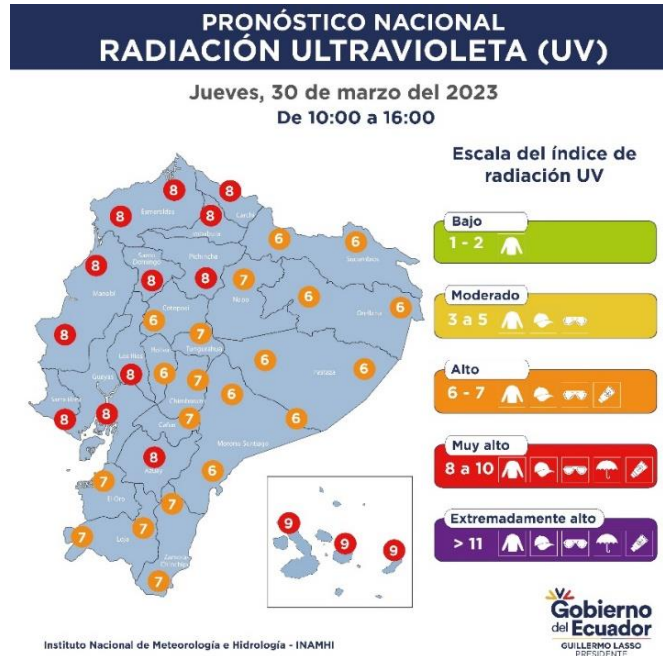
- Minaya Salinas, Y. S. (2018). Evaluación de las acciones de la educación preventiva contra los efectos nocivos por la exposición prolongada a la radiación solar (UV-B), en las instituciones educativas de la provincia de Huaraz, 2015.
- Morales, C., & López-Nevot, M. A. (2006). Efectos de la radiación ultravioleta (UV) en la inducción de mutaciones de p53 en tumores de piel. *Oncología (Barcelona)*, 29(7), 25-32.
- Nollas, FM, Luccini, E., Carbajal Benítez, G., & Wolfram, E. (2018). Intercomparación de radiómetros UV eritémicos.
- Organización Mundial de la Salud. (2010, December 29). Recomendaciones de la OMS para protegerse de los rayos solares - OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud. Retrieved March 30, 2023, from <https://www.paho.org/es/noticias/29-12-2010-recomendaciones-oms-para-protegerse-rayos-solares>
- Papandrea, S., Orte, F., D'Elia, RL y Wolfram, E. (2021). Radiómetro solar de banda moderada GUV-2511: Interpretación de los datos y generación de productos.
- Pérez, E. J. T., Villalobos, L. F. H., & Pérez, G. A. P. Sistema para la medición, visualización y registro de la radiación solar.
- Pinchao, J.M., & Mejía, E. (2018). Mediciones de radiación UV-B en Ibarra - Ecuador y su relación con el cambio climático.*
- Quintero Cardenas, N. E. (2018). Medidor índice UV portátil.
- Reinosa-Valladares, M., de la Caridad Betancourt-Reinosa, K., Figueredo-Hernández, L. R., Vásquez-Sánchez, L., Ordoñez-Sánchez, Y. C., & Canciano-Fernández, J. (2018). Cambio climático y enfermedades dermatológicas. *Revista Cubana de Meteorología*, 24.
- Siguas, O. J. R. (2018). Estudio de la incidencia de los rayos ultravioletas (uv) en la localidad de Ayacucho-sus consecuencias. *Investigación*, 26(2), 151-163.
- Sociedad de Lucha contra el Cáncer / Registro Nacional de Tumores. Cueva, P.; Yépez, J.; Tarupi, W. editores. 2019. Epidemiología del Cáncer en Quito 2011-2015. Quito. 16 ed.
- Solís Jiménez, M. D. L. Á. L. (2018). Análisis del comportamiento de la Radiación Eritemal UV y su relación con la Columna Total de Ozono reportada por OMI en el Estado de Zacatecas.
- Torres Londoño, A. L. (2018). Efecto de la radiación ultravioleta.
- Vargas, J. L., & Alfaro, E. J. (2016). Radiación ultravioleta (UV) en el Parque Nacional Isla del Coco, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop*, 64(1), S75-S86.
- Viloria Ávila, T. J., Vega-Carrillo, H. R., García Reyna, M. G., Bernal Hernández, K. K., Pulido Cervantes, B. G., Hernández Dávila, V. M., ... & Parra González, D. A. (2018). Radiaciones ionizantes y su impacto Primer Simposio Internacional sobre Medioambiente (ISE 2017).

