



*Asesorías y Tutorías para la Investigación Científica en la Educación Puig-Salabarría S.C.  
José María Pino Suárez 400-2 esq a Lerdo de Tejada, Toluca, Estado de México. 7223898476*

RFC: ATI120618V12

**Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores.**

<http://www.dilemascontemporaneoseducacionpoliticayvalores.com/>

**Año: IX Número: 2. Artículo no.:114 Período: 1ro de enero al 30 de abril del 2022.**

**TÍTULO:** Prototipo de sistema de alerta temprana para la prevención de huaicos, Chosica, Perú.

**AUTORES:**

1. Máster. Daniel Ramón Chirinos Armas.
2. Máster. Bernardo Clímaco Hermitaño Atencio.
3. Máster. Richard Miller Armas Castañeda.
4. Dr. Oscar Alberto Urbano Ayala.
5. Lic. Aníbal Fris Aguilar Ramos.
6. Máster. Martín William Ortiz Vergara.

**RESUMEN:** La investigación tuvo como propósito presentar y demostrar el funcionamiento de un prototipo de sistema de alerta temprana con tecnología Zigbee, como apoyo en la prevención de desastres causados por huaicos en la ciudad de Chosica. Se desarrolló un estudio de tipo tecnológico, y el método usado fue el método científico. Se utilizó a la observación como técnica y la ficha de observación como instrumento de recolección de datos adaptado a cada módulo. De las pruebas más importantes realizadas, más del 90 % de los resultados llegaron a ser positivas o correctas. De los datos obtenidos, se puede afirmar, que el prototipo de sistema de alerta temprana con tecnología Zigbee, aporta significativamente en la prevención de desastres causados por huaicos.

**PALABRAS CLAVES:** alerta temprana, tecnología Zigbee, prevención de huaycos.

**TITLE:** Prototype of early warning system for the prevention of landslides, Chosica-Peru.

**AUTHORS:**

1. Master. Daniel Ramón Chirinos Armas.
2. Master. Bernardo Clímaco Hermitaño Atencio.
3. Master. Richard Miller Armas Castañeda.
4. PhD. Oscar Alberto Urbano Ayala.
5. Bach. Aníbal Fris Aguilar Ramos.
6. Master. Martín William Ortiz Vergara.

**ABSTRACT:** The purpose of the research was to present and demonstrate the operation of a prototype of an early warning system with Zigbee technology, as a support in the prevention of disasters caused by huaicos in the city of Chosica. A technological study was developed, and the method used was the scientific method. Observation was used as a technique and the observation sheet as a data collection instrument adapted to each module. Of the most important tests performed, more than 90% of the results came to be positive or correct. From the data obtained, it can be affirmed that the early warning system prototype with Zigbee technology contributes significantly to the prevention of disasters caused by huaicos.

**KEY WORDS:** early warning, Zigbee technology, flood prevention.

**INTRODUCCIÓN.**

En el mundo se ha observado los difíciles sucesos que genera el calentamiento global del planeta, las personas se ven muy afectadas por los cambios climáticos y los desastres naturales,

un ejemplo son los huaycos que son producidos por las precipitaciones fluviales y el desbordamiento de los ríos, trayendo como consecuencia muerte y destrucción.

En Perú, como consecuencia del fenómeno del niño, existe un impacto significativo a través de las inundaciones que afectan diversas regiones del país, y en su mayoría a los departamentos del norte (Akyildiz et al., 2002); (Proaño Vallejo & Suarez Chanchay, 2016). Los problemas de toma de decisiones ambientales suelen ser complejos, mal estructurados, multidimensionales, de múltiples aspectos, vagos e inciertos (Vrana et al., 2021).

Considerando que el distrito de Lurigancho, Chosica siempre es afectado por el fenómeno natural de los huaycos a través de sus quebradas que son muy activas, muchas viviendas y pobladores se encuentran en riesgo. Desde esa perspectiva, la Universidad Nacional de Educación a través de sus docentes y estudiantes se encuentran en la obligación de proponer alternativas de solución que ayudan a mitigar los riesgos a los que están expuestos muchos pobladores con el fin que puedan tomar decisiones un tiempo antes que el peligro ocurra (Mar, 2019); (Gasca & Mar, 2021).

Para abordar la problemática mencionada, como aporte se propone un prototipo de sistema de alerta temprana con tecnología Zigbee. La tecnología ZigBee tiene las ventajas de una alta eficiencia de comunicación, bajo consumo de energía, bajo costo y alta seguridad (Dong et al., 2019); (Leyva-Vázquez et al., 2020); (Vázquez et al., 2020). El estudio permitió cumplir el objetivo de demostrar que el sistema de alerta temprana con tecnología Zigbee, ayuda significativamente en la generación alertas como medida de prevención de desastres causados por huaycos.

## **DESARROLLO.**

### **Materiales y métodos.**

La investigación se basa en enfoque de la investigación tecnológica, y para el diseño se utilizó la investigación preexperimental con el estudio descriptivo observacional transversal, que permitió recolectar la información necesaria de los componentes elementales del sistema. Se hizo uso del método científico con el planteamiento del problema, la formulación de objetivos, la aplicación de instrumentos, la obtención de datos y la generación de resultados (Fonseca et al., 2020). Como población y muestra del estudio, se consideró 40 pruebas a cada uno de los módulos principales del sistema de alerta temprana:

