



*DIFU*_{100ci@}, Revista de Difusión Científica

Ingeniería y Tecnologías

Vol: 18

Num: 1

Publicación: Enero - Abril 2024

ISSN: 2007-3585



Una publicación de la Universidad Autónoma de Zacatecas "Francisco García Salinas"

Directorio

Universidad Autónoma de Zacatecas “Francisco García Salinas”

Dr. Rubén de Jesús Ibarra Reyes, *Rector*

Dr. Ángel Román Gutiérrez, *Secretario General*

M.C. Hans Hiram Pacheco García, *Secretario Académico*

Dr. Carlos Francisco Bautista Capetillo, *Coord. Investigación y Posgrado*

Editor en Jefe

Víktor Iván Rodríguez Abdalá, *Universidad Autónoma de Zacatecas, (México)*

Editores Asociados

Manuel Hernández Calviño, *Universidad de La Habana, (Cuba)*

José Ricardo Gómez Rodríguez, *Universidad Autónoma de Zacatecas, (México)*

Grupo Revisor

Remberto Sandoval Aréchiga, *Universidad Autónoma de Zacatecas, (México)*

Salvador Ibarra Delgado, *Universidad Autónoma de Zacatecas, (México)*

Juvenal Villanueva Maldonado, *CONACyT-UAZ, (México)*

Jorge Simón Rodríguez, *CONACyT-UAZ, (México)*

Rodrigo Daniel Méndez Ramírez, *Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, (México)*

Leonardo Acho Zuppa, *Universidad Politécnica de Catalunya, (España)*

Miguel Andrés, *Universidad de Valencia, (España)*

José Ángel González Fraga, *Universidad Autónoma de Baja California, (México)*

Ramón Parra Michel, *Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, (México)*

Leonel Soriano Equigua, *Universidad de Colima, (México)*

José Luis Álvarez Flores, *Universidad de Colima, (México)*

Fermín Marcelo Rubén Maciel Barbosa, *Universidad de Colima, (México)*

Francisco Rubén Castillo Soria, *Universidad Autónoma de San Luis Potosí, (México)*

Cristian Eduardo Boyain y Goytia Luna, *Universidad Autónoma de Zacatecas, (México)*

Juan Pablo Morales Álvarez, *Instituto Tecnológico de La Paz, (México)*

Daniel Armando Hirles Valles, *Instituto Tecnológico de La Paz, (México)*

Jaime Sánchez García, *Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, (México)*

Salvador Villarreal Reyes, *Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, (México)*

Ernesto García Domínguez, *Universidad Autónoma de Zacatecas, (México)*

Rafael Villela Varela, *Universidad Autónoma de Zacatecas, (México)*

Jorge de la Torre y Ramos, *Universidad Autónoma de Zacatecas, (México)*

Manuel Reta Hernández, *Universidad Autónoma de Zacatecas, (México)*

Derechos reservados

Editorial

Universidad Autónoma de Zacatecas
“Francisco García Salinas”

Diseño de revista

Víktor Iván Rodríguez Abdalá
José Ricardo Gómez Rodríguez

Derechos Reservados

Universidad Autónoma de Zacatecas
“Francisco García Salinas”

ISSN 2007-3585

DIFU100ci@ (léase difuciencia) es una publicación cuatrimestral editada por la Universidad Autónoma de Zacatecas, “Francisco García Salinas”, a través de la Unidad Académica de Ingeniería Eléctrica. Jardín Juárez No. 147, Colonia Centro, Zacatecas, Zacatecas, C.P. 98000. Tel. (01 492) 925 6690.

ISSN: 2007-3585 otorgado por el Instituto Nacional de Derecho de Autor.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la Universidad Autónoma de Zacatecas “Francisco García Salinas” a través de la Unidad Académica de Ingeniería Eléctrica.

<http://www.uaz.edu.mx>

<http://difu100cia.uaz.edu.mx>

difu100cia@uaz.edu.mx

Carta del editor

La investigación en tecnologías e ingeniería es un reto donde un desarrollo tiene que tener tanto fundamentos matemáticos como una demostración aplicada, la cual muchas veces implica limitaciones al momento de obtener el prototipo experimental, ya sean tanto tecnológicos como de acceso a los recursos.

El uso de impresoras 3D ha permitido el desarrollo, en tiempos relativamente cortos, de prototipos en fase experimental así como el uso de diferentes materiales para su impresión. De este modo, la experimentación en proyectos de investigación tecnológica no se ha limitado a simulaciones en software especializado, sino que incluye una comparativa entre dichas simulaciones y mediciones utilizando los prototipos impresos.

Finalmente, estas impresoras 3D es una gran oportunidad para los grupos de investigación, tanto académicos como de la industria, ya que agiliza el tiempo de prototipado y por ende la medición de los experimentos a realizar, permitiendo realizar correcciones en dichos prototipos con fines de mejorar el producto final.



Víctor Iván Rodríguez Abdalá
Editor en Jefe

Índice general



Directorio	I
Derechos reservados	II
Carta del editor	III
1. Prototipo de sistema de alerta de caídas para personas de la tercera edad	1
2. Desempeño de la iluminación natural mediante celosías generadas por los principios del origami y kirigami	9
3. Evaluación de una herramienta para monitoreo de red teniendo énfasis en la verificación de conexión de equipo activo con protocolo ICMP	15

Fall alert system prototype for elderly people

Prototipo de sistema de alerta de caídas para personas de la tercera edad

E. E. Velázquez-Cruz¹, M. O. Moreno-Blanco^{*1}, and D. P. Martínez-Cancino¹

¹Universidad Politécnica de Chiapas (UP Chiapas),

Carretera Tuxtla Gutiérrez. - Portillo Zaragoza Km 21+500. Col. Las Brisas; Suchiapa, Chiapas. CP.29150.

{203759, 203082, dmartinez}@ib.upchiapas.edu.mx

Abstract

The aging of the population is an important demographic phenomenon due to the improvement in healthcare and quality of life, which has increased life expectancy and proportion of elderly people in the population. Falls in older individuals are a public health problem. Devices such as the Portable Emergency Button, the Apple Watch, and the Hip-Hope have been developed to prevent and manage falls. The project presents a prototype of a fall alert system for the elderly that uses an accelerometer to detect falls and send alerts through a GSM device and a mobile application. The prototype includes electronic components such as Raspberry Pi Pico, MPU6050, NEO-6M v2, and SIM800L v2. To characterize falls, four distinct positions are established: 'Standing', 'Point of No Return', 'Impact', and 'Fall'. A mobile application were developed in Android Studio that allows users to receive alerts via SMS messages and securely store them in Firebase. The prototype integrates fall detection, geolocation, and alert sending through a Raspberry Pi Pico, and tests were conducted to evaluate its performance.

Keywords— Accelerometer, Gyroscope, GSM

Resumen

El envejecimiento de la población es un fenómeno demográfico importante debido a la mejora de la atención médica y la calidad de vida, lo que ha aumentado la esperanza de vida y la proporción de personas mayores en la población. Las caídas en personas mayores son un problema de salud pública. Se han desarrollado dispositivos como el Botón de Emergencia Portátil, el Apple Watch y el Hip-Hope para prevenir y gestionar caídas. El proyecto presenta un prototipo de sistema de alerta de caídas para personas mayores que utiliza un acelerómetro para detectar caídas y enviar alertas a través de un dispositivo GSM y una aplicación móvil. El prototipo incluye componentes electrónicos como Raspberry Pi Pico, MPU6050, NEO-6M v2 y SIM800L v2. Para caracterizar las caídas, se establecen cuatro posiciones distintas: 'De pie', 'Punto de no retorno', 'Impacto' y 'Caída'. Se desarrolló una aplicación móvil en Android Studio que permite a los usuarios recibir alertas a través de mensajes SMS y almacenarlos de forma segura en Firebase. El prototipo integra la detección de caídas, geolocalización y envío de alertas a través de la Raspberry Pi Pico, y se realizaron pruebas para evaluar su rendimiento.

Palabras clave— Acelerómetro, Giroscopio, GSM

I. Introducción

El envejecimiento de la población se destaca como uno de los fenómenos demográficos más notables y significativos en nuestro tiempo. Con mejoras

en la atención médica y un aumento en la calidad de los entornos sociales y culturales, la esperanza de vida ha experimentado un notable crecimiento en décadas recientes. Esto ha resultado en un constante incremento en la proporción de personas mayores en la población a nivel global. Este cambio demográfico, plantea desa-

* Autor de correspondencia

fíos sociales, económicos y de salud que requieren una atención cuidadosa [1].

Cuando se habla del proceso de envejecimiento, se refiere a una serie de cambios que ocurren naturalmente con el tiempo. Estos cambios son gradualmente continuos e irreversibles, afectando diversos aspectos biológicos, psicológicos y sociales de la vida de una persona [2].

Las caídas en personas mayores representan un importante problema de salud pública, ya que pueden resultar en lesiones graves, fracturas óseas, discapacidades a largo plazo e incluso la pérdida de vidas humanas. Además de las consecuencias físicas, las caídas pueden tener un impacto psicológico significativo, generando ansiedad y temor a futuras caídas, lo que puede reducir la calidad de vida y la independencia de las personas mayores [3].

Dada esta perspectiva, la prevención y gestión de caídas se han convertido en un área prioritaria de investigación y desarrollo tecnológico en el campo de la atención médica y el cuidado de personas mayores. Entre algunos avances que abordan este desafío se encuentran dispositivos como el Botón de Emergencia Portátil, un dispositivo en forma de pulsera o collar que emite alertas médicas al ser activado [4]. Además, el Apple Watch, un reloj inteligente equipado con un acelerómetro y giroscopio, puede detectar caídas y enviar alertas a contactos de emergencia o servicios médicos [5]. Otro ejemplo es el Hip-Hope, un cinturón que utiliza bolsas de aire similares a las de automóviles y sensores para detectar caídas y amortiguar el impacto en las caderas. Además, este dispositivo cuenta con una aplicación que envía alertas automáticas a contactos de emergencia y un botón de activación manual en caso necesario [6].

Si bien los dispositivos mencionados tienen ventajas significativas en la prevención y gestión de caídas en personas mayores, también presentan desventajas relacionadas como su costo, requisitos tecnológicos, posibles falsos positivos o negativos, privacidad de datos. Su mayor ventaja competitiva radica en el precio. Considerando que el costo de otras opciones oscila entre \$9,699 y \$20,443.70, el precio del prototipo, que es de \$2,233.33, presenta una amplia ventaja en términos de precio. Esto implica un ahorro sustancial para los consumidores, con un porcentaje de diferencia significativo que les permitiría ahorrar entre un 76.99% y un 89.07%. Este ahorro sustancial puede hacer que el prototipo sea una opción atractiva y accesible para un mayor número de personas mayores y sus familias, ampliando así el acceso a tecnologías innovadoras para la prevención y gestión de caídas.

En este contexto, se presenta un proyecto centrado en el desarrollo de un prototipo de sistema de alerta de caídas para las personas mayores. Este sistema no solo detecta caídas de manera temprana, sino que también ofrece una respuesta rápida y efectiva al alertar inmediatamente después de que ocurra una caída. Nuestro

enfoque se orienta hacia la rápida asistencia a la persona afectada. Al recibir una notificación inmediata de la caída, se facilita una respuesta ágil y oportuna para brindar ayuda, lo que contribuye significativamente a mitigar los riesgos asociados a las caídas en personas mayores.

El proyecto implementa la medición de la aceleración corporal y la inclinación del mismo utilizando un acelerómetro triaxial. Esto se emplea para detectar caídas y activar una alerta sonora, además de enviar una notificación a través de GSM hacia una aplicación móvil desarrollada en Android Studio. La notificación incluirá un enlace que permitirá visualizar la ubicación en tiempo real de la persona en la plataforma OpenStreetMap, información que será adquirida mediante un módulo GPS.

II. Materiales y métodos

Para lograr el exitoso desarrollo del prototipo, se optó por una metodología basada en los desafíos específicos abordados durante su creación, la cual fue la que se muestra en la Fig. 1.

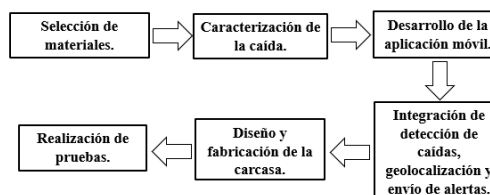


Figura 1: Diagrama del plan de la metodología.

II.1. Selección de materiales

Para cumplir con el propósito del prototipo, se utilizaron componentes electrónicos comerciales, como:

- Raspberry Pi Pico: El dispositivo Raspberry Pi Pico, basado en el microcontrolador RP2040, juega un papel esencial en el control y la interconexión de los módulos empleados en el prototipo.
- MPU6050: Para la detección de caídas, se emplea el sensor MPU6050. Este sensor, clasificado como una Unidad de Medición Inercial (IMU), integra un acelerómetro de 3 ejes y un giroscopio de 3 ejes, lo que permite medir y registrar con precisión el movimiento tridimensional y la orientación angular.
- NEO-6M v2: Para rastrear la ubicación, se utiliza el módulo NEO-6M v2, un receptor de señales que proporciona información precisa de geolocalización y se configura a través del puerto UART.

