

CONESCAPANHONDURAS2025paper90.pdf

 Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)

Document Details

Submission ID

trn:oid:::14348:477760702

Submission Date

Jul 31, 2025, 10:48 PM CST

Download Date

Aug 12, 2025, 2:52 PM CST

File Name

CONESCAPANHONDURAS2025paper90.pdf

File Size

1.1 MB

5 Pages




3,431 Words

19,819 Characters

5% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Top Sources

- 4%  Internet sources
- 1%  Publications
- 0%  Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags




0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

Top Sources

- 4%  Internet sources
- 1%  Publications
- 0%  Submitted works (Student Papers)

Top Sources

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1	Internet	www.coursehero.com	<1%
2	Internet	repositorio.utp.edu.co	<1%
3	Internet	docplayer.es	<1%
4	Internet	redcol.minciencias.gov.co	<1%
5	Publication	"Full Issue PDF", JACC: Clinical Electrophysiology, 2024	<1%
6	Internet	patents.google.com	<1%
7	Internet	www.panamaamerica.com.pa	<1%
8	Internet	www.prnewswire.com	<1%
9	Internet	sistemamid.com.ar	<1%
10	Publication	C.J. Verucchi. "Unifying the maximum entropy and variational analysis regulariza...	<1%
11	Internet	www.springerprofessional.de	<1%

Diagnóstico preventivo de fallas en cables coaxiales mediante análisis de firmas de corriente inducidas por señales de baja frecuencia

Resumen—En Panamá, los cables coaxiales son ampliamente utilizados en aplicaciones de radiofrecuencia, telecomunicaciones (HFC), televisión por cable y telefonía. Aunque son resistentes gracias a su recubrimiento, pueden sufrir daños que afectan la eficiencia de la transmisión, especialmente en instalaciones extensas. Detectar estos fallos puede ser complejo, por lo que se propone un sistema costo-efectivo para su detección remota. Este sistema implementa un diagnóstico preventivo de fallas parciales mediante técnicas no convencionales y metodologías innovadoras. El sistema proporciona información sobre la presencia, ubicación y tipo de daño, considerando factores como exposición del dieléctrico, cortes, y curvaturas. Se basa en un programa de monitoreo con sensores distribuidos a lo largo del cable: en ambos extremos para cables cortos, o cada 50 metros en cables largos. Para validar su funcionamiento, se analizaron cables en buen estado y con fallas usando un Vector Network Analyzer (VNA). Las pruebas con señales de baja frecuencia revelaron diferencias en las firmas espectrales, especialmente en la dispersión de componentes, lo que indica discontinuidades de impedancia y reflexiones internas. Esto demuestra que es posible detectar y caracterizar fallas mediante el análisis de la firma de corriente.

Palabras clave:—Cables coaxiales, firmas de corriente, radiofrecuencia, señal de baja-frecuencia, parámetros de frecuencias, reflexión, impedancia.

I. INTRODUCTION

Los cables coaxiales desempeñan un papel fundamental en la infraestructura de telecomunicaciones en Panamá. Son ampliamente utilizados en la transmisión de señales de televisión, internet, videovigilancia y radiofrecuencia. Su estructura, compuesta por un conductor central de cobre, un aislante dieléctrico, una malla metálica y una cubierta protectora, permite una transmisión eficiente y con mínima interferencia. A pesar del avance de la fibra óptica, los cables coaxiales siguen siendo relevantes en diversas aplicaciones residenciales, comerciales e industriales debido a su costo accesible y facilidad de instalación.