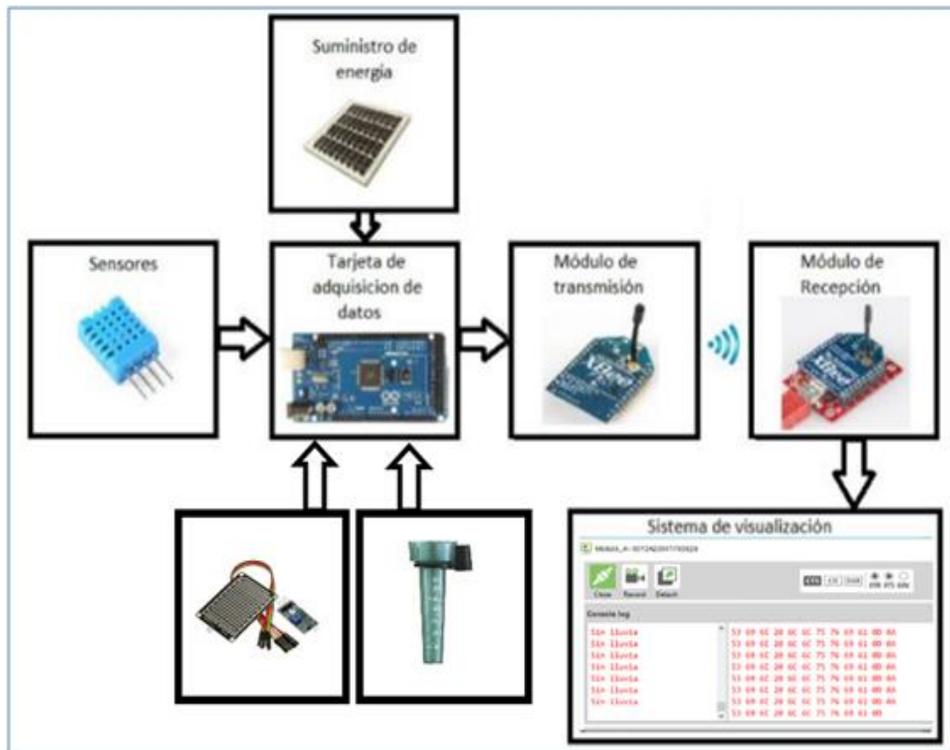
1. Fuerza de la señal recibida (RSSI) a los módulos XBee.
2. Pruebas de volumen de agua al pluviómetro.
3. Pruebas de simulación lluvias al sensor de humedad.
4. Pruebas de generación de alerta a partir de la cantidad de agua calculada por el pluviómetro.

### **Resultados.**

#### ***Sistema de alerta temprana con tecnologías Zigbee.***

Sistema que integra un sensor de lluvias, controlado con Arduino, alimentado con un panel solar y con un visualizador Display GLCD y con comunicación inalámbrica XBee en transmisión y recepción. Es un prototipo que trabaja con sensores inalámbricos como el de lluvia y el pluviómetro, para prevenir accidentes mediante el monitoreo de la inclinación y deslizamiento de laderas, utilizando tecnología basada en el estándar IEEE 802.15.4/Zigbee.

Ilustración 1. Conexión de bloques de dispositivos de trabajo para el Sistema de alerta temprana con tecnologías Zigbee.



### Construcción del prototipo.

El presente prototipo del Sistema de alerta temprana con tecnologías Zigbee, está constituido por entradas, proceso y salidas. Estas tienen una relación con respecto a las entradas, porque están conectadas con los distintos sensores a través de una red de sensores inalámbricos, utilizando módulos de radio frecuencia, microcontrolador y fuentes de energía.

El prototipo está conformado de la etapa de sensado constituido por sensores (temperatura, presión atmosférica, humedad relativa, humedad del suelo, luz ambiental y velocidad del viento), y su función consiste convertir un fenómeno físico en señales eléctricas analógicas (voltaje, corriente, resistencia u otro atributo eléctrico).

### Etapas del proceso de transmisión de datos.

La comunicación inalámbrica del presente prototipo se ha realizado con el protocolo Zigbee de red IEEE 802.15.4 y se ha implementado con dos módulos de Xbee Pro S2C que trabajan para esa Radiofrecuencia, para la conexión inalámbrica y la recepción de datos; es decir, es la transmisión y recepción de datos por medio de Pines (TXD y RXD) para comunicarse con el microcontrolador Arduino UNO.

Ilustración 2. Sistema de bloques para la emisión de datos del prototipo Sistema de alerta temprana con tecnologías Zigbee.

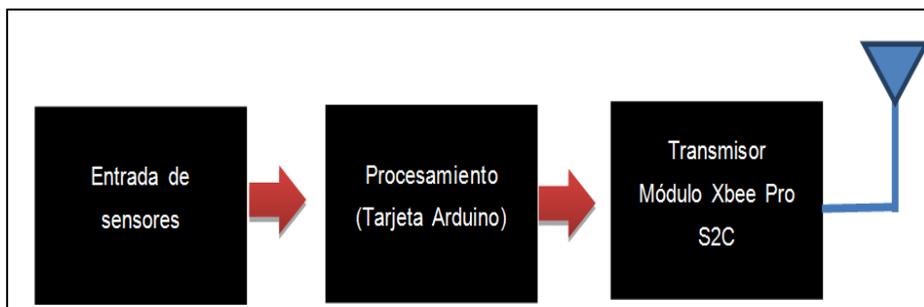
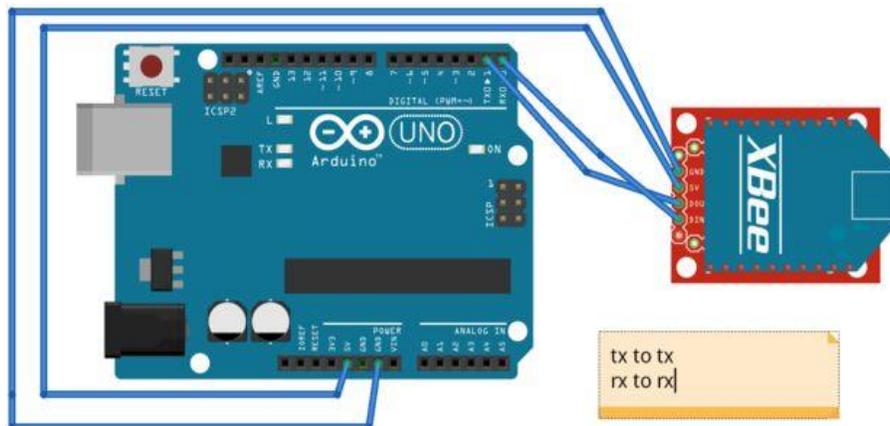


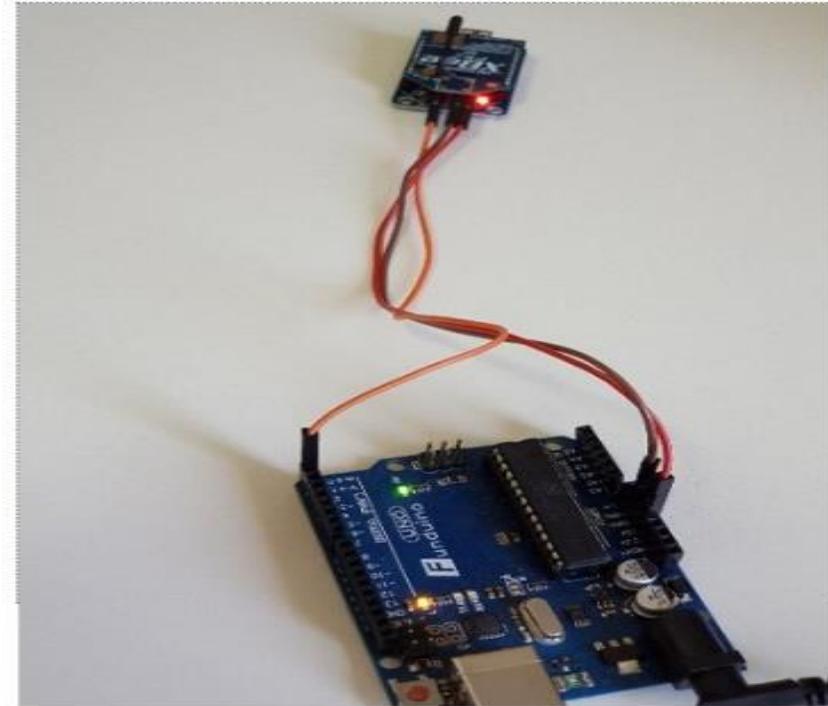
Ilustración 3. Conexión pictórica de la tarjeta Arduino con el módulo Xbee.