- SIM800L v2: Se integra el módulo SIM800L v2, un componente GSM/GPRS que facilita llamadas, envío de mensajes SMS y transferencia de datos por GPRS a través de redes móviles. Este módulo se comunica mediante UART y es compatible con diversas tarjetas SIM.

Adicionalmente, se incorporó un zumbador con el fin de generar una alerta sonora que llame la atención de personas cercanas y puedan auxiliar al individuo en caso necesario. Para asegurar la alimentación del prototipo, se emplearon un regulador de voltaje step-down LM2596 y un módulo cargador de baterías 18650 BMS 2S. Estos elementos se combinan de manera efectiva para dar lugar a una solución completa y funcional en el prototipo.

II.2. Caracterización de la caída

En la programación de la Raspberry Pi Pico, se empleó el lenguaje MicroPython en conjunto con el IDE Thonny, esta elección se fundamenta en su facilidad de uso, capacidad de desarrollo rápido, versatilidad en la interacción con periféricos, eficiencia energética, flexibilidad y escalabilidad. Además, se aprovecha la comunidad activa de apoyo existente.

Para habilitar la funcionalidad del acelerómetro triaxial, se inició con la búsqueda de las librerías esenciales para su integración con la Raspberry Pi Pico. Se emplearon dos librerías fundamentales: *imu.py* y *vector3d.py*. La primera de estas, *imu.py*, se encargó de establecer la comunicación con el sensor y de recolectar los datos que proporcionaba. Por otro lado, la librería *vector3d.py* se encargó de procesar estos datos, transformándolos en información significativa y comprensible para su posterior utilización.

Tomando como referencia el estudio de Alejandro Díaz de Argandoña Araujo en el análisis de caídas [7], para caracterizar las caídas, se establecieron cuatro posiciones distintas: 'De pie', 'Punto de no retorno', 'Impacto' y 'Caída'. El propósito de esta división es permitir que el prototipo pueda distinguir caídas genuinas de otros movimientos. Para abordar esto, se debe considerar los tres ejes del acelerómetro triaxial: x , y y z donde cada eje registra tanto la aceleración como un cierto ángulo de giro, como se observa en la Fig. 2.

En la posición 'De pie', la aceleración actúa únicamente en el eje z , ya que este se encuentra a favor de la gravedad (1 G o 9.81 m/s^2), mientras que en los ejes x y y , la aceleración es igual a 0 G , ya que están en contra de la gravedad. Aunque en principio no debería haber inclinación en esta posición, se considera una rotación menor a 20 grados para evitar posibles falsas alertas. Esta medida se establece para cumplir con el criterio de esta posición.

Ahora bien, conforme el individuo esté sufriendo una

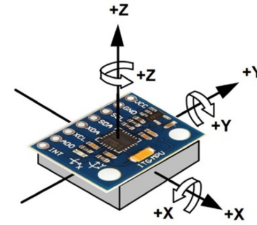


Figura 2: Ejes del acelerómetro triaxial MPU5060.
Teléfono: 01961 61 71460.

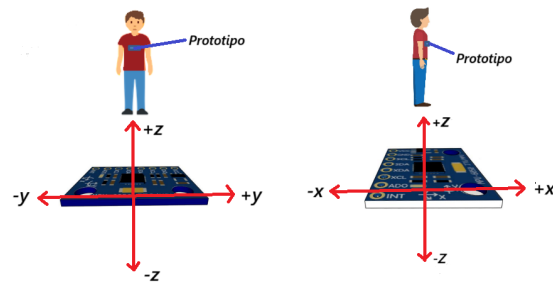


Figura 3: Orientación de la posición del individuo y el acelerómetro triaxial.

caída, su cuerpo tiende a inclinarse en un ángulo pronunciado, ya sea en el eje x o el eje y , es decir, hacia adelante, hacia atrás o hacia los lados, en la Fig. 3 se observa la referencia de la orientación del individuo y el acelerómetro. Es en este momento que se llega a la posición denominada 'Punto de no retorno'. Este cambio en la inclinación del cuerpo conlleva a una disminución gradual en el valor de la aceleración en el eje z , acercándose a 0 G , mientras que los valores de aceleración en el eje x y el eje y aumentan hasta alcanzar un pico. Es en este punto cuando se considera la posición de 'Impacto'.

Después de superar estas tres etapas, la aceleración en el eje z estará cerca de 0 G , mientras que las aceleraciones en los ejes x y y habrán disminuido desde su punto máximo, pero aún serán distintas de 0 . Además, el ángulo de inclinación será aún más pronunciado. En este punto, se confirma la caída y se activa todo el sistema de alerta del prototipo.

Entendiendo lo anterior, se definieron los parámetros necesarios para distinguir cada posición. Para lograrlo, se utilizó el valor absoluto en cada uno de estos parámetros, lo que garantiza la detección precisa de la caída, independientemente de la dirección en la que se encuentre tanto la aceleración como la inclinación quedando como se muestra en la Fig. 4.

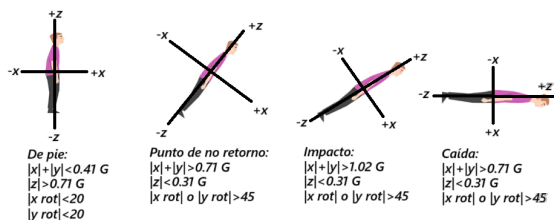


Figura 4: Parámetros establecidos para la caracterización de la caída.

II.3. Desarrollo de la aplicación móvil

En la fase inicial, se definió claramente el propósito de la aplicación: proporcionar a los usuarios una solución efectiva para recibir alertas importantes a través de mensajes SMS y almacenarlos de forma segura en Firebase. Se eligió Android Studio como entorno de desarrollo debido a su robustez y facilidad para el desarrollo de aplicaciones móviles. El uso de Kotlin como lenguaje de programación se basó en su creciente popularidad y sus ventajas en términos de eficiencia y legibilidad del código.

El diseño de la interfaz de usuario (UI) se centró en crear una experiencia intuitiva y atractiva para el usuario. La pantalla principal presenta un ListView que muestra de manera organizada los mensajes SMS almacenados en Firebase.

Para garantizar el cumplimiento de los requisitos de seguridad y privacidad, se implementó una solicitud de permisos que permite a la aplicación recibir y enviar SMS en el dispositivo, lo que asegura su correcto funcionamiento al interactuar con el sistema de mensajería del dispositivo.

Un aspecto importante del desarrollo fue la creación de un canal de notificación para mejorar la experiencia del usuario al recibir alertas. La conexión a Firebase se estableció para facilitar la comunicación efectiva entre la aplicación y la base de datos. Esto incluyó la creación de una referencia a la colección SMS en Firestore, donde se almacenan los mensajes recibidos.

La aplicación cuenta con una característica notable: el servicio en segundo plano denominado “MyService”. Este servicio está diseñado para funcionar de manera ininterrumpida, incluso cuando la aplicación se encuentra cerrada o en segundo plano. Su función principal consiste en capturar los SMS entrantes, los cuales se almacenan automáticamente en Firebase. Esto asegura que los usuarios puedan recibir alertas en tiempo real sin importar el estado de la aplicación.

II.4. Integración de detección de caídas, geolocalización y envío de alertas

El código en MicroPython que se ejecuta en la Raspberry Pi Pico integra la lectura del acelerómetro triaxial, el procesamiento de datos provenientes tanto del acelerómetro como del módulo GPS, y la capacidad de enviar las alertas por SMS, empleando dos tipos de protocolos de comunicación: I2C y UART. El protocolo I2C facilita la comunicación en una relación maestro-esclavo, haciendo que el acelerómetro triaxial envíe datos a la Raspberry Pi Pico en serie y sincrónica. Por otra parte, el protocolo UART permite enviar y recibir datos de manera asíncrona, estableciendo una comunicación punto a punto en el prototipo. A continuación, se detallan las acciones realizadas en el desarrollo:

1. Configuración inicial: El código importa los módulos necesarios, como *imu*, *machine*, *utime*, *time*, *I2C* y *Pin*, para la comunicación con sensores y dispositivos. Se configura la comunicación I2C para el sensor MPU6050, que se utiliza para detectar la aceleración y la orientación del dispositivo.
2. Configuración de UART: Se configuran dos objetos UART para la comunicación serial. Uno se utiliza para la comunicación con un módulo GPS (*gpsModule*), y el otro para futuros envíos de SMS (*uart0*).
3. Configuración de pines: Se definen objetos *Pin* para el zumbador, el botón y otros pines que pueden estar conectados a dispositivos externos.
4. Variables globales: Se inicializan diversas variables globales para controlar el estado del prototipo, como la detección de caídas, el estado del GPS y la ubicación.
5. Función para obtener datos de GPS: La función *getGPS(gpsModule)* se ejecuta en un hilo independiente y se encarga de leer datos del módulo GPS. Recopila información sobre la latitud y longitud, y establece el estado de *FIX-STATUS* si los datos son válidos. También gestiona el tiempo de espera (*TIMEOUT*) si no se pueden obtener datos válidos.
6. Funciones para convertir datos GPS: Las funciones *convertToDegree* y *generateGPSLink* se utilizan para convertir datos GPS en un formato más legible y para generar un enlace a un mapa en línea con las coordenadas GPS.
7. Funciones de comunicación serial: Las funciones *sendCMD-waitResp* y *waitResp* se utilizan para enviar comandos AT a través de la comunicación serial y esperar una respuesta.
8. Funciones de lectura y procesamiento de datos del acelerómetro: Las funciones *data-reading* y *process-sensor-data* se encargan de leer y procesar datos del sensor MPU6050. Estas funciones determinan si se ha detectado una caída y activan el zumbador y el envío de SMS en caso de una caída confirmada.

9. Hilo para la lectura del GPS: Se inicia un hilo (*gps-reading-thread*) para la lectura continua de datos GPS y su procesamiento. Si se obtienen datos válidos, se actualiza la ubicación.
10. Bucle principal: El bucle principal controla la lectura de datos del sensor y el procesamiento. Si se detecta una caída, se activa el zumbador y se envía un SMS con la ubicación actual del dispositivo.

II.5. Diseño y fabricación de la carcasa

La carcasa se elaboró de forma rectangular con dimensiones específicas para acomodar de manera óptima los componentes necesarios el diseño se muestra en la Fig. 5. Las medidas de la carcasa son las siguientes:

- Tamaño total de la carcasa: 9.6 cm de ancho, 15 cm de alto y 3.6 cm de profundidad.
- Tapa de la carcasa: Con dimensiones de 9.6 cm de ancho por 15 cm de alto y un espesor de 6 mm.
- Interior de la carcasa: Se divide en dos compartimentos principales. El primero, destinado a la placa PCB, tiene medidas de 8.8 cm de ancho, 9.5 cm de alto y 3.3 cm de profundidad. El segundo, destinado al portapilas, mide 7.6 cm de ancho, 4.8 cm de alto y 3.3 cm de profundidad.

Además, se incorporaron elementos funcionales en la carcasa como se muestra en las figuras 6 y 7:

- En los laterales de la carcasa se realizaron dos agujeros, uno con un diámetro de 1.4 cm para el interruptor de encendido y otro de 1.3 cm para el botón de apagado de la alerta.
- Se creó un espacio específico para la antena GSM con un diámetro de 5 mm.
- Se diseñó un alojamiento con medidas de 3.8 cm de ancho, 1 cm de alto y 1 cm de profundidad para la antena GPS.
- Para garantizar la resistencia de la carcasa, se incorporaron cuatro orificios de 3 mm de diámetro y 3 cm de profundidad en cada esquina, donde se pueden colocar tornillos de fijación.
- Se incluyeron dos huecos de 3.8 cm de ancho y 1 cm de alto para la sujeción de las correas de los broches, que permitirán ajustar la carcasa al cuerpo del usuario.
- Se incluyó una serie de orificios en los laterales con el propósito de proporcionar ventilación al circuito.

La elección de utilizar PLA (Ácido poliláctico) [8] para la impresión de la carcasa se basó en varios factores clave. En primer lugar, por su facilidad de impresión, lo que garantizó que el proceso de fabricación se llevara a cabo sin complicaciones innecesarias. Además, el peso del prototipo fue otro aspecto esencial a considerar. Optar

por el PLA ayudó a mantener el prototipo lo más liviano posible, lo que es especialmente crucial en un dispositivo diseñado para alertar en casos de caídas.

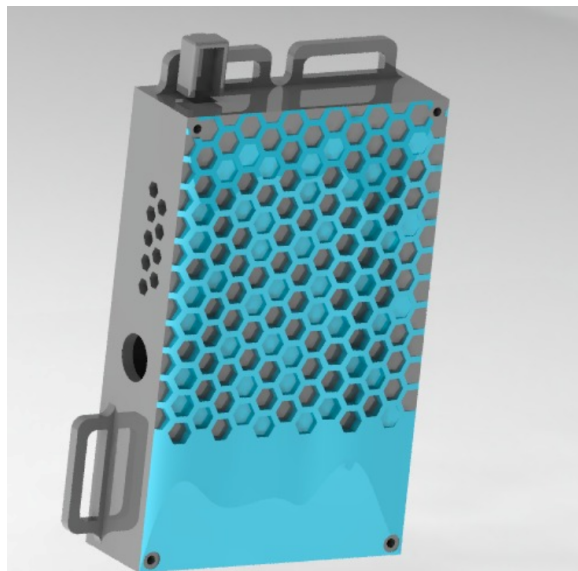


Figura 5: Diseño de la carcasa del prototipo en SolidWorks.