Zúñiga Miranda, C. A., & Granda Luces, J. K. (2019). *Diseño e implementación de un prototipo medidor de radiación ultra violeta alimentado por paneles solares* (Bachelor's thesis).

7. ANEXOS

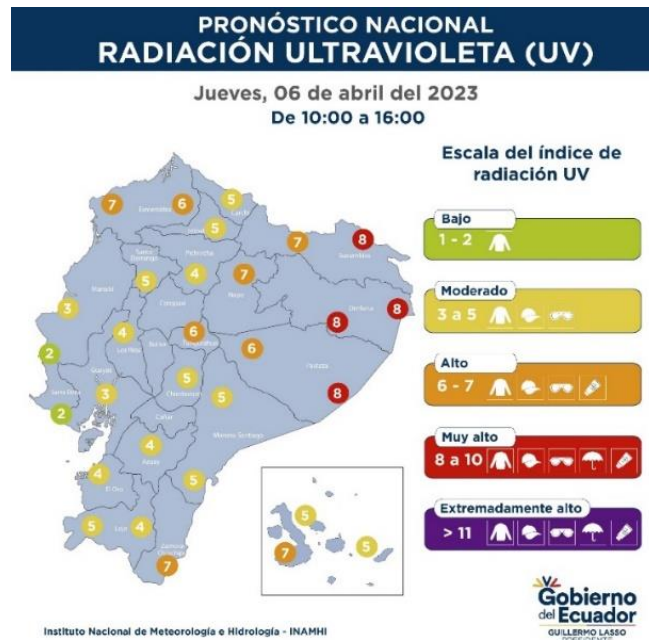
Anexo 1

Pronóstico Nacional de la Radiación UV del mes de marzo



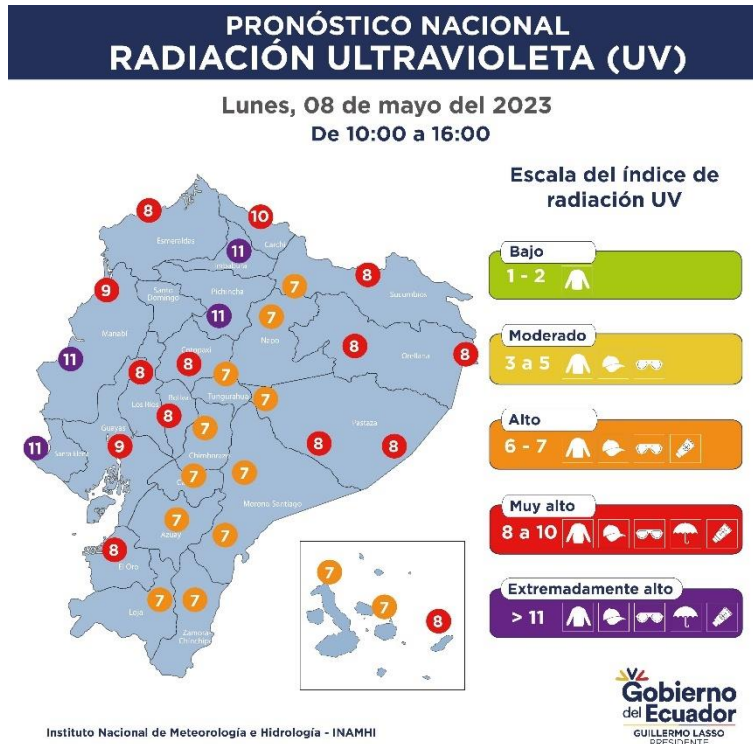
Anexo 2

Pronóstico Nacional de la Radiación UV del mes de abril



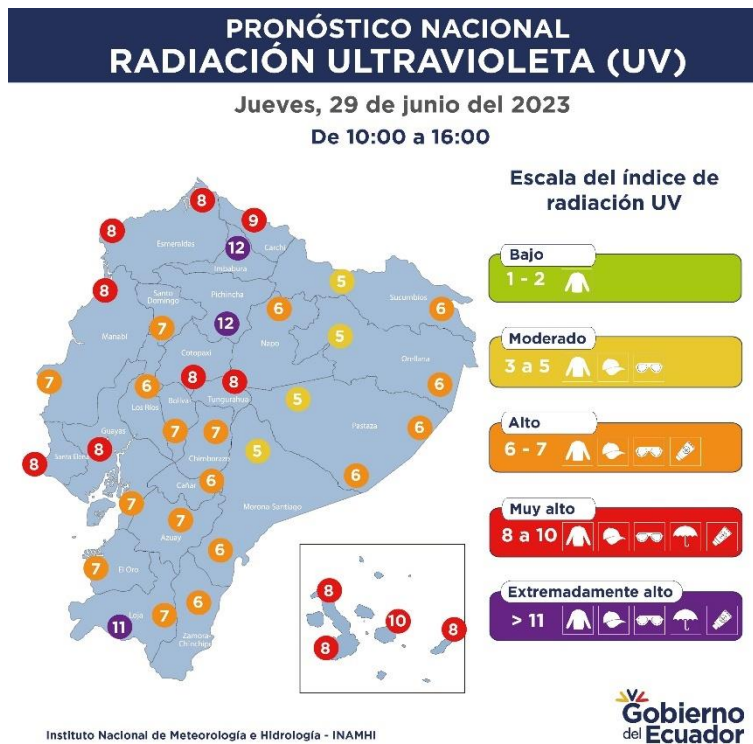
Anexo 3

Pronóstico Nacional de la Radiación UV del mes de mayo