El bloque de entrada que captura las señales analógicas como lluvia, humedad y temperatura, y precipitación de fluidos es a través de los sensores, luego los datos pasan al bloque de procesamiento y hace que los datos puedan ser encriptados para que el bloque transmisor envíe las magnitudes de las variables físicas.

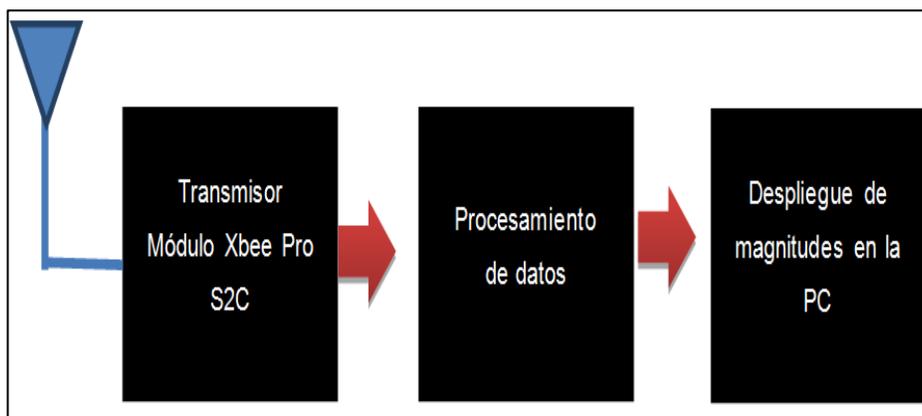
El envío de los datos es a través del módulo Xbee S2C y debe ser configurado antes de ser usados. Su configuración es por comandos API.

Ilustración 4. Conexión real del Arduino Uno y el Xbee S2C.



Se muestra la conexión física de los equipos para el envío de las señales a través del módulo Xbee.

Ilustración 5. Sistema a bloques de la recepción y visualización de datos.

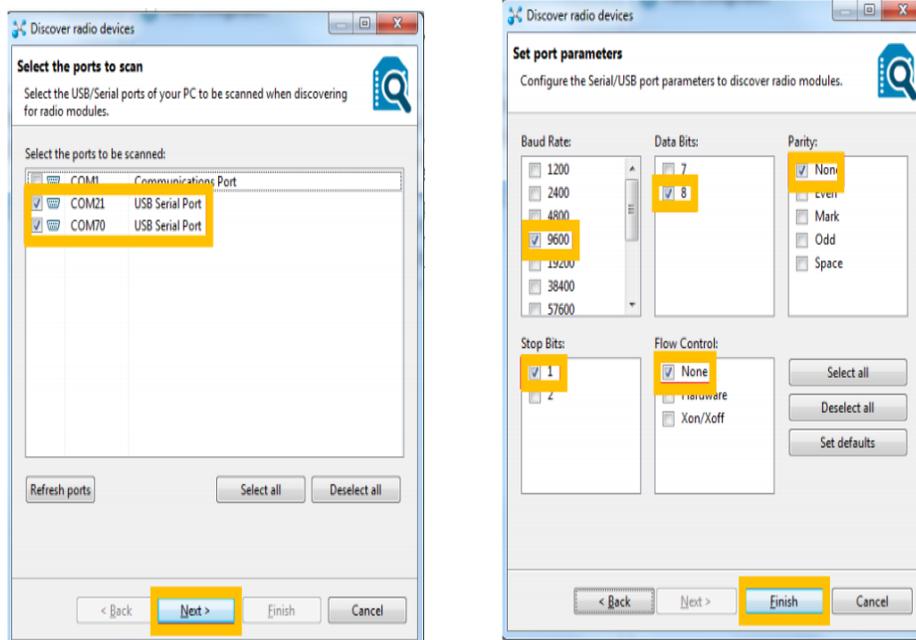


Los Sistemas a bloques de la recepción de datos son emitidos por el prototipo Sistema de alerta temprana con tecnología Zigbee.

Ilustración 6. Conexión con procesamiento de módulo Xbee para la Recepción de la señal.

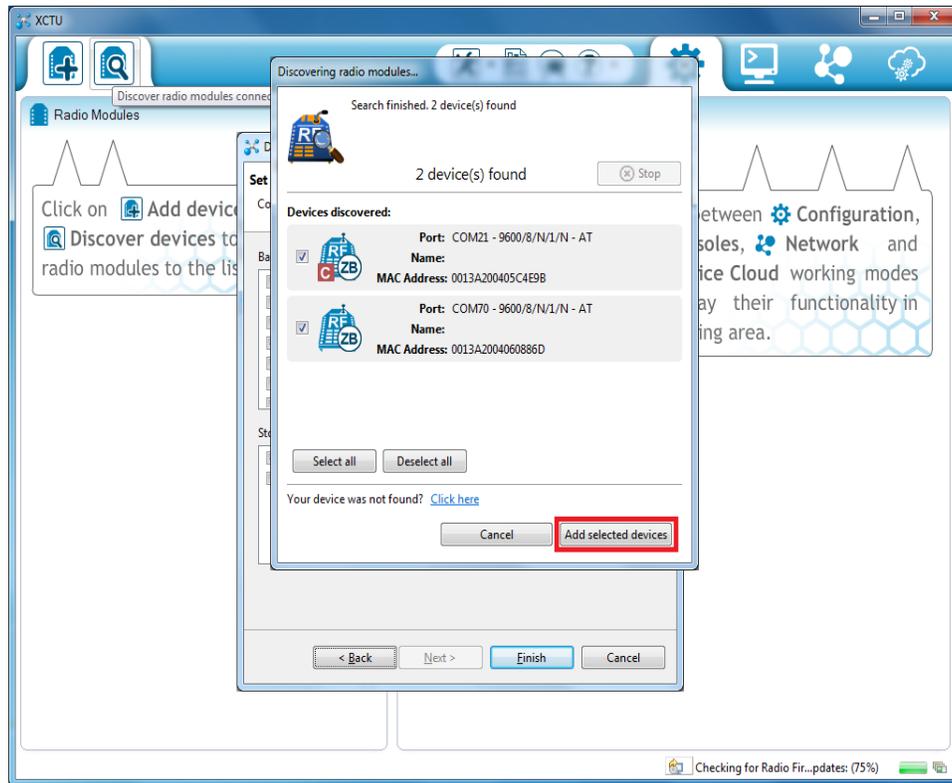


Ilustración 7. Configuración del módulo Xbee.