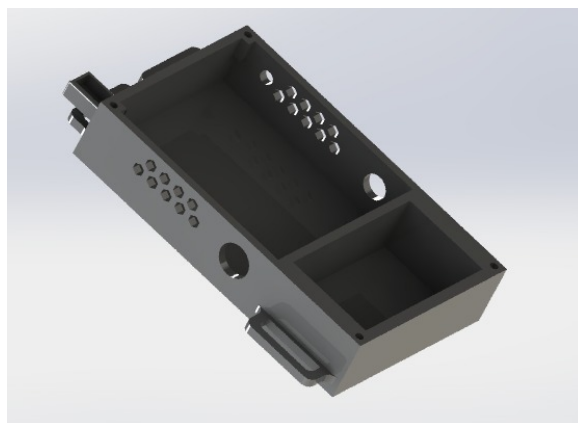


Figura 6: Diseño interior de la carcasa del prototipo en SolidWorks.

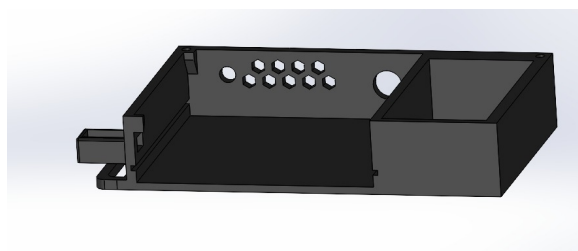


Figura 7: Diseño lateral de la carcasa del prototipo en SolidWorks.



Figura 8: Usuario portando el prototipo.

II.6. Realización de pruebas

Se desarrollaron dos tipos de pruebas para la evaluación del prototipo. La primera prueba implica la simulación de caídas desde diversas posiciones, incluyendo caídas hacia adelante, hacia atrás y hacia los lados (izquierda o derecha). El propósito de esta prueba es evaluar la capacidad del prototipo para detectar caídas auténticas en diversas circunstancias, como se observa en la Fig. 8.

La segunda prueba se centra en simular movimientos cotidianos que las personas realizan en su vida diaria, como caminar, sentarse, inclinarse, recostarse y levantarse. El objetivo aquí es determinar si el prototipo puede distinguir estos movimientos de una caída. Durante ambas pruebas, se supervisará la ubicación desde la cual se generan las alertas del prototipo y se comparará con la ubicación real. Este enfoque de prueba exhaustiva permite una evaluación del desempeño del dispositivo en situaciones prácticas.

III. Resultados

Se realizaron un total de 91 caídas en la primera prueba, distribuidas entre las tres posiciones evaluadas. Durante estas pruebas, se registró si se activó la alerta y se midió el tiempo transcurrido desde la detección de la caída hasta la recepción de la notificación en la aplicación móvil. Los resultados obtenidos se presentan en las tablas 1, 2 y 3.

Utilizando los datos de la primera prueba, se realizaron los cálculos para determinar el tiempo promedio en que el prototipo tarda en enviar la alerta a la aplicación móvil una vez detectada la caída del individuo. Se obtuvo de 15.43 segundos con una desviación estándar de 0.8 segundos.

La segunda prueba se llevó a cabo registrando tanto el tiempo como la frecuencia de los movimientos realizados, así como la cantidad de veces que se activó la alerta. El propósito de esto fue evaluar la tendencia del prototipo a generar falsos positivos. Los resultados se muestran en la Tabla 4.

Como se mencionó anteriormente, durante estas pruebas, se registraron las ubicaciones proporcionadas por

Tabla 1: Caídas hacia adelante.

Número de prueba	Detección	Tiempo de respuesta
1	No	No aplica
2	Sí	14 segundos
3	Sí	15 segundos
4	Sí	13 segundos
5	No	No aplica
6	No	No aplica
7	Sí	16 segundos
8	No	No aplica
9	Sí	16 segundos
10	Sí	16 segundos
11	No	No aplica
12	No	No aplica
13	No	No aplica
14	Sí	16 segundos
15	Sí	15 segundos
16	Sí	16 segundos
17	Sí	16 segundos
18	Sí	16 segundos
19	No	No aplica
20	No	No aplica
21	Sí	15 segundos
22	No	No aplica
23	No	No aplica
24	No	No aplica
25	No	No aplica
26	Sí	14 segundos
27	Sí	16 segundos
28	Sí	16 segundos
29	No	No aplica
30	Sí	16 segundos

el prototipo en caso de activación de la alerta, con el propósito de compararlas con las ubicaciones reales. Para ello, se realizó una prueba *t* pareada, con el objetivo de evaluar si existe una diferencia estadísticamente significativa entre los datos de latitud y longitud proporcionados por el prototipo y los valores reales.

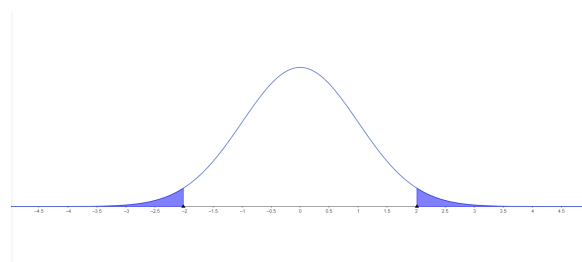


Figura 9: Distribución gaussiana para los valores críticos establecidos.

Se determinó que los valores críticos tanto para la latitud como la longitud, es de 2.0128925 como se muestra en la Fig. 9. Al comparar este valor con los estadísticos

Tabla 2: Caídas hacia atrás.

Número de prueba	Detección	Tiempo de respuesta
1	No	No aplica
2	No	No aplica
3	No	No aplica
4	No	No aplica
5	Sí	16 segundos
6	No	No aplica
7	Sí	15 segundos
8	Sí	16 segundos
9	No	No aplica
10	Sí	16 segundos
11	No	No aplica
12	No	No aplica
13	No	No aplica
14	Sí	15 segundos
15	No	No aplica
16	No	No aplica
17	No	No aplica
18	No	No aplica
19	No	No aplica
20	Sí	16 segundos
21	Sí	16 segundos
22	No	No aplica
23	Sí	15 segundos
24	No	No aplica
25	No	No aplica
26	No	No aplica
27	No	No aplica
28	No	No aplica
29	Sí	15 segundos
30	No	No aplica

Tabla 3: Caídas de costado.

Número de prueba	Detección	Tiempo de respuesta
1	Sí	15 segundos
2	Sí	15 segundos
3	Sí	16 segundos
4	Sí	16 segundos
5	Sí	15 segundos
6	No	No aplica
7	Sí	16 segundos
8	Sí	16 segundos
9	No	No aplica
10	Sí	16 segundos
11	Sí	14 segundos
12	Sí	16 segundos
13	Sí	15 segundos
14	No	No aplica
15	No	No aplica
16	Sí	15 segundos
17	Sí	15 segundos
18	Sí	16 segundos
19	Sí	16 segundos
20	Sí	16 segundos
21	No	No aplica
22	Sí	13 segundos
23	Sí	15 segundos
24	Sí	15 segundos
25	No	No aplica
26	No	No aplica
27	No	No aplica
28	No	No aplica
29	Sí	16 segundos
30	Si	16 segundos
31	Si	16 segundos

obtenidos, se observó que el valor t para la latitud fue de -1.5389681 , mientras que para la longitud fue de -0.0772951 . Esto indica que ambos valores estadísticos se encuentran por debajo del valor crítico, sugiriendo así que no existe una diferencia significativa entre los valores de latitud y longitud proporcionado por el prototipo y los valores reales.

IV. Discusión

Los resultados obtenidos del prototipo revelan relaciones significativas entre la activación del sistema y los parámetros utilizados para caracterizar las caídas a través del acelerómetro triaxial. Sin embargo, estas relaciones varían considerablemente dependiendo de la dirección de la caída.

Específicamente, se observó que las caídas laterales demostraron una efectividad del 70.97%, lo que indica que el prototipo es notablemente confiable en la detección de este tipo de caídas. En contraste, las caídas frontales alcanzaron un porcentaje de efectividad del 53.33%.

Tabla 4: Movimientos distintos a la caída.

Movimiento	Duración	Veces detectadas
Caminar	5 minutos	Ninguna
Sentarse	15 veces	2 veces
Inclinarse	15 veces	5 veces
Recostarse	15 veces	Ninguna
Levantarse	15 veces	Ninguna

Aunque este resultado es positivo, también sugiere que existen oportunidades de mejora para perfeccionar la detección de caídas en esta dirección.

Por otro lado, las caídas hacia atrás representaron un desafío mayor, con una efectividad del 30%. Estos resultados indican que el prototipo enfrenta dificultades para detectar adecuadamente las caídas en esta dirección. En términos generales, el prototipo cuenta con una sensibilidad del 51.65%.

La principal causa de estas diferencias podría atribuirse al hecho de que la suma de las aceleraciones en los

ejes x y y no alcanza los valores predeterminados en la programación del prototipo, ya que en la realidad, estas aceleraciones son más elevadas de lo que se experimenta en una caída genuina.

En cuanto al tiempo de respuesta desde el momento de la detección hasta la recepción de la alerta en la aplicación móvil, que es de 15.43 ± 0.8 segundos. Es resultado prometedor y sugiere que el prototipo es capaz de enviar alertas en un tiempo razonable, lo que es crucial para brindar asistencia oportuna a la persona afectada.

V. Conclusiones

El envejecimiento natural puede disminuir las habilidades de equilibrio, fuerza y agilidad, aumentando el riesgo de caídas [9]. El desarrollo tecnológico dirigido al cuidado de los adultos mayores representa un paso significativo hacia la mejora de la calidad de vida y la seguridad de este segmento de la población.

El empleo de prototipos como el mencionado, que emplea un acelerómetro triaxial para la detección de caídas, evidencia el potencial que tiene la tecnología para abordar problemas críticos asociados al envejecimiento, como el riesgo de caídas.

Aunque se enfrentan desafíos, como el tiempo de respuesta para enviar alertas, estos avances son prometedores y muestran un firme compromiso con la innovación tecnológica para mejorar el bienestar de los adultos mayores.

Es fundamental reconocer que este progreso es solo el comienzo. Es imperativo continuar refinando y perfeccionando estas tecnologías para abordar de manera efectiva las necesidades cambiantes y variadas de las personas mayores.

Esto implica una inversión continua en investigación y desarrollo en este campo, así como una colaboración activa entre la comunidad científica, los profesionales de la salud y la industria tecnológica.

En última instancia, el desarrollo de tecnologías orientadas al cuidado de los adultos mayores refleja un compromiso con la dignidad y la calidad de vida de esta población en crecimiento. Persistir en este trabajo es esencial para garantizar un proceso de envejecimiento saludable, seguro y digno para todos los adultos mayores, y para construir un futuro donde la edad avanzada se viva con independencia y plenitud.

Referencias

[1] Naciones Unidas. «Envejecimiento | Naciones Unidas». En: URL: [https://www.un.org/es/global-issues/ageing#:~:text=Tendencias%20en%20el%20envejecimiento%20de%20la%20poblaci%C3%B3n&text=Seg%C3%BA%20datos%20del%20informe%20%22Perspectivas,%20en%20este%202019%20\(9%25\)](https://www.un.org/es/global-issues/ageing#:~:text=Tendencias%20en%20el%20envejecimiento%20de%20la%20poblaci%C3%B3n&text=Seg%C3%BA%20datos%20del%20informe%20%22Perspectivas,%20en%20este%202019%20(9%25).).

- [2] Instituto Nacional de las Mujeres. «Situación de las personas adultas mayores en México». En: URL: http://cedoc.inmujeres.gob.mx/documentos_download/101243_1.pdf.
- [3] Lucélia Terra Jonas. «Evaluación del riesgo de caídas en las personas mayores: ¿cómo hacerlo?» En: URL: <https://dx.doi.org/10.4321/S1134-928X2014000100004>.
- [4] Alarmas para Casa. «Pulsador emergencia personas mayores - Alarmas para Casa». En: URL: <https://alarmas-para-casa.com.es/accesorios/187-pulsador-emergencia-personas-mayores.html>.
- [5] Ruth Macarrón. «Las nuevas funcionalidades del Apple Watch para mayores». En: URL: https://www.65ymas.com/sociedad/tecnologia/nuevas-funcionalidades-del-apple-watch-perfectas-para-mayores_4890_102.html.
- [6] ISRAEL21c. «Hip-Hope amortigua las caídas para prevenir fracturas en personas mayores». En: URL: <https://www.consuladodeisrael.com/2017/06/29/hip-hope-amortigua-las-caidas-para-prevenir-fracturas-en-personas-mayores/>.
- [7] Alejandro Díaz de Argandoña Araujo. «Sistemas de revención de caídas para estructuras bípedas y autónomas». En: URL: <https://repositorio.comillas.edu/rest/bitstreams/422874/retrieve>.
- [8] Gladys Herryman Munilla Maribel; Blanco Carraedo. «Ácido láctico y poliláctico: Situación actual y tendencias». En: URL: <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223120659007.pdf>.
- [9] Carlos Celis-Morales Yeny Concha-Cisternas Rodrigo Vargas-Vitoria. «Cambios morfofisiológicos y riesgo de caídas en el adulto mayor: una revisión de la literatura». En: URL: <https://www.redalyc.org/journal/817/81769337009/html/>.