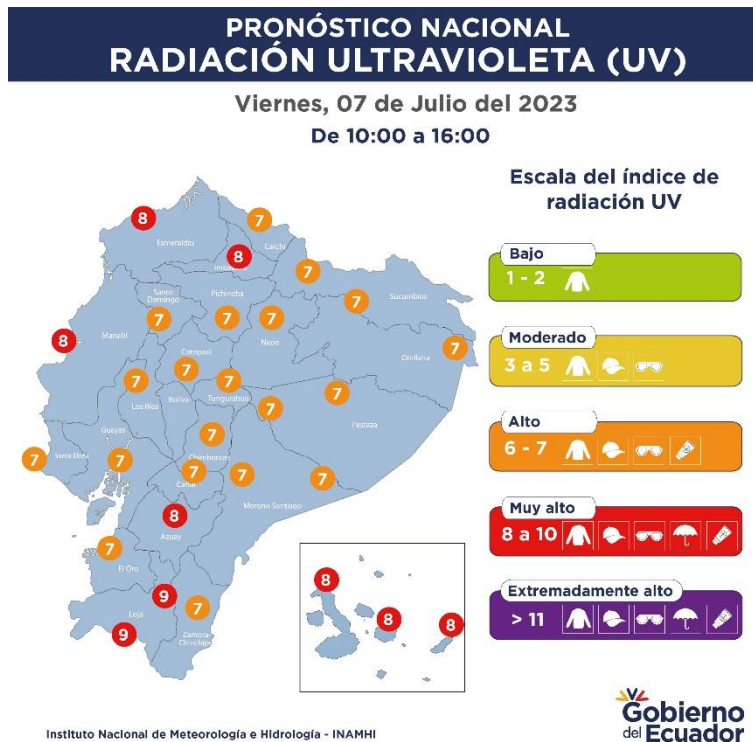
Anexo 4

Pronóstico Nacional de la Radiación UV del mes de junio



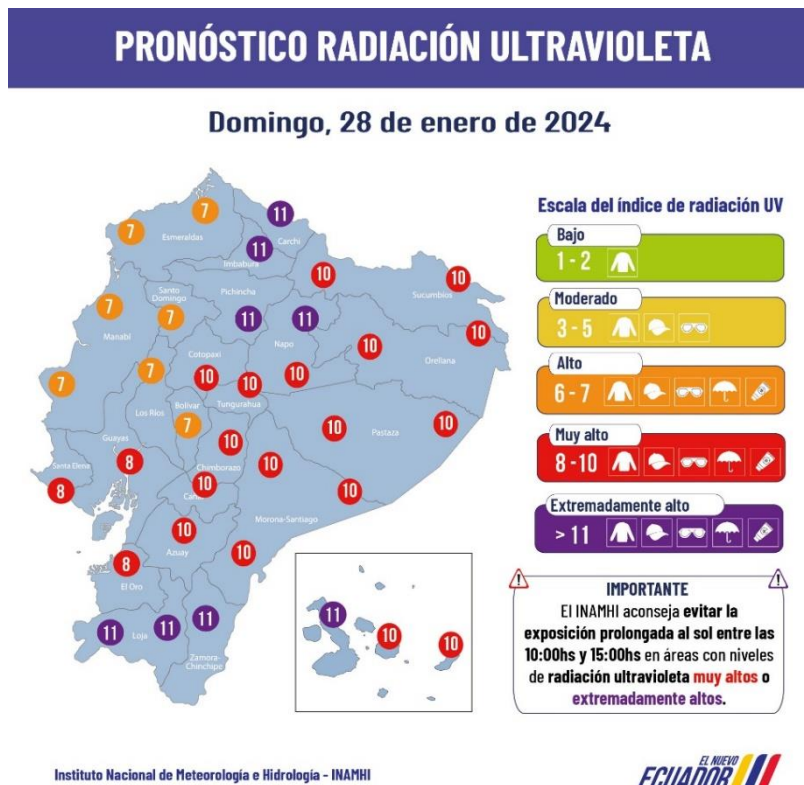
Anexo 5

Pronóstico Nacional de la Radiación UV del mes de julio



Anexo 6

Pronóstico Nacional de la Radiación UV del mes de enero de 2024



Anexo 7

Ficha técnica del sensor GUA-S12SD



ROITHNER LASERTECHNIK GmbH

WIEDNER HAUPTSTRASSE 76 1040 VIENNA AUSTRIA
TEL. +43 1 586 52 43 -0. FAX. -44. OFFICE@ROITHNER-LASER.COM



GUA-S12SD



TECHNICAL DATA