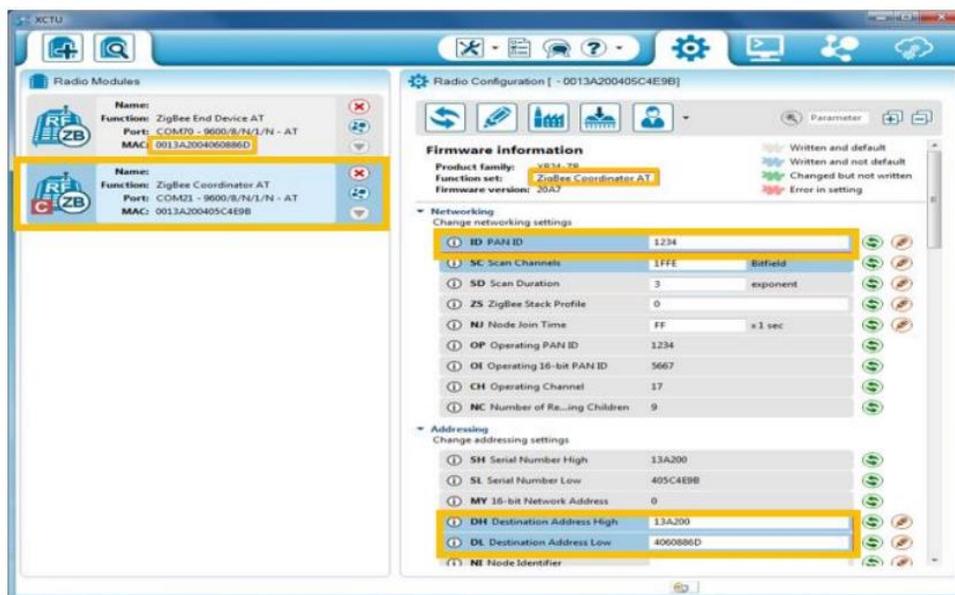
El primer paso es agregar el módulo Xbeeal puerto COM que se le asignará automáticamente por la PC.

Ilustración 8. Selección de los parámetros de los módulos Xbee.



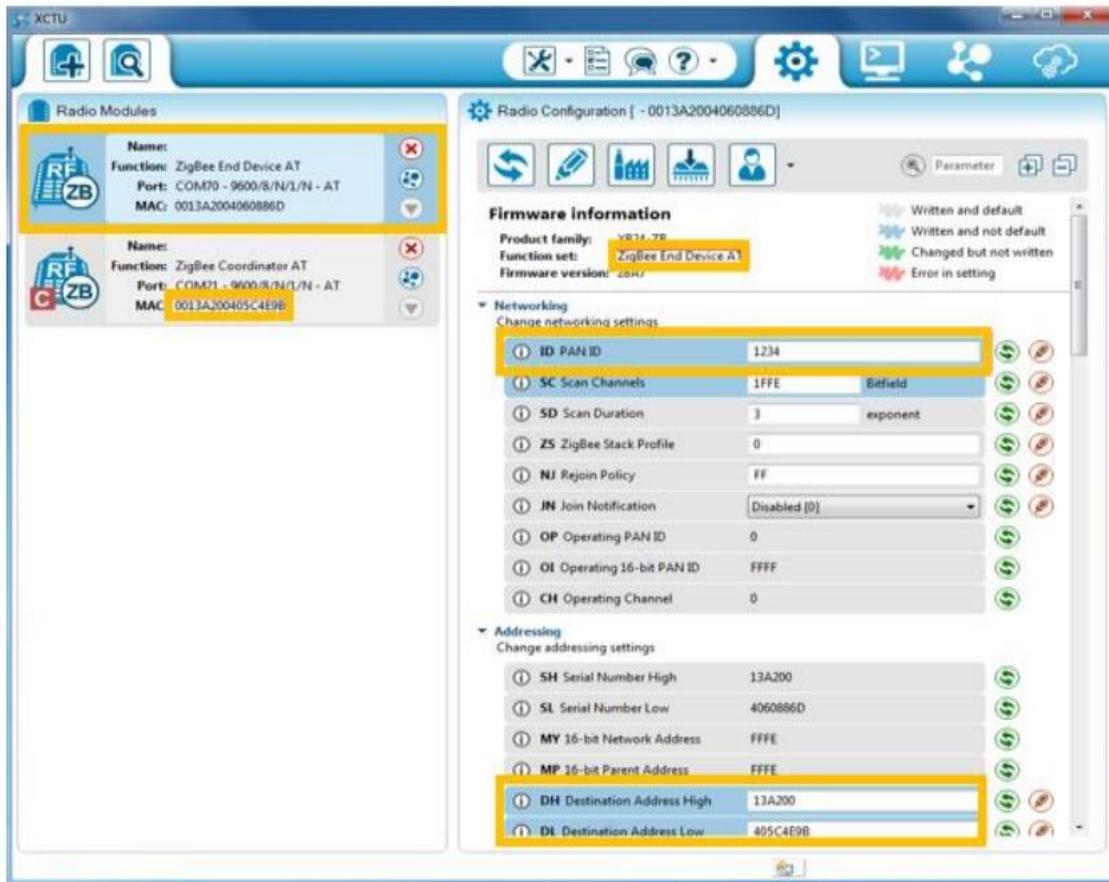
La aplicación XCTU comenzará a buscar los módulos y cuando lo reconoce a los dispositivos, se hace clic en el botón “Add selected devices”.

Ilustración 9. Configuración de un coordinador at para punto a punto.



Se realizó la configuración de Coordinador AT, y eso quiere decir, que este punto es responsable de emitir la señal en radio frecuencia. En la siguiente figura se muestra la configuración que utiliza el método de una red punto a punto para la transmisión a un nodo.