En Panamá, empresas como Tigo, +Móvil, Panamá Telecom y Sistecom Panamá, dependen en gran medida de redes coaxiales. Tigo Panamá, operado por Millicom, utiliza infraestructura de red híbrida de fibra y cable coaxial para ofrecer servicios de televisión por cable, internet fijo y telefonía. En este modelo, la señal viaja por fibra óptica hasta un nodo, y desde allí se distribuye mediante cable coaxial hasta el hogar del cliente. [1]

Tan solo Sistecom Panamá trabaja con decenas de kilómetros

de cables coaxiales al año; en un barrio pequeño, podrían instalar 2 km o más de cable por proyecto. [2]

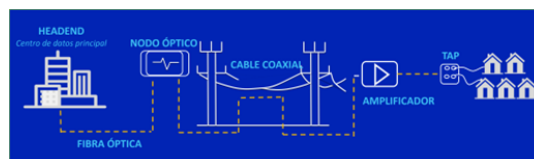


Figura 1. Funcionamiento de Tigo y la importancia de los Cables Coaxiales

I-A. Desgaste y Mantenimiento de los Cables

Los cables coaxiales pueden sufrir diversas fallas con el tiempo. Entre las más comunes se encuentran los daños físicos por flexiones, impactos o manipulación inadecuada, así como problemas con conectores defectuosos que generan pérdida o inestabilidad de señal. La humedad puede causar corrosión o cortocircuitos, y radios de curvatura muy reducidos debilitan la estructura del cable. También afectan su desempeño la compresión excesiva y terminaciones incorrectas, lo que provoca interferencias y deterioro en la calidad de la transmisión. Estas fallas no siempre se detectan de forma inmediata, lo que provoca interrupciones en el servicio que afectan a cientos o miles de usuarios. Ejemplos de estas situaciones se vivieron en 2020, cuando interrupciones en redes coaxiales afectaron a miles de panameños debido a daños en los cables de los proveedores más grandes del país, sufriendo un total de 29 cortes nacionales que afectaron a más de 100 mil clientes. [3]

I-B. Métodos actuales para la detección de fallas

Para detectar este tipo de fallas, las empresas de telecomunicaciones cuentan actualmente con sistemas de monitoreo avanzados, como el TDR (reflectómetro en el dominio del tiempo), que permite identificar en tiempo real cuándo y dónde ocurre un fallo en el cable. En muchos casos, se utilizan vehículos equipados con antenas que, mediante la emisión y recepción de ondas electromagnéticas, localizan el punto exacto del daño. [4]

El personal técnico realiza pruebas directas en cables y módems, además de atender reportes de clientes, especialmente ante fallas masivas. Para un análisis detallado, se usan parámetros eléctricos como el coeficiente de reflexión S_{11} y la impedancia de entrada, que ayudan a identificar problemas como rupturas o corrosión. Estos se relacionan con la pérdida de retorno, indicador clave de la calidad de la línea. También

se evalúa la impedancia característica (Z_0). Los desajustes de impedancia pueden generar ondas estacionarias que afectan el rendimiento del sistema, por lo que herramientas como analizadores vectoriales o reflectómetros permiten diagnosticar con precisión el estado de los cables. Tecnologías similares se han aplicado en la detección de fallas en cables eléctricos subterráneos, utilizando métodos como análisis de descargas parciales, microscopía digital 3D, rayos X, análisis de vibraciones, modelado estadístico y aprendizaje automático [5]. Investigaciones del Ing. Pablo Porfiri han desarrollado sistemas avanzados para monitorear cables de potencia subterráneos [6], aunque requieren infraestructura costosa y especializada. Por su parte, estudios de la Universidad Tecnológica de Pereira han explorado el uso de redes neuronales para detectar fallas en cables de distribución, pero su implementación resulta inviable en redes coaxiales domésticas o comerciales debido a limitaciones de escala y recursos [7]. Se plantea el desarrollo de un módulo inteligente que combina sensores de corriente, humedad y temperatura conectados a un microcontrolador ESP32, capaz de monitorear tramos específicos de cable a baja frecuencia y enviar alertas en tiempo real cuando se detecten anomalías. El tiempo de respuesta, la confianza del servicio y reducción de costos operativos, también siendo capaz de detectar las fallas a baja frecuencias a comparación con los actuales métodos, ofreciendo así una alternativa viable y escalable para empresas que aún dependen de esta tecnología.