UV-B Sensor

Features

- Gallium Nitride Based Material
- Schottky-type Photodiode
- Photovoltaic Mode Operation
- Good Visible Blindness
- High Responsivity & Low Dark Current

Applications

- UV Index Monitoring
- UV-A Lamp Monitoring

Absolute Maximum Ratings

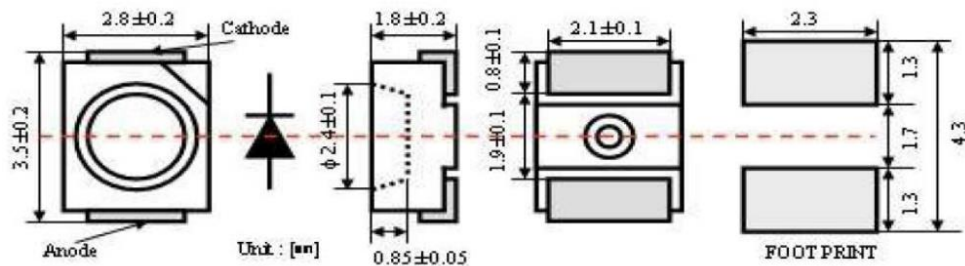
Item	Symbol	Value	Unit
Forward Current	I_F	1	mA
Reverse Voltage	V_R	5	V
Operating Temperature	T_{op}	-30 ... +85	°C
Storage Temperature	T_{st}	-40 ... +90	°C
Soldering Temperature *	T_{sol}	260	°C