Performance of natural lighting through lattices generated by origami and kirigami principles

Desempeño de la iluminación natural mediante celosías generadas por los principios del origami y kirigami

R. Contreras-Alejandres¹ and J.A. Ojeda^{*1}

¹ Universidad de Colima, Facultad de Arquitectura y Diseño,
Km. 9 Carretera Colima-Coquimatlán, 28400, Coquimatlán, Colima, México
rcontreras6, jojeda1@uclm.mx

Abstract

The use of lighting in living spaces represents a factor in the energy consumption of buildings. Lighting regulation can be obtained by active means, such as thermochromic techniques in windows or the automation of window shading elements. Lattices have been used to regulate the amount of light in a space. In the present work, three types of geometries are analyzed based on the principles of *origami* (folding paper) and *kirigami* (cutting and folding paper), compared with a *kagome*-type structure (hexagonal structure). The analysis of the geometries of the lattice starts from the hexagonal arrangement to an octagonal, pentagonal, and rhomboidal arrangement, taking the elements above. Lighting analysis was performed using Revit and open-access tools. The lightning results in luxes were obtained for a hexagonal geometry, for two different times of day in order to compare the illumination of the different configurations of the lattice.

Keywords— Architecture, Origami, Kirigami

Resumen

El aprovechamiento de la iluminación en espacios habitables representa un factor en el consumo energético de las edificaciones. La regulación de la iluminación puede obtenerse por medios activos, tales como las técnicas termo crómicas en ventanas, o la automatización de elementos de sombreado en ventana. Las celosías han sido utilizadas para regular la cantidad de luz en un espacio. En el presente trabajo, se analizan tres tipos de geometrías basadas en los principios del *origami* (doblar papel) y *kirigami* (cortar y doblar papel), comparados con una estructura de tipo *kagome* (estructura hexagonal), comparando el desempeño de todas ellas con el fin de determinar cuál es la mejor. El análisis de las geometrías de la celosía, parten del arreglo hexagonal, a un arreglo octagonal, pentagonal y romboidal, tomando los elementos mencionados. El análisis de iluminación se realizó mediante Revit y herramientas de acceso abierto. Los resultados de iluminación en luxes se obtuvieron para una geometría hexagonal, para dos diferentes horas del día con el fin de comparar la iluminación de las diferentes configuraciones de la celosía.

Palabras clave— Arquitectura, Origami, Kirigami

I. Introducción

La arquitectura, así como sus elementos han evolucionado a lo largo del tiempo con la finalidad de adaptarse a las distintas necesidades de las perso-

nas que utilizan estos espacios para realizar sus actividades cotidianas. Por lo tanto, los arquitectos han tenido que incorporar distintos conceptos, técnicas o estilos para crear diseños que den solución a las necesidades de los espacios habitables. En este sentido, la iluminación de un espacio puede ser regulada mediante ventanas,

* Autor de correspondencia

puertas o algún vano que pueda ser controlado por un usuario por lo cual este regule la iluminación requerida dentro del espacio [1]. Uno de los elementos utilizados en la arquitectura, es la celosía, que puede aplicarse en un muro o un elemento vertical de carácter decorativo, cuya principal función, es separar dos espacios siempre manteniendo una comunicación visual, permite la entrada de ventilación natural al interior, aporta iluminación al interior generando sombras que otorga el diseño. Por otro lado, se puede implementar en espacios interiores, como elementos de comunicación visual. Los materiales de las celosías son diversos tales como acero, aluminio, ladrillo, concreto, acrílico, etc. [2].

Recientemente, se han desarrollado soluciones de regulación de iluminación en ventana, de tipo responsivas, de tal forma que reaccionan a las solicitaciones de iluminación o temperatura del exterior [3]. Una de las técnicas aplicadas al diseño de estas geometrías, es mediante las antiguas técnicas japonesas del *origami* y *kirigami*, donde su principal elemento es el papel. El *origami* es el arte de doblar papel mientras que el *kirigami* es el arte de cortar papel [4]. En los últimos años la arquitectura ha tomado como inspiración estas técnicas para desarrollar nuevos proyectos, además que se toman como referencias para distintas investigaciones para ver el comportamiento de estas técnicas dentro de la arquitectura. En los últimos años se ha investigado sobre los materiales que cuenten con un grosor adecuado con la finalidad de que permitan contar con un adecuado proceso de plegado y desplegado, con la finalidad de desarrollar sistemas estructurales basados en el *origami* que puedan ser utilizados en espacios arquitectónicos [5]. Se ha investigado sobre las fachadas móviles que permitan controlar el paso de luz y la ganancia térmica de un edificio con la finalidad de mejorar la calidad de los espacios para los usuarios. Es por ello por lo que se trabaja en el desarrollo de fachadas dinámicas inspiradas en el *origami*, con la intención de reducir la radiación directa en los edificios mediante una estructura con movimiento que permita controlar el paso de luz al interior [6]. En el presente trabajo se analizan tres celosías con geometrías de tipo octagonal, pentagonal y romboidal, que contienen elementos del *origami* y *kirigami*, y una celosía de referencia de tipo hexagonal-*kagome*, [6]. Estas geometrías incorporan grados de libertad en su movimiento, sin embargo, para el alcance del presente trabajo, se muestran posiciones fijas, con el fin de analizar el impacto en la cantidad de luxes. Para el análisis no se consideraron propiedades físico-mecánicas de los materiales.

II. Metodología

Con el fin de evaluar la iluminación interior de un espacio, con las celosías propuestas, primero es necesario

generar el espacio habitable, por lo que se generó en Sketchup un modelo en 3D, que a su vez nos permitirá incorporar el movimiento aparente del sol de forma digital. En dicho modelo, se utilizó REVIT y Enscape. El espacio experimental virtual es de $6 \times 5m$ con una altura de $3m$, con un vano de $2.5 \times 3m$, espacio que representara la ventana, estas son medidas promedias para espacios habitables dentro de un proyecto arquitectónico, este espacio debe contar con una ventana las medidas de esta pueden variar dependiendo de las características del proyecto [7]. El modelo virtual puede apreciarse en la Fig. 1.

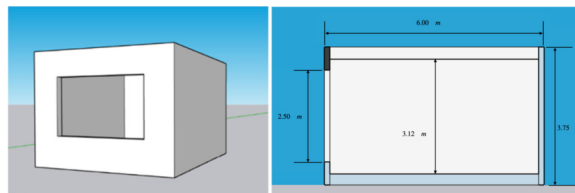


Figura 1: Medidas del espacio virtual en sketchup

Los diferentes espacios donde se evaluaron las celosías se generaron mediante el plug-in gratuito 1001-tools, mismo que permite agilizar el dibujo y generación de vanos. Esta herramienta será de utilidad para la incorporación de las celosías, con diferentes configuraciones geométricas.

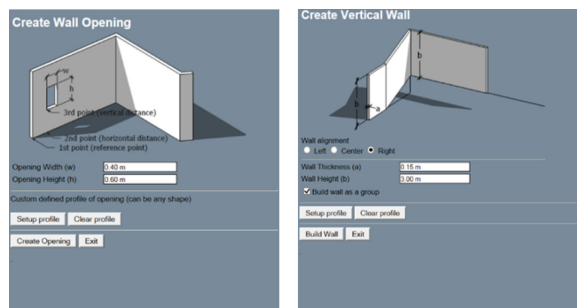


Figura 2: Herramienta de dibujo 1001-tools

II.1. Celosías con elementos del *origami* y *kirigami*

La generación de las celosías se realizó mediante figuras geométricas en este caso polígonos de 4, 5, 6 y 8 lados, con el fin de obtener patrones que permitan la evaluación de iluminación, con un patrón de corte y diseño, de tal forma que permita comparar dichas geometrías con el elemento de referencia. Los polígonos permiten dividir en triángulos una superficie, de tal forma que los arreglos geométricos incorporan las características del *origami*, permitiendo el plegamiento en ejes específicos, permitiendo el movimiento y modificación de las celosías [8]. Por otro lado, mediante el *kirigami* se crearon distintos patrones de corte en la superficie lo que permiten el paso

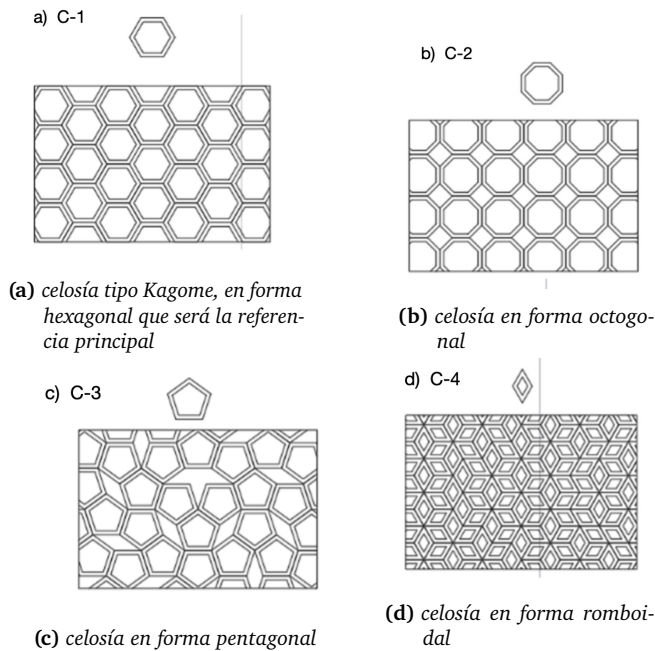


Figura 3: Geometría de Celosías. Todas las celosías mencionadas cuentan con elementos de origami y kirigami

de la luz solar natural [9]. El análisis de las celosías se realiza de manera estática. La generación de las celosías en un arreglo geométrico repetitivo se utilizó AutoCAD, para la creación de los patrones con las figuras geométricas. Más adelante se muestran diferentes aperturas para visualizar la iluminación dentro del espacio virtual generado, previo al análisis de los luxes. En la Fig. 3 se aprecian las geometrías generadas durante el desarrollo de este Proyecto.

La evaluación de la iluminación natural se realizó por medio de Revit y el motor de renderizado Enscape, con dicho motor, nos permitirá evaluar la iluminación interior del espacio. Las características de la iluminación se incorporan al software mediante la orientación y coordenadas del lugar, para el presente caso de estudio, se utilizaron los datos de Delegación num. IV Coquimatlán, donde se encuentra la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad de Colima, que son latitud: $19^{\circ}12'41.18''N$ y longitud: $103^{\circ}48'13.33''O$. Dentro de la representación se configuro con los siguiente datos para el recorrido virtual, en este caso con orientación de la fachada hacia el sur, después se colocó el tiempo es decir hora y fecha, es este caso el 25 de diciembre alrededor de la 1 de la tarde, se eligió este tiempo ya que durante este periodo el sol tiene una inclinación lo que provoca que tenga una mayor incidencia en la fachada de nuestros módulos, por lo tanto de esta manera nos permite analizar de mejor manera la protección que brindara la celosía a nuestros módulos. El modelo virtual se puede apreciar en la Fig.

4.

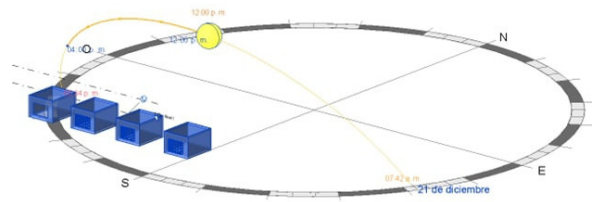


Figura 4: Trayectoria del sol en software Revit

Una vez que se tiene el modelo virtual del espacio y el patrón geométrico de las celosías, con el plug-in de Sketchup mencionado anteriormente, se importa el archivo de AutoCAD, de tal forma que se indica el grosor del trazo y de la celosía, para posteriormente incorporarse al vano del espacio generado. La geometría se incorpora al espacio habitable generado. En la Fig. 5 se muestra la geometría de una celosía.