Ilustración 10. Configuración de un end device at.

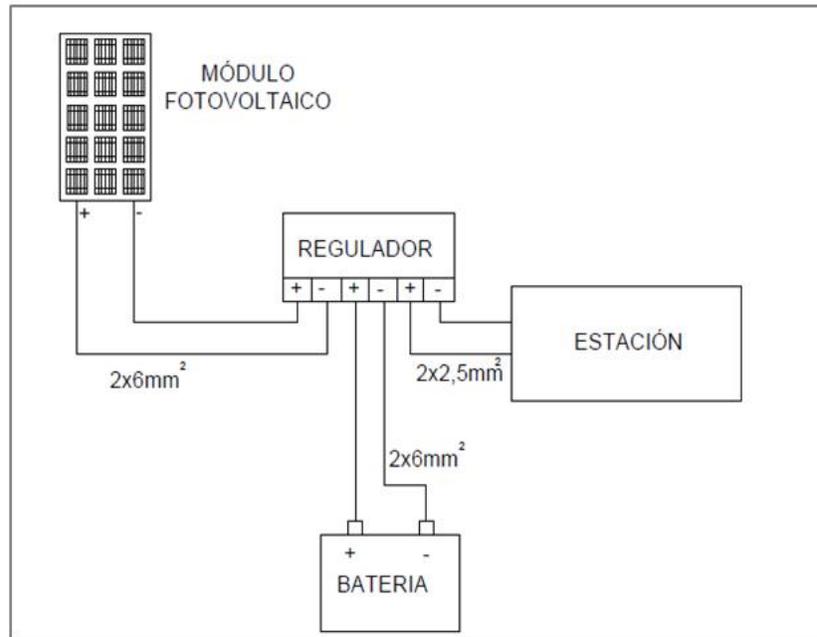


### **Etapas de la fuente de alimentación.**

La primera etapa principal de este proyecto es la fuente de alimentación, y esto genera una limitación por la movilidad porque se tiene que suministrar energía, y eso quiere decir, que se debe tener un punto de suministro de energía cerca.

Este prototipo va a estar en un lugar inhóspito donde no existe conexión de red eléctrica; por este motivo, se atendió a este problema utilizando la autonomía eléctrica mediante el uso de la energía solar fotovoltaica.

Ilustración 11. Esquema eléctrico de la etapa de la fuente de alimentación del prototipo.



Los paneles fotovoltaicos se instalan dentro del prototipo, y esta generará la energía que se necesita para el trabajo óptimo de la estación central.

Ilustración 12. Esquema pictórico del sistema de la fuente de alimentación del prototipo.

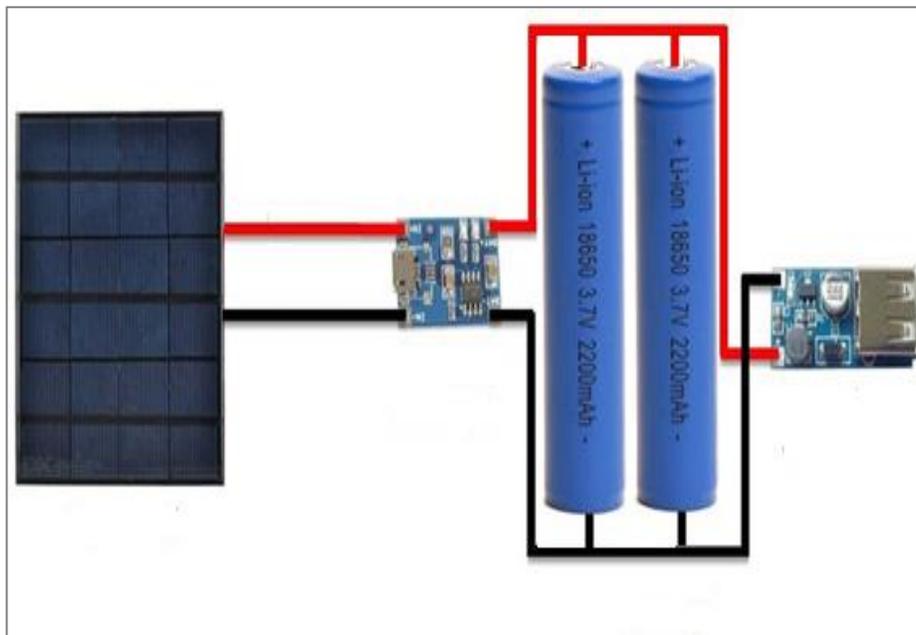
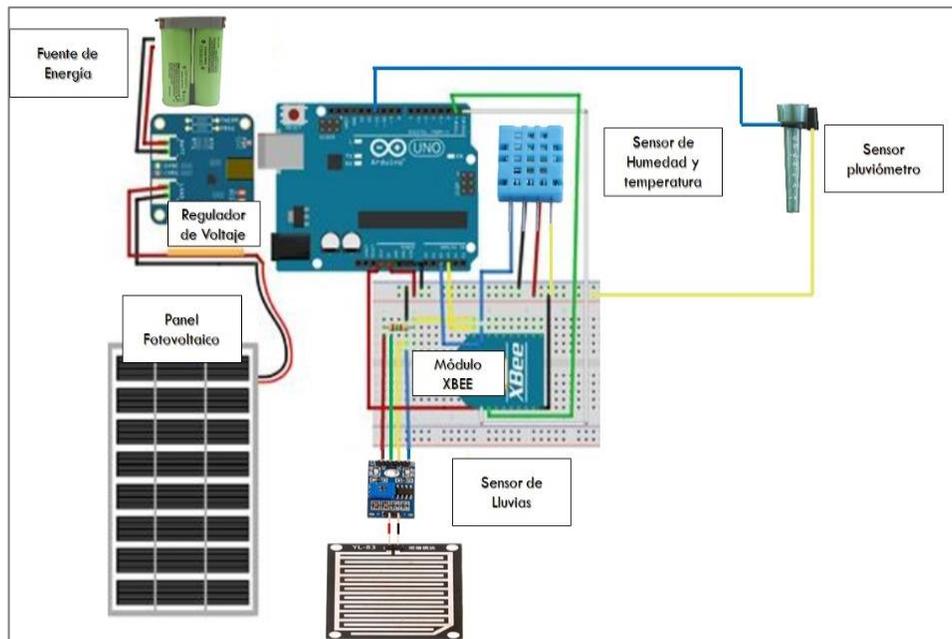


Ilustración 13. Conexión pictórica de los dispositivos de trabajo para el Sistema de alerta temprana con tecnologías Zigbee.