* must be completed within 10 seconds

Characteristics (25°C)

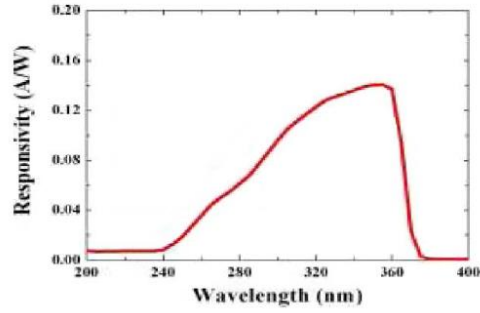
Item	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
Dark Current	I_D	$V_R = 0.1 V$	-	-	1	nA
Photo Current	I_{PD}	UVA Lamp, 1 mW/cm ²	-	113	-	nA
		1 UVI	-	26	-	nA
Temperature Coefficient	I_{TC}	UVA Lamp	-	0.08	-	% / °C
Responsivity	R	$\lambda = 300 nm, V_R = 0 V$	-	0.14	-	A/W
Spectral Detection Range	λ	10% of R	240	-	370	nm

Package Dimension

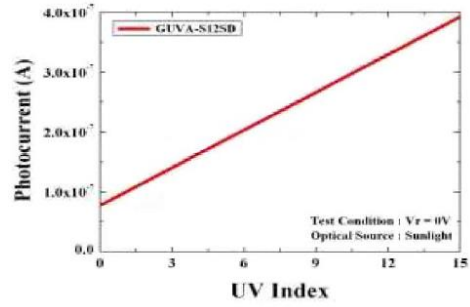
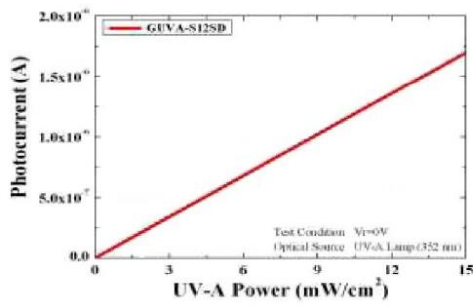