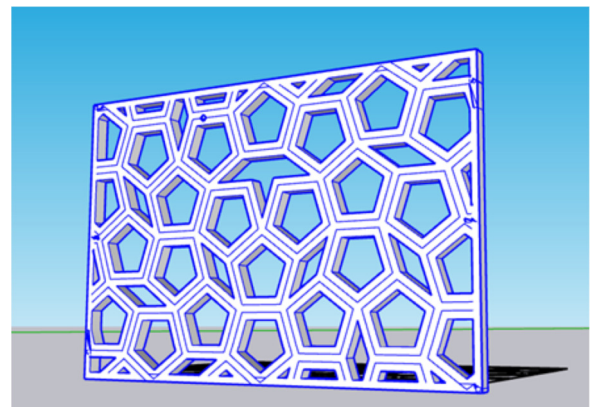


Figura 5: Geometría de celosía C-3 de AutoCAD a Sketchup

Cada uno de los espacios virtuales, se importan al software Revit, de tal forma que se establezca la ubicación del módulo, para que coincida con recorrido del sol se acomode a los requerimientos. Para lograr esto, se seleccionó la instrucción sun path, donde se despliega un menú con la configuración de la trayectoria del sol, donde se ingresan datos de hora, día, ubicación. Estas herramientas son de uso frecuente en la arquitectura, con el fin de visualizar el efecto de la luz en los espacios, y obtener cualitativamente la distribución de luz en diferentes momentos del día en las diferentes temporadas del año. Para la configuración del recorrido solar dentro de Revit se debe colocar la altitud o longitud del lugar. Mientras que se eligió la fecha del 25 de diciembre a la 1:45 de la tarde, ya que durante este periodo de tiempo el sol tiene una mayor inclinación lo que se refleja en mayor incidencia solar en la fachada. La ventana de configuración se puede apreciar en la Fig. 6.

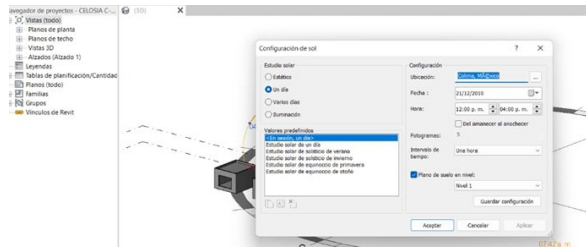


Figura 6: Ventana de configuración de trayectoria del sol en Revit

Una vez habilitado la trayectoria del sol, en el software Enscape, permite el renderizado del modelo virtual, permitiendo el cálculo de los luxes interiores, activando en ajustes visuales-modo-visual de luz. En la Fig. 7, se muestran los parámetros de los espacios generados.

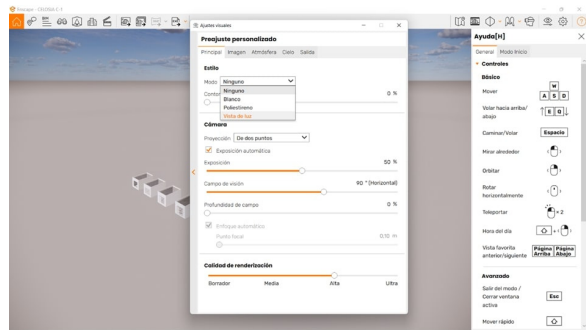


Figura 7: Ventana de configuración de la iluminación del render

Con el fin de comprobar el efecto de la luz dentro del espacio habitable, se analizó los renders de las celosías propuestas, en fecha de finales de diciembre exactamente el día 25, en dos diferentes horarios, 8:30 am y a la 1:45 pm las horas elegidas fueron seleccionadas ya que el sol está en su punto más alto y se caracteriza por una mayor incidencia solar y aumento de temperatura, se eligió este día por el posicionamiento del sol, ya que en otros meses el sol se encuentra más arriba por lo tanto no incide de manera más directa a la fachada. En la Fig. 8 se muestran dos diferentes horas, para el efecto de la luz en el caso de un vano sin protección., en este caso la primera a las 8:30 a.m. y la segunda a la 1:45 p.m.

Para ilustrar el efecto de la iluminación de las celosías C-1 a C-4, se consideraron dos diferentes condiciones de

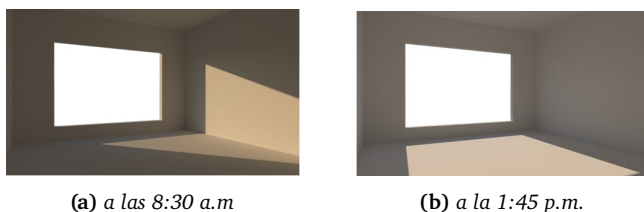


Figura 8: Render de iluminación sin vanos

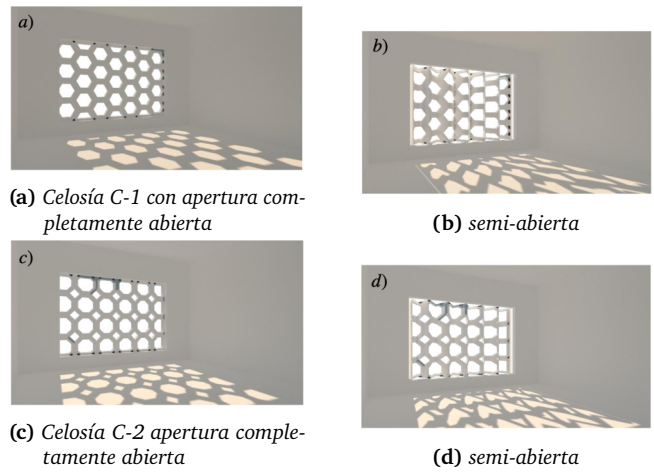


Figura 9

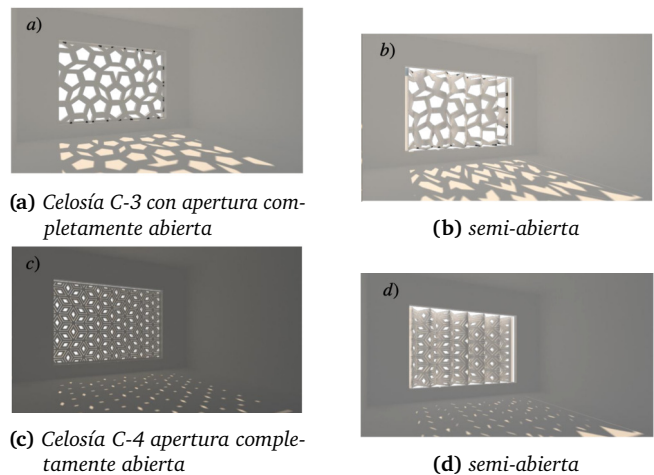


Figura 10

apertura: completamente abierta y semi abierta; configuraciones que corresponden a un desplegado total de la geometría o a un plegamiento, a la 1:45 p.m., esto se puede apreciar en las Fig. 9.

Como se puede observar, en las figuras 9b y 9d, se puede apreciar el efecto del doblamiento de la celosía, permitiendo una mayor iluminación. En la Fig. 10, se muestran las celosías C-3 y C-4 en la misma configuración de apertura y durante la 1:45 p.m.

La celosía C-3 en un modo semi abierto, permite mayor iluminación interior, Fig. 10a, en comparación con el caso de la celosía C-4, que, por su configuración, no permite el paso de la luz, para la apertura semi-abierta, los pliegues de la celosía permiten el paso de la luz, siendo una iluminación limitada al espacio, esto se puede apreciar en la Fig. 10d. Después de habilitar esta configuración, se procedió analizar el comportamiento de la iluminación dentro del módulo virtual sin protección, solo el vano, y compararlo con las diferentes geometrías de celosía, con

el objetivo de comparar la cantidad de luxes al interior.

III. Resultados

Los resultados de iluminación se obtuvieron mediante el software Enscape, mismo que presenta limitaciones para la generación de geometrías con aperturas, por lo que la generación de huecos en el marco es un elemento que no se desea evaluar, por lo que, en una primera aproximación al problema, se tomaron los resultados con huecos generados propios de la deformación de una celosía dinámica sujeta a los principios del *kirigami-origami*.

Con el fin de evaluar las diferentes geometrías de celosía, se presentan los resultados para cada celosía, en las configuraciones de apertura mencionadas anteriormente. Cada geometría presenta su propia escala en luxes, con el fin de obtener un primer acercamiento al desempeño en iluminación. La cantidad de luxes se determina mediante una escala de colores, de donde se puede obtener de manera cualitativa el valor incidente al espacio virtual generado en Revit. En la Fig. 11, se puede apreciar que la iluminación inmediata al vano sin protección es de 80000 luxes, aproximadamente, este valor disminuye hacia el interior del espacio.

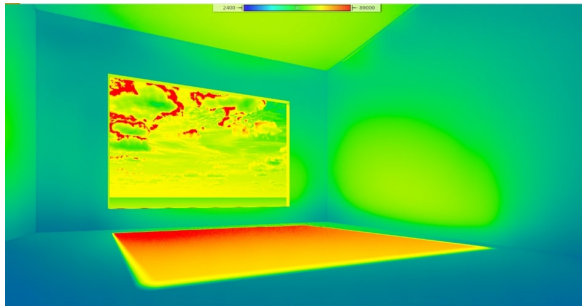


Figura 11: Luxes calculados por Enscape para un vano sin celosía

Los resultados de iluminación para la primera geometría, celosía C-1 se muestran en la Fig. 12a, se aprecia que la apertura completa permite una iluminación de aproximadamente 3000 luxes, con incrementos en los huecos, con un valor de 5000 luxes. Para una apertura semi-abierta, Fig. 12b, se presenta una iluminación al interior del espacio de 44000 luxes, con un máximo en los espacios donde ingresa la iluminación, efecto denotado en color rojo. Este incremento se debe a las aperturas laterales y el incremento del hueco de la geometría de la celosía.

Las diferentes aperturas de la celosía C-2, se pueden apreciar en la Fig. 13, donde para la apertura completa se puede apreciar que el espacio presenta 89,000 luxes, en comparación con el caso semi abierto, que el área con mayor cantidad de luxes, áreas en rojo, disminuyen hacia el interior del espacio.

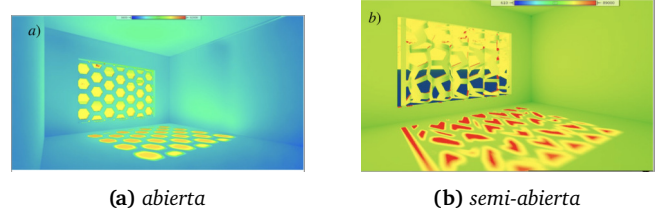


Figura 12: Luxes calculados para la celosía C-1 en una configuración

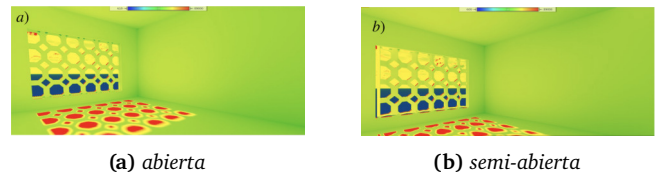


Figura 13: Luxes calculados para la celosía C-2 en una configuración

Para la celosía C-3, para la configuración abierta, se obtiene una distribución de iluminación similar, disminuyendo hacia el interior del espacio, esto se puede apreciar en la Fig. 14a. Por otro lado, en la configuración semi abierta, no presenta diferencias con el caso anterior, presenta el mismo comportamiento de disminución de la iluminación al interior del espacio.

La celosía C-4 en una configuración abierta, reduce la cantidad de iluminación, presentando un máximo de 35,000 luxes, disminuyendo al interior del espacio, tal como se puede apreciar en la Fig. 15a. Para la configuración semi abierta, se incrementa la cantidad de iluminación, área amarilla, aproximadamente de 40,000 luxes hacia el interior.

IV. Conclusiones

Mediante la simulación de la iluminación con herramientas digitales de las celosías generadas por los principios de las técnicas del *origami* y *kirigami*, es posible generar estructuras flexibles que permitan el aprovechamiento y control de la iluminación natural en espacios habitables. Las celosías C-1 y C-4, presentaron los mejores desempeños de iluminación, ambas configuraciones

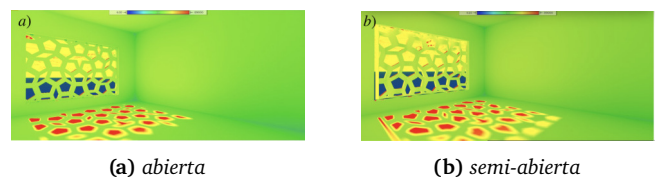


Figura 14: Luxes calculados para la celosía C-3 en una configuración

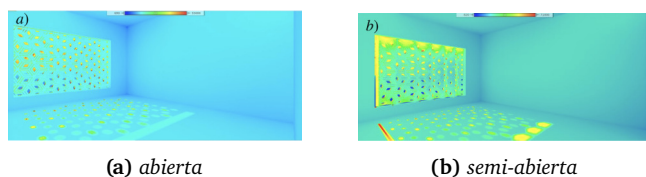


Figura 15: Luxes calculados para la celosía C-4 en una configuración

geometrías fueron generadas bajo el principio del *origami* y *kirigami*. La celosía C-1 presenta un mejor desempeño al modular los luxes al interior en una fase semi abierta. Las diferencias entre ambas configuraciones de apertura, permite una modulación más amplia de los luxes. Por otro lado, la celosía C-4, en ambas configuraciones de apertura, la modulación de los luxes es limitada, sin embargo, permite la iluminación al interior de un espacio. Respecto a las celosías C-2 y C-3, estas presentan resultados similares. La aplicación de las técnicas de *origami* y *kirigami*, tienen una íntima relación con las matemáticas, de tal forma que permite aplicar diseño paramétrico para el diseño de arreglos geométricos, permitiendo la evaluación de la iluminación, generando las pautas de diseño para procesos de diseño mecánico, materiales y manufactura.