La lectura de los datos analógicos de los sensores es posible por el procesador del módulo Arduino UNO, la cual ayuda significativamente la lectura de datos de los sensores, seguido los envía en radio frecuencia a través del módulo Xbee.

Ilustración 14. Programación principal para la recepción de datos de los sensores.

```

# INICIO PROGRAMA PRINCIPAL
#-----

condicion=False
while True:
    tiempo=datetime.now()

    if (tiempo.minute%5==0 and condicion== True):
        condicion=False
        print("Fecha y Hora", tiempo)
        print("-----")
        DatosDHT=TempHum() #Recojo los datos del Temperatura y humedad
        DatosBMP=Presion() #Recojo los datos de presion
        Datosvelocidad=anemometro() #Recojo los datos del anemometro
        direccion=Veleta() #Recojo los datos de la Veleta
        lumi=LDR() #Recojo los datos de luminosidad
        print 'Temperatura:', DatosDHT[0], 'C'
        print 'Humedad:', DatosDHT[1], '%'
        print 'Pressure = {0:0.2f} Pa'.format(DatosBMP[1])
        print 'Velocidad viento:', Datosvelocidad, 'Km/h'
        print("direccion (grados): {}".format(direccion))
        print("luminosidad (%): {}".format(lumi))
        preci=(contadorpluvi*pfactor)
        print("precipitacion (mm): {}".format(preci))
        contadorpluvi=0
    elif (tiempo.minute%5<>0):
        condicion=True
        time.sleep(10)

#-----
# FIN PROGRAMA PRINCIPAL
#-----

```

Ilustración 15. Implementación total del equipo Sistema de Alerta temprana con tecnología Zigbee.



#### **Pruebas de funcionamiento a largas distancias.**

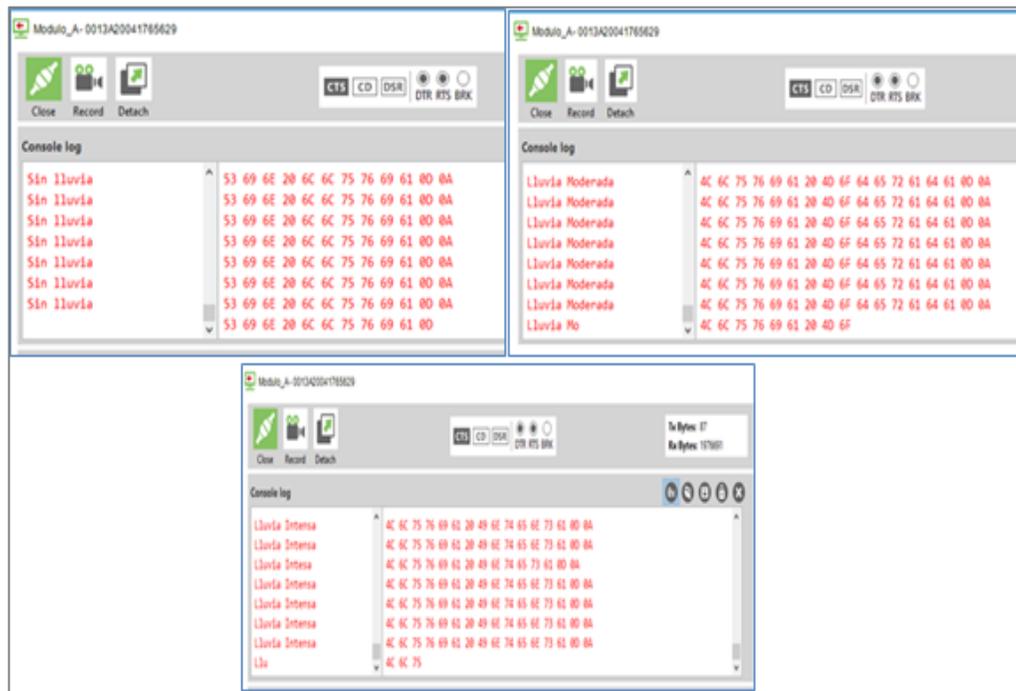
Se realizaron pruebas en 3 distancias fundamentales 200, 500 y 1000 metros en una vista libre de obstáculos, y cada una de las pruebas tuvieron 3 etapas para evaluar el sensor de humedad conectado a los dispositivos XBee con tecnología Zigbee.

Usando el software DIGI y Radiomobil, teniendo presente en la selección de las características de comunicación: Puerto Com 6, luego se ajustó la velocidad a 9600 bps, bits de paridad 1 y sin paridad. 4. Al sensor de lluvia FC-35, y se realizaron pruebas:

- a) Momento 1: No se le aplica gotas de agua en el sensor de lluvia FC-35.
- b) Momento 2: Si se le aplica pocas gotas de agua en el sensor de lluvia FC-35.
- c) Momento 3: Si se le aplica muchas gotas de agua en el sensor de lluvia FC-35.

A medida que se realizaban las pruebas, se visualizaron los datos enviados desde los sensores de sus respectivos nodos “A” y “B”; estos datos se muestran línea a línea relacionada a cada sensor.

Ilustración 16. Datos de prueba obtenidos desde de los sensores de humedad.



Posterior a las pruebas por módulo en laboratorio, se instalaron los componentes electrónicos en la caja solera conectado con el panel fotovoltaico para la alimentación al sistema. Todo el equipo fue montado sobre un trípode metálico.

Ilustración 17. Equipo completo del Sistema de Alerta temprana con tecnología Zigbee.



u

## Pruebas.

Luego de las pruebas a cada uno de los módulos principales del sistema de alerta temprana, se obtuvo los datos mediante el uso de las fichas de observación, luego se procedió a realizar el análisis de la información a nivel descriptivo.