Responsivity Curve

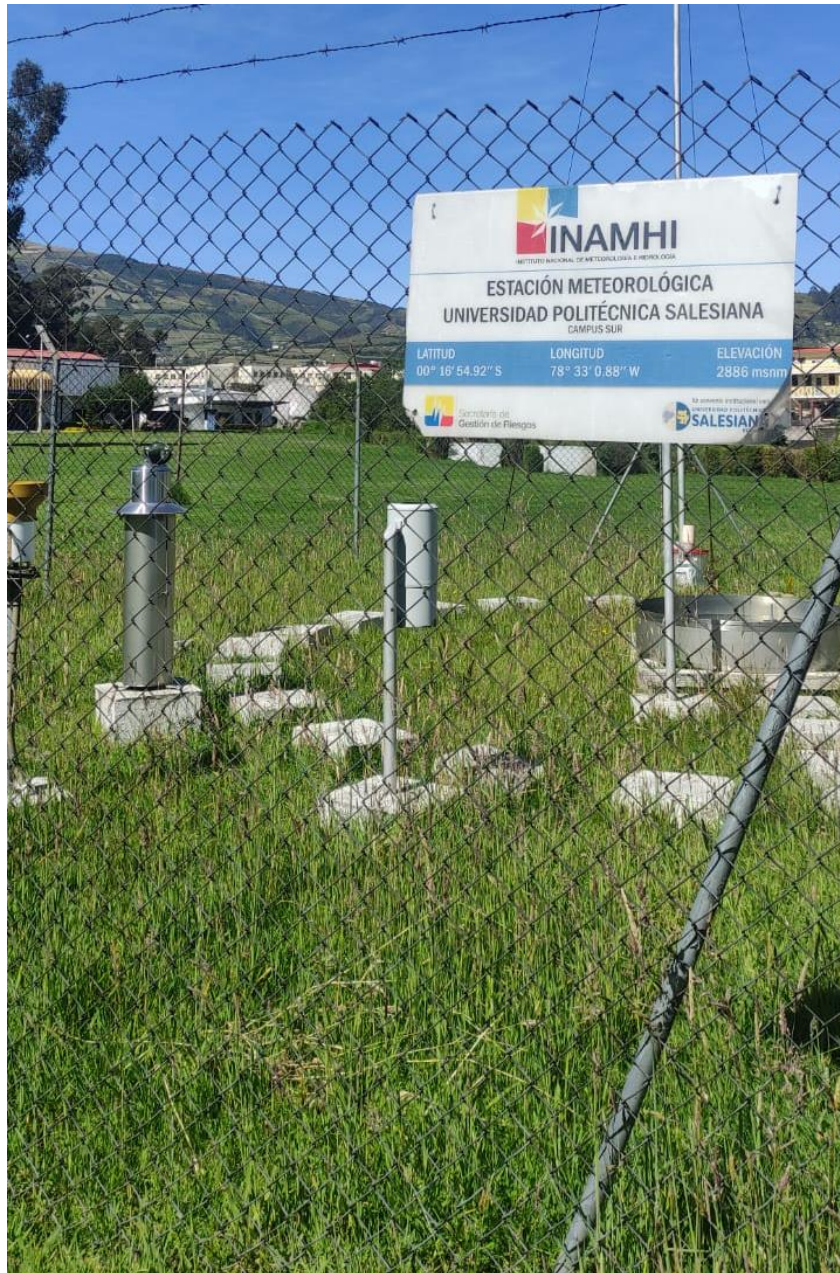


Photocurrent along UV Power



Anexo 8

Estación Meteorológica-UPS-Campus Sur, convenio con el INAMHI



Anexo 9

Salida de campo para la investigación sobre la Estación Meteorológica de la carrera de Electricidad-UPS



Anexo 10

Estación Meteorológica de la carrera de Electricidad-UPS



Anexo 11

Vista frontal de la Estación Meteorológica de la carrera de Electricidad-UPS



Anexo 12

Implementación del dispositivo de detección de niveles de radiación UV en el Campus El Girón-UPS



Anexo 13

Diseño de la encuesta realizada en la comunidad universitaria (Campus Sur y Campus El Girón-UPS)

ENCUESTA CONOCIMIENTO Y HÁBITOS DE PROTECCIÓN SOLAR

Este formulario está destinado a la comunidad universitaria de los Campus Sur y El Girón de la Universidad Politécnica Salesiana. Su propósito es recopilar información sobre los conocimientos y hábitos de protección solar de los participantes.

1. **Fecha:**

2. **Género:**

Masculino

Femenino

3. **Edad:**

4. **Carrera:**

5. **Ciudad de Residencia:**

6. **¿Qué rol cumple en la Universidad Politécnica Salesiana?**

Estudiante

Docente

Otros

7. **¿Conoce sobre la radiación ultravioleta (UV) emitida por el sol?**

Si

No

8. **¿Conoce sobre los riesgos que implica la sobreexposición a la radiación UV emitida por el sol?**

Si

No

9. **¿Cuáles considera que son los principales riesgos asociados a la sobreexposición de la radiación UV emitida por el sol? (Seleccione las opciones de su preferencia)**

Cáncer de piel

Envejecimiento cutáneo prematuro

Cataratas

Quemaduras solares

Reducción de la eficiencia del sistema inmunológico

Lesiones de retina con pérdida visual permanente

10. **¿Conoce sobre los niveles de radiación UV en las diferentes horas del día?**

Si

No

En caso de que la respuesta sea "Si", ¿Cuáles son?