Aportaciones

Con los resultados obtenidos durante esta esta investigación se pudo demostrar que la implementación de técnicas como el *origami* y *kirigami*, permiten diseñar celosías que por configuración geométrica permita la modulación de la iluminación de un espacio interior. Este tipo de soluciones permiten corregir las condiciones de un espacio afectado por las ganancias energéticas por ventana o vanos, debidas a una mala orientación o desarrollo arquitectónico. Con las técnicas aplicadas en este trabajo, permite un análisis preliminar, para ser evaluados con herramientas más complejas como el diseño paramétrico con Rhino-Grasshopper-Ladybug.

Referencias

- [1] Iluminet. *Luz natural en Arquitectura*. 2021. URL: <https://iluminet.com/las-diferentes-caras-de-la-luz-natural/>.
- [2] María de la Paz Sevilla. *Secreto de las Fachadas de Casas Modernas: Las Celosías*. 2020. URL: <https://arquitecturasolorzano.mx/arquitectura/secreto-de-las-fachadas-de-casas-modernas-las-celosias/> (visitado 2020).
- [3] B.V. Gomez. *Arquitectura Veliz*. 2013. URL: <https://arquitecturaveliz.com/listing/>.

- [4] Maria do Carmo Kobayashi y Thaís Regina Ueno. «Origami e kirigami: arte e cultura como recurso lúdico e educativo». En: (2013).
- [5] Daniel José Barroso Naranjo. «Arquitectura transformable. Estructuras desplegadas. Del plano al pliegue, del pliegue al espacio. Diseño de un pabellón desplegable basado en el arte japonés del origami.» En: (2019).
- [6] Ana Catalina Villavicencio Jaramillo. «Fachada cinética aplicando movimientos optimizados, analizados por medio de origami». B.S. thesis. 2019.
- [7] X. Fonseca. *Las medidas de una casa: antropometría de la vivienda*. Editorial Concepto, 1991. ISBN: 9789684051706. URL: <https://books.google.com.mx/books?id=-QunygAACAAJ>.
- [8] Escuela Técnica Superior de Edificación. Universidad Politécnica de Madrid. *Escuela Técnica Superior de Edificación*. 2020. URL: <https://www.edificacion.upm.es/geometria/JPA/Paraboloide%20hiperbolico%2001.html>.
- [9] G. Westreicher. *Sólido de revolución*. 2020. URL: <https://economipedia.com/definiciones/solido-de-revolucion.html>.

Evaluation of a network monitoring tool, with emphasis on the verification of active equipment connection with ICMP protocol.

Evaluación de una herramienta para monitoreo de red, Teniendo énfasis en la verificación de conexión de equipo activo con protocolo ICMP

Edgar Fco. Alonzo Campos-Sánchez¹, Remberto Sandoval-Arechiga¹, Víktor Iván Rodríguez-Abdalá¹, Salvador Ibarra-Delgado¹, Cristian Eduardo Boyain y Goytia Luna¹, Juan Manuel Pérez-Díaz¹, Ana Gabriela Castañeda Miranda¹, Oscar Osvaldo Ordaz García¹, Juvenal Villanueva Maldonado¹, J. Guadalupe Lara Cisneros³, José Luis Alvarez-Flores², and José Ricardo Gómez-Rodríguez^{*1}

¹ Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Ingeniería Eléctrica,
Posgrado en Ingeniería para la Innovación Tecnológica,

Carretera Zacatecas - Guadalajara, Kilómetro 6, Ejido la Escondida, Zacatecas, México, CP 98160.

{edgar.campos, rsandoval, abdala, sibarra, cristian.boyain, jmperez, agmiranda, oscarordazg, juvenal.villanueva, jrrodri}@uaz.edu.mx

² Universidad de Colima (UCOL), Campus Coquimatlán, Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica,
Carretera Colima - Coquimatlan km 9, Valle de las Huertas, Colima, Colima, México, CP 28400.

alvarez_jose@uacol.mx

³ Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Ingeniería Eléctrica,
Carretera Zacatecas - Guadalajara, Kilómetro 6, Ejido la Escondida, Zacatecas, México, CP 98160.

jglara@uaz.edu.mx

Abstract

The network infrastructure is always growing, which demands the expansion of services causing more traffic on the active equipment, resulting in failures or degradation in the service connection to the network. This article presents the study of the Nagios Enterprise Monitoring Server (NEMS) as part of a methodology and network monitoring tool for the administrative management of the active equipment and links of the same. The study includes a review of the tool vs. commercial and open source monitoring tools, its architecture, taxonomy, properties and monitoring protocols with an emphasis on ICMP.

Keywords— Monitoring Network, Monitoring protocols, NEMS tools

Resumen

La infraestructura de red siempre está en constante crecimiento, lo que demanda la ampliación de los servicios provocando con esto un mayor tráfico en los equipos activos, teniendo como resultado fallas o degradación en el servicio de conexión a la red. En el presente artículo se presenta el estudio de el Servidor de monitorización Nagios Enterprise (NEMS) como parte de una metodología y herramienta de monitoreo de red, para la gestión administrativa del equipo activo y los enlaces de la misma. El estudio contempla la revisión de la herramienta vs herramientas de monitoreo comerciales y de código abierto, su arquitectura, taxonomía, propiedades y protocolos de monitoreo haciendo énfasis en ICMP.

Palabras clave— Monitoreo de Red, Protocolos de monitoreo, monitoreo NEMS

I. Introducción

Una definición de red de comunicación de datos, también conocida como red de computadoras, red de internet o red computacional, se define como la conexión de dos o más computadoras, que se vinculan con el objetivo de compartir archivos o recursos y lograr establecer una comunicación.

Aunque en la actualidad ya no se habla de redes de computadoras si no que ya se menciona como red de las cosas que se encuentran equipadas con sensores (y otras tecnologías) que les permiten transmitir y recibir datos. así pues se propone de aquí en adelante se maneje solo el termino de **redes** para referirnos a esta conexión de dos o mas "nodos".

Las redes se encuentran al servicio de industrias como: las telecomunicaciones, la bancaria, la turística, la del entretenimiento, entre muchas otras. Con el aumento del uso de las redes se han incrementado también una serie de problemas con los cuales los administradores de redes deben tratar para garantizar el buen funcionamiento de la mismas, entre dichos problemas podemos encontrar aspectos tales como:

1. asegurar que todos los equipos de red se encuentren activos,
2. evitar la congestión de la red,
3. garantizar que todos los recursos de la red se compartan de manera eficiente,
4. detectar tráfico inusual que pueda afectar el funcionamiento de la misma.

Como lo menciona *León et al* [1], con el fin de cumplir tales exigencias, se suele hacer uso de una serie de técnicas que permiten, entre otras cosas, controlar el flujo de la red, realizar la clasificación del tráfico, realizar predicciones de comportamientos futuros y detectar posibles amenazas. Estas técnicas están en constante evolución y en los últimos años han venido siendo objeto de estudios para pretender mejorar su eficacia y brindar resultados más acordes a la realidad.

En la actualidad las diferentes actividades tanto del sector industrial, comercial, gubernamental, educativo, etc., están basadas y dependen de gran manera en la **disponibilidad de la conectividad de las redes**. Es por ello que se vuelve de suma importancia garantizar el acceso de los usuarios a sus servicios de red, siempre pendientes de su correcto funcionamiento por medio de herramientas de monitoreo del equipo activo y los enlaces que la conforman.

*Autor de correspondencia

II. Marco Teórico

Una herramienta de monitoreo de red es una aplicación automatizada y/o manual que se utiliza para administrar, monitorear y evaluar la arquitectura, la infraestructura y los servicios del equipo activo de una red.

El monitoreo de red se puede definir como el proceso de revisión y análisis del tráfico de datos en una red de computadoras. Teniendo como objetivo principal garantizar que la red funcione de manera eficiente, segura y sin problemas. Este proceso implica la recopilación de datos sobre la disponibilidad de los equipos, la detección de posibles problemas y la toma de medidas correctivas cuando sea necesario.

De igual manera, como lo mencionan Birje y Bulla [2] además de Stephen, Benedict y Kuma [3] el monitoreo en la red en la nube es el proceso de revisión, control y gestión del flujo de trabajo y los procesos operativos y activos dentro de una infraestructura de red, es el uso de técnicas de administración y monitoreo de TI manuales o automatizadas para garantizar que una infraestructura o plataforma de red optimice el rendimiento de la red. Adicional, el monitoreo ayuda a administrar el rendimiento de la red, especialmente cuando los consumidores adaptan servicios de misión crítica o aplicaciones científicas.

Los sistemas de monitoreo de red actuales están perfectamente alineados con los modelos de servicios en la nube como IaaS, PaaS y SaaS. Estos sistemas ofrecen una visibilidad integral de la infraestructura, independientemente del modelo de servicio, permitiendo a las organizaciones monitorizar el rendimiento, la disponibilidad y la seguridad de sus redes en tiempo real.

En un entorno IaaS, el monitoreo se enfoca en la infraestructura virtualizada, asegurando que los recursos como servidores, almacenamiento y redes estén operando de manera óptima.

En PaaS, el monitoreo se extiende a la capa de aplicaciones y servicios, supervisando el rendimiento de las aplicaciones y las bases de datos que se ejecutan en la plataforma.

Por su parte, en SaaS, los sistemas de monitoreo garantizan la disponibilidad y el rendimiento de las aplicaciones entregadas a los usuarios finales, gestionando tanto el lado del servidor como la experiencia del usuario final. Estos sistemas son escalables, lo que les permite adaptarse a la elasticidad de los servicios en la nube, y son capaces de integrarse con herramientas de gestión de eventos y automatización para ofrecer respuestas proactivas ante posibles incidencias.

Existe también dos formas de obtener la información en el monitoreo, la primera y más simple la conexión directa del dispositivo con el equipo concentrador ó las que utilizan *agentes*, que es un software o componente que se instala en un dispositivo, servidor, o nodo dentro de

una red para recopilar datos sobre el rendimiento, estado y eventos del sistema. Este agente actúa como un intermediario entre el dispositivo monitoreado y el sistema central de monitoreo, enviando información relevante como métricas de uso de CPU, memoria, actividad de red, estado de aplicaciones, y cualquier otra variable crítica. Los agentes pueden operar en tiempo real o en intervalos definidos, y su configuración puede ser ajustada para recolectar y reportar solo la información que es necesaria para el análisis y la gestión del entorno monitoreado. Su funcionamiento es esencial para la visibilidad y la proactividad en la gestión de infraestructuras de TI, ya que permite identificar y solucionar problemas antes de que afecten el rendimiento del sistema o la experiencia del usuario, para una muestra grafica los modos se muestran en la Figura 1

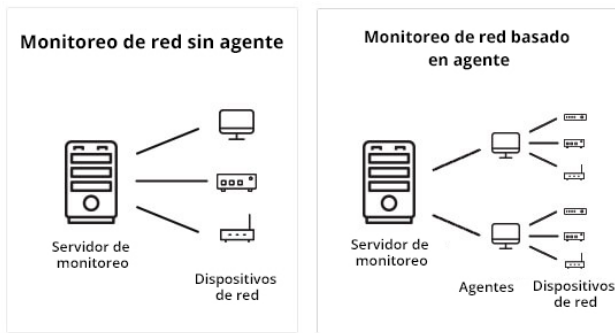


Figura 1: Maneras de obtención de la información

Teniendo en consideración los párrafos anteriores podemos presentar la arquitectura general de una herramienta de monitoreo de la red como se muestra en la Figura 2, de acuerdo a Birje y Bulla [2].

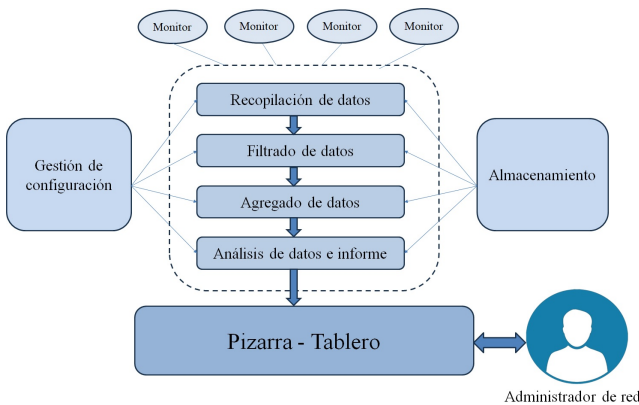


Figura 2: Arquitectura de Herramientas de monitoreo de Red

II.1. Protocolo ICMP

ICMP (por sus siglas en inglés, Protocolo de Mensaje de Control de Internet) surgió en la década de 1980 como parte integral del Protocolo de Internet (IP, por sus siglas en inglés) y se especificó por primera vez en el estándar RFC 792, publicado en septiembre de 1981. El desarrollo de ICMP se llevó a cabo en el contexto del crecimiento de ARPANET, la precursora de Internet, y la necesidad de contar con un protocolo que permitiera a los dispositivos de red comunicarse entre sí y reportar información de control [4].