### *El indicador de fuerza de la señal recibida (RSSI).*

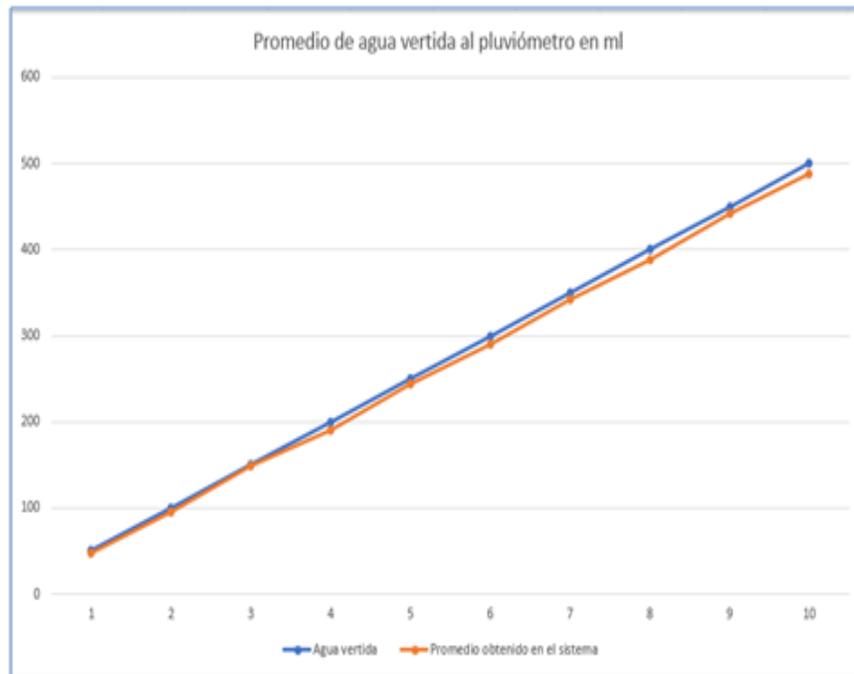
Para la recopilación de datos, se consideró 3 distancias claves, 200 y 500 y 1000 metros de acuerdo al límite del equipamiento. Haciendo uso de los módulos XBee pro XSC se determinó realizar pruebas de alcance. Se usó una antena yagui direccional en la estación de envío de datos dirigido a la estación central donde se recoge y analiza la información.

Tabla 1. Análisis descriptivo de Valores RSSI.

	<b>Distancia 200 M.</b>	<b>Distancia 500 M.</b>	<b>Distancia 1000 M.</b>
Media	-67.1285	-83.22575	-92.22375
Error típico	5.232760775	0.315305283	0.805088201
Mediana	-74.6	-82.6	-92.45
Moda	-74.6	-84.2	-92.4
Desviación estándar	33.094885	1.994165705	5.091824864
Varianza de la muestra	1095.271413	3.976696859	25.92668045
Curtosis	17.22038918	0.091316751	32.41645534
Coefficiente de asimetría	4.28075034	-0.488639372	5.426606195
Rango	152.2	9.07	33.35
Mínimo	-76.8	-88.47	-95.66
Máximo	75.4	-79.4	-62.31
Suma	-2685.14	-3329.03	-3688.95
Cuenta	40	40	40
Nivel de confianza (95.0%)	10.58425771	0.637765133	1.628444594

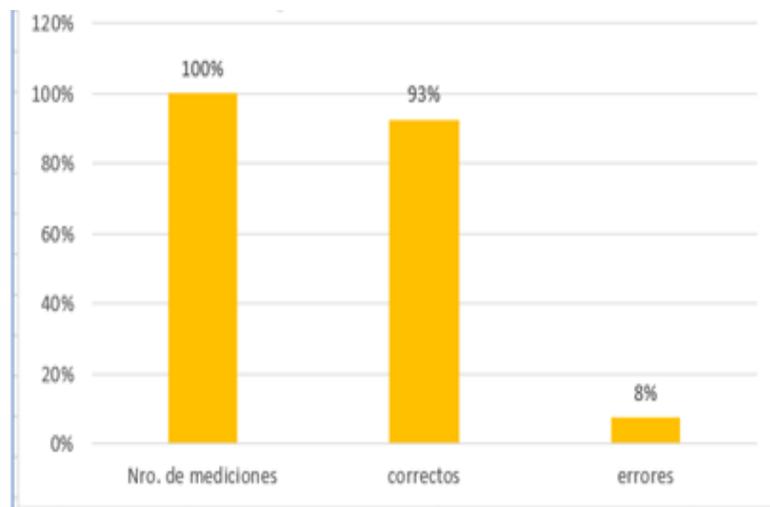
De los resultados que se muestran (Tabla 1), se puede apreciar que las medias obtenidas - 67.12, -83.22 y -92.22 permiten evidenciar existe una eficiente transmisión de datos haciendo uso de la tecnología Zegbee a través de los módulos XBee pro XSC.

Ilustración 18. Cantidad agua vertida y calculada por el pluviómetro.



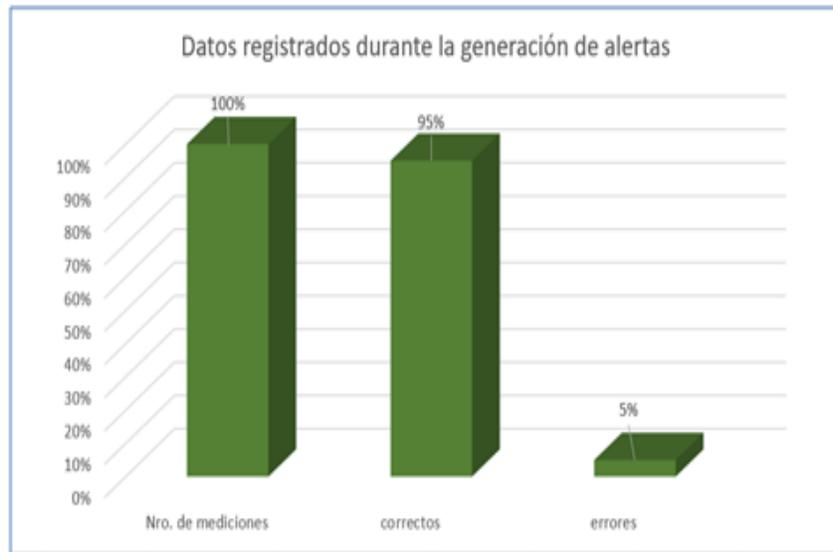
De las pruebas realizadas con el pluviómetro (Ilustración 18), se aprecia que no existe diferencias significativas entre las cantidades de agua vertida y calculada por el pluviómetro. También se observa que a medida que aumenta el volumen de agua, se aprecia una ligera diferencia de cálculo del módulo. Para el estudio, se adapta de manera óptima, dado a que si el volumen supera el valor 300 ml, a partir de ahí se considera como un riesgo.

Ilustración 19. Simulación de lluvias en el sensor de Humedad.



De las pruebas realizadas en las simulaciones de lluvias (Ilustración 19), se consideran 40 evaluaciones como 100 % de las pruebas; el porcentaje de datos correctos es 93 % y de un 8 % de datos incorrectos, se evidencia que el sistema de control muestra un gran porcentaje de eficiencia y se adapta a las necesidades del sistema de alerta temprana.

Ilustración 20. Simulación de lluvias en el sensor de Humedad.