Figura 2. Reflectómetro en el dominio del tiempo

II. DISEÑO Y METODOLOGÍA

El desarrollo se llevó a cabo en un entorno de laboratorio, donde se implementó un sistema de monitoreo utilizando un microcontrolador ESP32. Se integraron sensores específicos para medir temperatura y humedad, corriente eléctrica y movimiento, con el objetivo de recopilar datos en tiempo real. En la fig 3 se muestra un diagrama que representa este proceso metodológico.

II-A. Diseño del Proyecto y Materiales

Como punto de partida para el desarrollo del sistema, se estableció que la opción más eficiente era instalar un módulo por cada kilómetro de cable coaxial. Estos módulos se colocarán a una distancia estratégica de entre 10 y 25

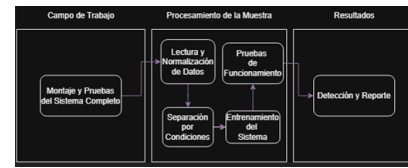


Figura 3. Etapas de la Metodología

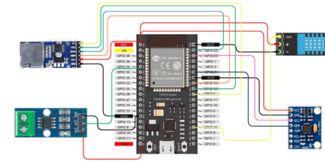


Figura 4. Diagrama de conexiones

metros del cable, con el propósito de reducir los márgenes de error y mejorar la precisión de las mediciones. Con el fin de proteger los componentes electrónicos del entorno, se diseñó una carcasa resistente que resguarde el sistema de detección de fallas. Asimismo, el sistema integra diversos sensores que permiten recolectar datos clave para el monitoreo y análisis del estado del cableado.

La selección de materiales y sensores es crucial, ya que estos determinan la precisión, confiabilidad y adaptabilidad del módulo a las condiciones reales del entorno. Se empleó un sensor de corriente, que permite detectar la cantidad de voltaje mediante la ecuación ??, donde V representa la tensión medida, I la corriente.

$$I = V/Z_0 \quad (1)$$

Se incluyó un sensor de temperatura y humedad para monitorear posibles variaciones térmicas y corrosión en el recubrimiento debido a la humedad del cable que pudieran afectar el comportamiento en la transmisión. La temperatura incide directamente en la resistencia eléctrica y, por ende, en la capacidad del cable para conducir corriente. En particular, el cobre material comúnmente utilizado como conductor en los cables coaxiales tiene una resistividad de $1,68 \times 10^8 \Omega$ lo que lo hace altamente eficiente.. Al estar cables expuestos al ambiente, como en el caso de instalaciones al aire libre en el clima variable de Panamá, los cambios térmicos y corrosión podrían afectar su rendimiento [8]

También se integró un giroscopio al módulo con el fin de identificar movimientos o vibraciones bruscas en el cable, el cual proporciona lecturas en los ejes X, Y y Z, detectando desplazamientos en sus ejes, útil para evaluar perturbaciones mecánicas que pudieran comprometer la estabilidad del sistema. En el cuadro 4 se presenta una comparativa que detalla el comportamiento del cable coaxial en distintos rangos de frecuencia y cómo varía su sensibilidad ante fallas.

II-B. Campo de Trabajo

Las pruebas se realizaron en el Laboratorio de Sistemas Inteligentes (LABSI) de la Universidad Tecnológica de Pa-

Aspectos	Bajas Frecuencias (kHz-MHz)	Altas Frecuencias
Transmisión de señal	Eficiente con baja atenuación	Transmisión eficiente, pero con mayores pérdidas
Pérdida por atenuación	Baja	Alta (se incrementa con la frecuencia)
Coefficiente de reflexión (S11)	Bajo si hay buena adaptación	Alto si hay desajuste o daño
Pérdida de retorno (Return Loss)	Baja (mejor desempeño)	Alta si hay adaptación
Uso común	Radio AM/FM, señales de control	TV por cable, Internet, datos de alta velocidad
Sensibilidad a fallas físicas	Moderada	Alta (mínimos daños generan pérdidas o reflexiones)

Cuadro I
COMPARACIÓN DE PARÁMETROS DE BAJA Y ALTA FRECUENCIA

namá (UTP), ubicado en el Campus Víctor Levi Sasso. En este entorno, se utilizaron distintos tipos de cables coaxiales junto con un generador RF, encargado de emitir señales a través de los cables, y un osciloscopio, para observar las ondas y corroborar la frecuencia. Esta etapa permitió evaluar cómo se comportan las ondas en los cables coaxiales ante diferentes frecuencias y condiciones de señal.