ICMP es parte de la familia de los protocolos que trabajan en la capa de red tanto del modelo OSI como del modelo TCP/IP. ICMP desempeña un papel fundamental en la infraestructura de Internet al permitir que los dispositivos de red informen sobre errores, problemas de conectividad y otros eventos importantes. En la Figura 3 se muestran tanto sus características como sus campos principales.

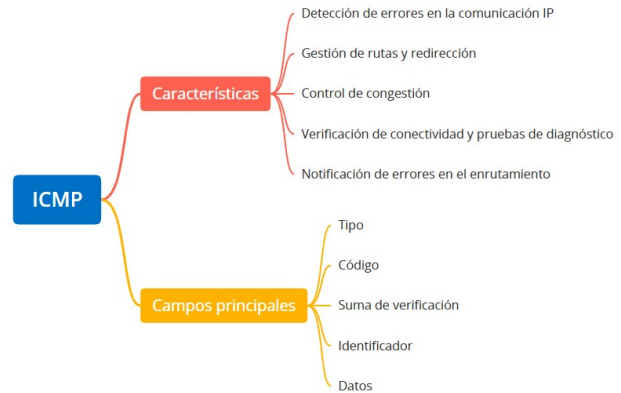


Figura 3: Mapa Mental de ICMP : características y campos

III. Metodología

La metodología empleada para el desarrollo del trabajo se describe esquemáticamente en la siguiente Figura 4

IV. Comparativa de NEMS con otros sistemas de Monitoreo

En la comparativa de NEMS con otros sistemas de monitoreo se presenta en las siguientes dos tablas donde en una se compara con sistemas de código abierto 5 y en la segunda se compara con sistemas de código propietario 6

V. Desarrollo

Una vez que se ha tomado la decisión de implementar NEMS (Nagios Enterprise Monitoring Server) como la

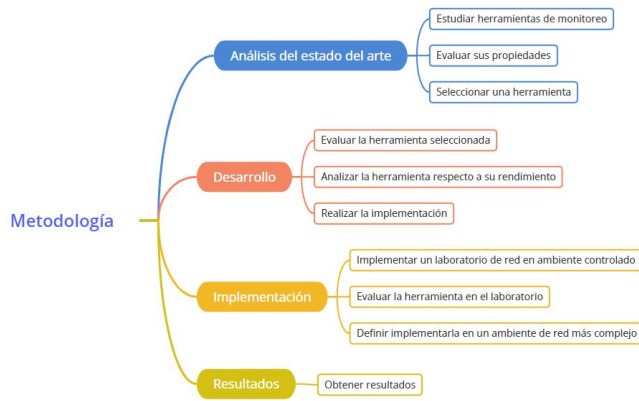


Figura 4: Metodología empleada en este trabajo

Herramienta de código abierto	Nivel	Propiedades													Tipo de red									
		Precisión	Adaptabilidad	Autónoma	Disponibilidad	Integralidad	Elasticidad	Extensibilidad	No intrusivo	Escalabilidad	Puntualidad	Resiliencia	Confiable	Portable	Múltiple Tenencia	Personalizable	Buscable en Agregado?	Pública	Privada					
Nagios	XaaS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16	
Zabbix	XaaS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
Cacti	XaaS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	8
Icinga	XaaS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
Collectd	XaaS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6
Opview core	XaaS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Ganglia	XaaS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	7
Hyperic	XaaS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	7
Riemann	SaaS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6
cadvisor	XaaS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	7
Graphite	SaaS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5
Prometheus	SaaS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5

Figura 5: Comparativa con sistemas de código abierto

Herramienta Comercial	Nivel	Propiedades													Tipo de red o nube										
		Precisión	Adaptabilidad	Autónoma	Disponibilidad	Integralidad	Elasticidad	Extensibilidad	No intrusivo	Escalabilidad	Puntualidad	Resiliencia	Confiable	Portable	Múltiple Tenencia	Personalizable	Buscable en Agregado?	Pública	Privada						
Amazon CloudWatch	XaaS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	
CloudMonix	XaaS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	7
Unified Infrastructure Management	SaaS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
AppDynamics APM	SaaS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5
New Relic Cloud Monitoring	XaaS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5
PagerDuty	PaaS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5
Bitrnam Stacksmith	XaaS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Microsoft Cloud Monitoring	XaaS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Datadog	XaaS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Nimsoft	XaaS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6
Monitis	XaaS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6
RevealCloud	SaaS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
LogicMonitor	SaaS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Cloudick	XaaS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5

Figura 6: Comparativa con sistemas de código abierto

solución de monitoreo para la infraestructura de TI, es crucial llevar a cabo pruebas en un entorno controlado para validar su funcionalidad y eficacia en el caso de uso específico. Este paso es fundamental para asegurarse de que NEMS pueda cumplir con los requisitos de monitoreo, tanto en términos de cobertura de los elementos críticos del sistema como en la capacidad de respuesta ante incidencias. Al replicar en un entorno de prueba los escenarios operativos más relevantes, se busca verificar que NEMS no solo proporciona una supervisión precisa y en tiempo real, sino que también se integra adecuadamente con las demás herramientas y procesos de la organización, garantizando así un sistema de monitoreo robusto y funcional que pueda ser desplegado a gran escala con confianza.

Los equipos con los que se desarrollo esta cama de pruebas son los que se presentan en la tabla 1, y su diagrama de

topología de interconexión se presenta en la Figura 7

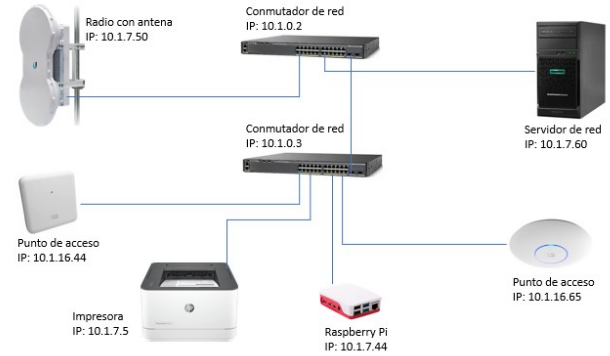


Figura 7: Topología de Interconexión de la red de la cama de pruebas

V.1. Alta de dispositivos

El alta de un dispositivo para el monitoreo dentro de NEMS se realiza a través de la interfaz de usuario de NEMS Configurator (NConf), encontrará esta herramienta en el menú *Configuración* de su panel NEMS. Dentro de NConf, haga clic en el enlace *Agregar* en la barra de navegación de la izquierda. Esto le presentará la pantalla *Agregar dispositivo*. Ingrese el nombre del dispositivo, un alias para su propia referencia y la dirección IP del dispositivo.

De acuerdo a las buenas practicas en la administración de equipo activo de red, se debe asegurar que los hosts tengan direcciones IP estáticas para que no cambien al momento de sufrir una desconexión y reconexión en la red.

A continuación, en el menú desplegable del sistema operativo en la misma pantalla, seleccione el sistema operativo de su host. Teniendo en cuenta que si no ve un tipo apropiado, también se pueden agregar sistemas operativos en *Elementos adicionales* en el menú de navegación izquierdo.

La pantalla de alta de dispositivos o anfitrión se muestra en la Figura 8

VI. Resultados

Para llevar a cabo el monitoreo de hosts y servicios, NEMS utiliza plugins. Estos son componentes externos a los que Nagios les pasa información sobre lo que debe comprobarse y los límites críticos y de advertencia; una vez transmitida esta información, los plugins harán las respectivas comprobaciones y analizarán los resultados.

El resultado del chequeo de estos plugins es el estado del servicio o host monitoreado (NEMS solo recoge

Tabla 1: Características principales de los equipos de red utilizados

Equipo	Marca	Modelo	Característica
Conmutador	Cisco	Catalyst 2960-X	24 Puertos
Punto de Acceso	Ubiquiti	U6LR	Clientes: 200+
Servidor de red	IBM	xxxx	Procesador Intel Xeon E5-2680
Radio con antena	ubiquiti	NBE-5AC-GEN2	Enlace de hasta 450 Mbps

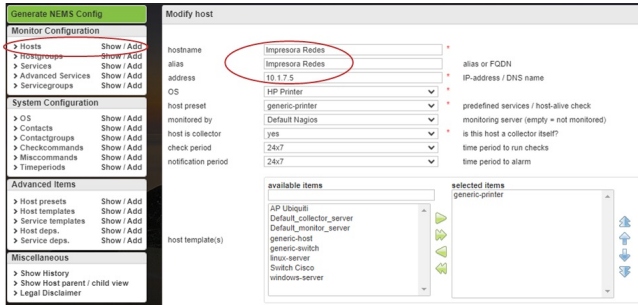


Figura 8: Pantalla de alta de host a monitorear: nombre de dispositivo y dirección IP.

cuatro estados: *Ok*, *Warning*, *Critical* y *Unknown*) e información más detallada sobre los mismos. Esto significa que, además de encontrar problemas, Nems previene a los administradores de red sobre posibles problemas mediante la detección y notificación de los estados monitoreados y definidos para cada host.

Este servidor engloba varias interfaces web de monitoreo, entre ellas:

- Nagios Core, en el que se puede hacer un seguimiento de los hosts y servicios a monitorizar en la red, acceder a alarmas y notificaciones, acceder a información específica de la Raspberry, etc.
- Nagios Nconf, a través de la cual se puede hacer cambios en la configuración adecuándola a nuestra infraestructura.
- NagVis, como lo indica [5], es un complemento de visualización para una mejor gestión de la red a través de Nagios. Crea mapas de acuerdo a las relaciones padre/hijo entre hosts de la red monitorizada por Nagios.
- Check-MK es una extensión del sistema de monitorización de Nagios que permite crear una configuración usando Python y descargar el trabajo desde Nagios Core permitiendo que más sistemas sean supervisados desde un solo servidor Nagios.

VI.1. Presentación de resultados

Para realizar la presentación de resultados, NEMS ofrece dos interfaces web, la primera es Adagios y la segunda es Nagios, dichas interfaces muestran los resultados del

monitoreo de los dispositivos y servicios. Dichas interfaces ofrecen tanto una visión global del sistema, así como información más detallada y precisa de cada elemento, también recogen alertas y notificaciones que automáticamente aparecen publicadas en la interfaz.

VI.1.1. Adagios

En el panel izquierdo de la pantalla principal de Adagios, se encuentran diferentes opciones las cuales muestran el resultado visual de los dispositivos monitoreados, las opciones más relevantes son: *Status Overview*, *Host*, *Services* y *Hostgroups*.

A continuación, se describe brevemente lo que cada opción muestra como resultado del monitoreo de los dispositivos de la red implementada.

Vista Status Overview: En esta vista se muestra un resumen del número de dispositivos y servicios que se están monitoreando, número de dispositivos padres en la red, así como el resumen de los problemas detectados en los servicios, la vista se muestra en la Figura 9

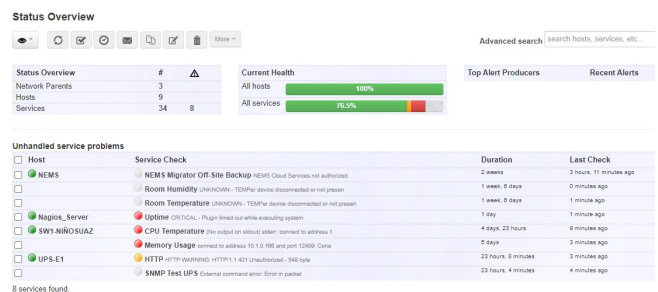


Figura 9: Vista Overview dentro de la interface Adagios.

Vista Hosts: Esta opción se muestra un resumen de todos los dispositivos que se están monitoreando, así como la dirección IP de cada dispositivo, desde cuando se está monitoreando, última revisión, su estado y el estado de los servicios monitoreados, la vista se muestra en la Figura 10.

Vista Services: Esta vista muestra los servicios monitoreados por dispositivo, su estatus, duración y cuando fue su última revisión, la vista se muestra en la Figura 11.

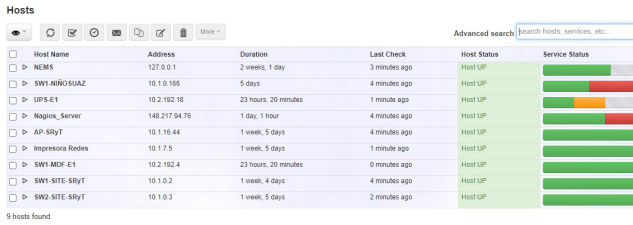


Figura 10: Vista Host dentro de la interface Adagios.

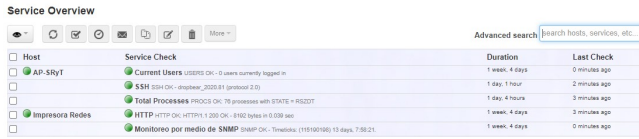


Figura 11: Vista Service dentro de la interface Adagios.