.....
.....
.....

11. **¿Cuál es el máximo índice de radiación UV emitida por el sol al que podría exponerse usted? (Seleccione una opción)**

Índice del 1-2 (Bajo)

Índice del 3-5 (Moderado)

Índice del 6-7 (Alto)

Índice del 8-10 (Muy Alto)

Índice 11 o más (Extremadamente Alto)

12. **¿Conoce acerca de las medidas de fotoprotección?**

Si

No

En caso de que la respuesta sea "Si", ¿Cuáles son?

.....
.....
.....
.....
.....

13. **¿Utiliza protector solar antes de salir al aire libre durante el día?**

Siempre

A veces

Nunca

14. **¿Usa protección ocular, como gafas de sol, cuando se encuentra al aire libre?**

Siempre

A veces

Nunca

15. **¿Ha tenido alguna experiencia con la radiación UV emitida por el sol?**

Si

No

En caso de que la respuesta sea "Si", ¿Cuál fue su experiencia?

.....
.....
.....
.....

16. **¿Considera preocupante en la ciudad de Quito el sobreexponerse a la radiación UV emitida por el sol?**

- Si
- No

17. **¿Qué tan preocupado está por los efectos de la radiación UV en su salud?** (Selecione una opción)

- Muy preocupado
- Preocupado
- Poco preocupado
- Nada preocupado

18. **¿Ha notado algún cambio en su piel como resultado de la exposición al sol?** (Selecione una opción)

- Si, cambio significativo
- Si, cambio mínimo
- No he notado cambios

19. **¿A qué hora del día cree usted que debe usar protección ante la radiación UV?** (Selecione una opción)

- De 6:00 AM a 8:00 AM
- De 8:00 AM a 10:00 AM
- De 10:00 AM a 12:00 PM
- De 12:00 PM a 2:00 PM
- De 2:00 PM a 4:00 PM
- De 4:00 PM a 6:00 PM
- No lo sé

20. **¿Cómo ha obtenido información usted acerca de la importancia de la protección solar?** (Selecione las opciones de su preferencia)

- He leído sobre el tema en artículos y revistas.
- Me han informado en charlas o conferencias acerca de la importancia de la protección solar.
- He visto anuncios publicitarios que promueven la protección solar en diferentes medios de comunicación.
- Un profesional de la salud me ha hablado sobre los riesgos de la exposición al sol sin protección.
- Alguien cercano a mí, como un familiar o amigo, me ha recomendado la importancia de protegerme del sol.

21. **¿Considera de importancia disponer de un dispositivo de alerta inmediata en el Campus Girón que muestre la radiación UV emitida por el sol y cómo debería protegerse?**

- Si
- No

En caso de que la respuesta sea "Si", ¿Por qué?

.....
.....
.....
.....

22. **Si tuviera información del daño que puede hacer la radiación UV cuando su índice sea peligroso. ¿Qué haría?** (Selecione las opciones de su preferencia)

- Ajustaría mi horario para limitar la exposición al sol durante las horas pico de radiación UV.
- Aplicaría un protector solar con FPS alto en todas las áreas expuestas de la piel antes de salir al aire libre.
- Buscaría sombra y utilizaría ropa que brinde mayor cobertura para reducir la exposición directa al sol.
- Consultaría regularmente los informes meteorológicos para conocer el índice de radiación UV.
- Buscaría atención médica si experimentara signos de daño solar, como quemaduras o irritación en la piel.

23. **¿Cree usted que la Universidad debería incluir en el Manual de Seguridad información sobre la sobreexposición a la radiación UV o implementar programas de capacitación al respecto?**

- Si
- No

En caso de que la respuesta sea "Si", ¿Por qué?

.....
.....
.....
.....