De las pruebas realizadas durante la generación de alertas (Ilustración 20), de 40 pruebas realizadas como 100 %, se puede apreciar que el 95 % de las evaluaciones resultaron exitosas, mientras que un 5 % de pruebas fueron fallidas; estos datos evidencian que el sistema genera en un alto porcentaje mensajes que alerta muy eficaces.

### **Discusión.**

En las pruebas del indicador de fuerza de la señal recibida (RSSI), las mediciones no se presentan de manera exacta según como indica los documentos de apoyo del fabricante de los módulos XBee; esto también lo corrobora Dong et al. (2019), donde manifiestan que en el experimento, los parámetros del modelo medidos debido a una menor recopilación de datos

siempre tendrán errores con los parámetros estándar del modelo. Las diferencias o errores que se pueden presentar no se consideran significativas.

De las pruebas del pluviómetro y el sensor de humedad en las mediciones de laboratorio, los resultados fueron favorables con pequeños porcentajes de error, y se considera que se requieren pruebas en situaciones reales, ya que según manifiesta Ancona M. y otros (2014), el sistema de alerta se centra en la correlación entre las lluvias y la descarga máxima; para el estudio, las lluvias fueron simuladas mediante un aspersor que emanaba una cantidad determinada de agua. Además, los autores agregan, que el problema de obtener una adecuada distribución de caída de lluvias se plantea utilizando los servicios públicos disponibles, este estudio no empleó ningún servicio público en su desarrollo.

En las pruebas de generación de alertas, del total de las pruebas realizadas, el 95 % de los resultados fueron exitosos, evidenciando que es un diseño adecuado y que se puede adaptar a situaciones reales. La estrategia adoptada radica en la capacidad de diseñar un conjunto de sensores capaces de adquirir el conjunto mínimo de datos de entrada necesarios para garantizar una previsión de alarmas fiable (Ancona et al., 2014).

## **CONCLUSIONES.**

Se plantean como conclusiones que:

- ✚ El sistema de alerta temprana con tecnología Zigbee ayuda de manera significativa en la generación de alertas como medida de prevención de desastres causados por huaycos.
- ✚ Los módulos XBee pro XSC son eficientemente significativos como medio transmisión de datos en el desarrollo del sistema de alerta temprana con tecnología Zigbee para la prevención de desastres.

- ✚ Mediante un pluviómetro electrónico, acoplado al sistema del sistema de alerta temprana, se logra tener el control de manera eficiente y significativa de la cantidad de agua producida por caída de lluvias; estos resultados obtenidos permiten tomar decisiones.
- ✚ Mediante la toma de datos de los sensores de humedad acoplados al sistema, al ser comparados con ciertos valores permiten emitir de manera eficiente mensajes de alerta para buscar prevenir posibles desastres causados por huaycos.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.**

1. Akyildiz, I. F., Su, W., Sankarasubramaniam, Y., & Cayirci, E. (2002). A survey on sensor networks. *IEEE Communications Magazine*, 40(8), 102-114.
2. Ancona, M., Corradi, N., Dellacasa, A., Delzanno, G., Dugelay, J.-L., Federici, B., Gourbesville, P., Guerrini, G., La Camera, A., & Rosso, P. (2014). On the design of an intelligent sensor network for flash flood monitoring, diagnosis and management in urban areas position paper. *Procedia Computer Science*, 32, 941-946.
3. Dong, Z. Y., Xu, W. M., & Zhuang, H. (2019). Research on ZigBee indoor technology positioning based on RSSI. *Procedia Computer Science*, 154, 424-429.
4. Fonseca, B. B., Cornelio, O. M., & Pupo, I. P. (2020). Linguistic summarization of data in decision-making on performance evaluation. 2020 XLVI Latin American Computing Conference (CLEI), 268-274.
5. Gasca, Y., & Mar, O. (2021). Design of the LAN Network of Hospital Comandante Manuel Piti Fajardo. *International Journal of Wireless and Ad Hoc Communication*, 2(2), 88-98.
6. Leyva-Vázquez, M., Quiroz-Martínez, M. A., Portilla-Castell, Y., Hechavarría-Hernández, J. R., & González-Caballero, E. (2020). A new model for the selection of information technology project in a neutrosophic environment. *Neutrosophic Sets and Systems*, 32(1), 344-360.

7. Mar, O. (2019). Modelo para la toma de decisiones sobre el control de acceso a las prácticas de laboratorios de Ingeniería de Control II en un sistema de laboratorios remoto. (Tesis doctoral). Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas.
8. Proaño Vallejo, J. V., & Suarez Chanchay, M. V. (2016). Implementación de un prototipo de sistema electrónico mediante comunicación inalámbrica para supervisión y detección de inundaciones (Bachelor's thesis). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
9. Vázquez, M. L., Estupiñan, J., & Smarandache, F. (2020). Neutrosofía en Latinoamérica, avances y perspectivas. *Revista Asociación Latinoamericana de Ciencias Neutrosóficas*, 14, 01-08.
10. Vrana, I., Tyrychtr, J., & Pelikán, M. (2021). BeCoMe: Easy-to-implement optimized method for best-compromise group decision making: Flood-prevention and COVID-19 case studies. *Environmental Modelling & Software*, 136, 104953. 1-19.

#### **DATOS DE LOS AUTORES.**

1. **Daniel Ramón Chirinos Armas.** Magíster en Ciencias de la Educación. Docente de la Escuela de Posgrado Walter Peñaloza Ramella de la Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle, Perú.
2. **Bernardo Clímaco Hermitaño Atencio.** Magíster en Ciencias de la Educación. Docente de la Escuela de Posgrado Walter Peñaloza Ramella de la Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle, Perú.
3. **Richard Miller Armas Castañeda.** Magíster en Ciencias de la Educación con mención en Educación Tecnológica. Docente de la Escuela de Posgrado Walter Peñaloza Ramella de la Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle, Perú.

**4. Oscar Alberto Urbano Ayala.** Doctor en Educación. Docente de la Escuela de Posgrado Walter Peñaloza Ramella de la Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle, Perú.

**5. Aníbal Fris Aguilar Ramos.** Licenciado en Electrónica. Docente de la Escuela de Posgrado Walter Peñaloza Ramella de la Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle, Perú.

**6. Martín William Ortiz Vergara.** Magíster en Ciencias de la Educación con mención en Educación Tecnológica. Docente de la Escuela de Posgrado Walter Peñaloza Ramella de la Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle, Perú.

**RECIBIDO:** 17 de octubre del 2021.

**APROBADO:** 18 de diciembre del 2021.