Vista Hostgroups: En esta vista se muestran los grupos creados, los dispositivos y servicios que pertenecen a los grupos y el estado de los servicios, la vista se muestra en la Figura 12.

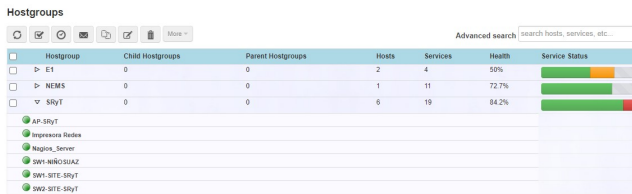


Figura 12: Vista Hostgroups dentro de la interface Adagios.

VI.1.2. Interface Nagios

Nagios permite tener acceso a visualizar los resultados del monitoreo de acuerdo al formato de Nagios Core tradicional, sus principales vistas son:

Vista Tactical Overview: La visión global de red configurada se puede ver en la pestaña Tactical Overview. Esta muestra información sobre los estados de dispositivos, servicios, cuántos tienen las notificaciones y los chequeos habilitados o deshabilitados. La vista se muestra en la Figura 13.

Vista Host Detail: En el apartado de Host Detail, se puede ver una lista de todos los dispositivos configurados junto con sus estados e información sobre el último chequeo, dando clic en cada uno de los dispositivos, podemos acceder a información más detallada del mismo, la vista se muestra en la Figura 14.

Vista Hostgroup Overview: En la pestaña Hostgroups, aparecen los dispositivos divididos en los diferentes

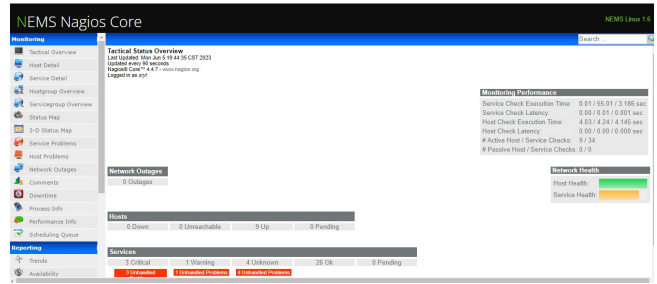


Figura 13: Vista Tactical Overview dentro de la interface Nagios.

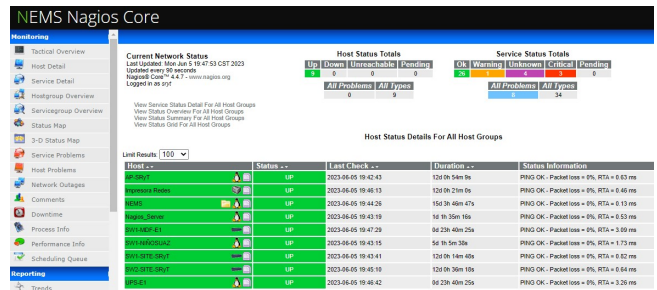


Figura 14: Vista Host Detail dentro de la interface Nagios.

grupos que se hayan configurado desde Nagios nConf, la vista se muestra en la Figura 15.

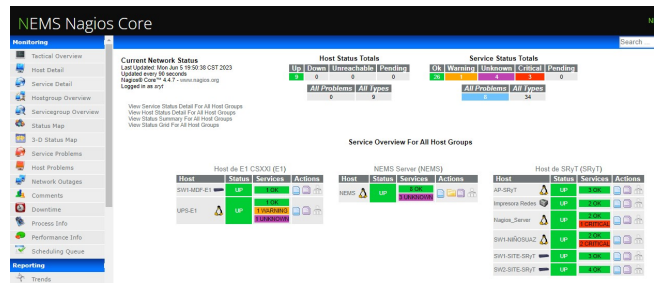


Figura 15: Vista Hostgroup Overview dentro de la interface Nagios, muestra un listado de los hostgroups, los dispositivos que pertenecen a cada grupo y su estado.

Vista Status Map: En esta vista aparece un mapa en el que se recogen todos los dispositivos configurados, colocando el puntero del ratón sobre cada dispositivo, aparece una pestaña con información más detallada y los servicios que cada dispositivo tiene asociado, la vista se muestra en la Figura 16.

VI.2. Interface Reportes

Una característica de Nagios Core es que se pueden generar informes y alertas. Esta interfaz web ofrece tres tipos de informes, que se describen brevemente a continuación:

así la idoneidad de la configuración implementada.

A continuación se muestran imágenes con el rendimiento de algunos de los componentes y características de la Raspberry, como la capacidad de memoria, archivos de proceso, así como de las aplicaciones que integran Nems. El lapso de tiempo mostrado en las imágenes corresponde a 1 mes calendario el cual se contabiliza a partir de la fecha en que se consulta el reporte.

Hasta el momento, se puede concluir que la Raspberry ha demostrado un rendimiento satisfactorio tanto en términos de procesamiento como de uso de memoria al monitorear alrededor de 900 dispositivos de red. Como parte de los próximos pasos, se contempla la expansión continua del número de dispositivos bajo monitoreo en consonancia con el crecimiento de la red. Además, se continuará evaluando el rendimiento de la Raspberry hasta alcanzar su capacidad máxima. Este proceso permitirá determinar con precisión el número máximo de dispositivos que el equipo puede monitorear de manera efectiva.

La Figura 20 muestra el nivel de actividad de procesamiento de la Raspberry al ejecutar Nems, respecto a su capacidad de memoria, para el proyecto actual la capacidad de memoria de la Raspberry es de 4 GB.

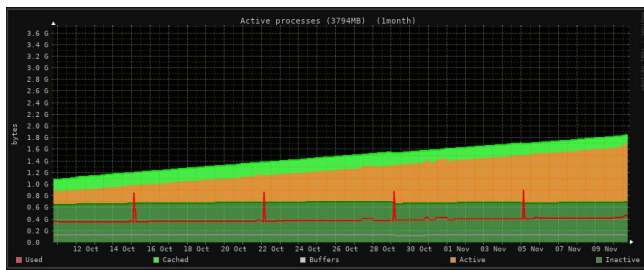


Figura 20: Muestra el comportamiento de la capacidad de memoria de la Raspberry con el uso de Nems.

La Figura 21 muestra el porcentaje de uso de los archivos del sistema por parte de Nems.

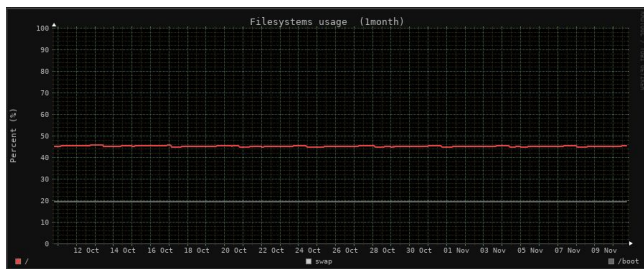


Figura 21: Gráfica del porcentaje de uso de los archivos del sistema por parte de Nems

La Figura 22 muestra el resumen general de los procesos y su estatus, así como el uso de CPU y memoria por parte de Nems.

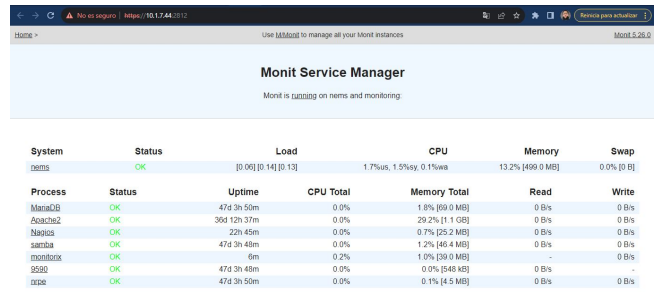


Figura 22: Resumen general de procesos, CPU y memoria utilizados por Nems, muestra una vista rápida del estado de la Raspberry y de Nems.

VIII. Conclusiones

El monitoreo de la red juega un papel muy importante en el apoyo a la gestión eficiente de varias áreas operativas, incluida la gestión de cuentas, la gestión de niveles de servicio acordados (SLA), el aprovisionamiento de servicios/recursos y la gestión de fallas. Ya que el monitoreo permite mantener la disponibilidad de los equipos que integran una red, a través del sensado y notificación continua que permite tomar acciones de corrección.

Para contextualizar y estudiar el monitoreo de la red, proporcionamos antecedentes y definiciones de conceptos clave, también se han mencionado las principales propiedades que deben tener las herramientas de monitoreo, los problemas que surgen de estas propiedades y las contribuciones relacionadas proporcionadas en la literatura hasta el momento. Se han descrito las principales plataformas (tanto comerciales como de código abierto) y servicios de monitoreo de red, indicando cómo se relacionan con dichas propiedades y cuestiones.

El estudio realizado permitió seleccionar la herramienta de monitoreo NEMS, y su implementación en una computadora de bajo costo, para dar respuesta al problema planteado en este proyecto.

La implementación de NEMS Linux ha demostrado ser una solución de monitoreo eficaz, ya que puede ser habilitada en hardware de bajo costo. La instalación y configuración vía WEB ayuda a la adopción del sistema de monitoreo, incluso para aquellos administradores con niveles moderados de experiencia en administración de redes, esto debido a la interfaz de usuario de NEMS Linux ofrece una experiencia intuitiva para la gestión y visualización de datos de monitoreo, esto facilita la comprensión rápida del estado de la red y la identificación de posibles problemas.

También se concluye que, la compatibilidad de NEMS Linux con una variedad de dispositivos y protocolos de red es un aspecto positivo, lo cual permite monitorear diversos componentes de la red, desde servidores hasta dispositivos de red, contribuyendo a una visión integral

del entorno.

El monitoreo está ligado a un sistema de notificaciones y alertas integrado en NEMS Linux que mostró ser eficiente, al tener la capacidad de recibir alertas en tiempo real sobre eventos críticos lo cual permite una respuesta proactiva ante posibles problemas antes de que afecten significativamente el rendimiento de la red.

La capacidad de personalizar los parámetros de monitoreo y adaptar el sistema según las necesidades específicas del entorno es un punto fuerte a favor de NEMS, así como la flexibilidad para ajustar umbrales y configuraciones garantiza una adaptación precisa a los requisitos particulares de la red.

Aunque la implementación fue en gran medida exitosa, se han encontrado desafíos específicos durante el proceso, se pueden identificar estos desafíos y documentar cómo se puede dar solución, puede proporcionar información valiosa para futuras mejoras o para usuarios que enfrenen problemas similares.

Finalmente, se llevó a cabo una evaluación del impacto en el rendimiento del hardware que aloja NEMS. Esta evaluación se ejecutó mediante el monitoreo de 900 dispositivos de red, abarcando tanto el tráfico local como el tráfico hacia Internet. La topología de conexión de estos dispositivos sigue un patrón de estrella distribuida en tres campus distintos.

Los resultados de la evaluación señalaron que el porcentaje promedio de utilización de la CPU se mantuvo en un 2 %, mientras que el uso de memoria se mantuvo en un 14 %. Estos hallazgos destacan la eficiencia y capacidad de respuesta del hardware utilizado, respaldando así la idoneidad de la configuración implementada.

En resumen, para tener una alta disponibilidad en la red, se necesita una herramienta de monitoreo eficiente. En este documento, se discutió desde el concepto básico de la herramienta de monitoreo hasta la implementación de una propuesta que mezcla no solo el monitoreo, sino también el uso de hardware de bajo costo que este acorde en la actualidad tecnológica, con lo cual se busca ayudar a los administradores de red a elegir la herramienta de monitoreo que mejor se adapte a sus necesidades.

IX. Trabajo futuro

Como trabajo a futuro se tiene la configuración a detalle de más protocolos de monitoreo que ayuden a explotar la herramienta, uno de estos protocolos es SNMP.

El protocolo SNMP ayuda a obtener información más detallada de los equipos activos de red monitoreados como se ilustra en la siguiente Figura 23.



Figura 23: Información visualizada de equipos activos de red mediante el protocolo SNMP

Referencias

- [1] Daruin Arley León et al. «Inteligencia artificial para el control de tráfico en redes de datos: Una Revisión». En: *Entre Ciencia e Ingeniería* 16.31 (2022), págs. 17-24.
- [2] Mahantesh N Birje y Chetan Bulla. «Commercial and open source cloud monitoring tools: a review». En: *Advances in Decision Sciences, Image Processing, Security and Computer Vision: International Conference on Emerging Trends in Engineering (ICETE)*, Vol. 1. Springer. 2020, págs. 480-490.
- [3] Absa Stephen, Shajulin Benedict y RP Anto Kumar. «Monitoring IaaS using various cloud monitors». En: *Cluster Computing* 22.Suppl 5 (2019), págs. 12459-12471.
- [4] Douglas E Comer. *Internetworking with TCP/IP*. Addison-Wesley Professional, 2013.
- [5] Marina Cabezón Rodríguez. *Evaluación de herramientas de monitorización de redes sobre plataforma embebida*. Oct. de 2017. URL: <http://hdl.handle.net/10902/12116>.