Las pruebas iniciales fueron fundamentales para comprobar la integridad de las conexiones, la respuesta de los sensores ante estímulos controlados y el comportamiento general del sistema bajo condiciones de laboratorio. Posteriormente, se realizaron

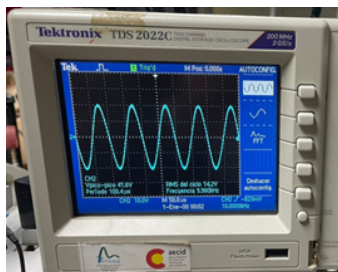


Figura 5. Señal inyectada vista en el osciloscopio

pruebas utilizando un Vector Network Analyzer (VNA), el cual permitió analizar el comportamiento de los cables coaxiales desde una perspectiva más precisa y técnica. Gracias a este equipo, fue posible observar y comparar las diferencias en la respuesta en frecuencia entre cables en buen estado y cables con fallas, facilitando la identificación de pérdidas de señal, discontinuidades o variaciones de impedancia a lo largo del conductor.

Las pruebas finales se llevaron a cabo utilizando el prototipo mostrado en la figura 7, que incluía el módulo SD para la recolección de datos. Para estas pruebas se utilizaron dos cables coaxiales: uno con daño previamente identificado y otro en buen estado. Uno de los extremos de cada cable se conectó a un simulador de señales de radiofrecuencia (RF signal simulator) el cual se configuro a 317kHz, con el objetivo de analizar la respuesta del sistema ante diferentes condiciones.



Figura 6. Pruebas con el VNA



Figura 7. Prueba con el prototipo inyectando la señal

II-C. Procesamiento de la Muestra

El primer paso consistió en la recolección de los datos crudos obtenidos directamente desde los sensores integrados en el módulo. Estos datos, sin procesar inicialmente, fueron posteriormente convertidos a unidades comprensibles y útiles para el análisis. Cada sensor requirió un tipo de procesamiento específico.

Las lecturas del giroscopio se transformaron a unidades de gravedad (g) y grados por segundo ($^{\circ}/s$), permitiendo analizar los movimientos del cable en los ejes X, Y y Z. Para el sensor de corriente, se aplicó la Ley de Ohm de la ecuación (1) usando una carga de 50Ω , valor estándar en cables coaxiales, para convertir el voltaje en corriente eléctrica. Los datos recolectados se clasificaron por tipo de evento para facilitar el entrenamiento y pruebas del prototipo. La información fue gestionada mediante una aplicación personalizada y almacenada en una tarjeta SD para análisis posterior. Se utilizó Arduino IDE para programar el ESP32 como microcontrolador, configurando sus pines para leer sensores, procesar señales, convertir unidades y almacenar datos, mientras que la aplicación móvil desarrollada en MIT App Inventor, se comunica vía Bluetooth con el ESP32, permitiendo la visualización en tiempo real de los datos, el envío de alertas ante valores anómalos y el almacenamiento de registros para análisis por parte de técnicos o empresas de telecomunicaciones. Los datos también fueron procesados en Jupyter para análisis más detallado.

III. RESULTADOS

III-A. Validación del prototipo

Network Analyzer (VNA), con el cual se analizaron las diferencias entre cables coaxiales en buen estado y cables con fallas, evaluando su comportamiento en el dominio de la frecuencia. Esta herramienta permitió detectar desajustes

6

de impedancia y niveles de reflexión, complementando la información obtenida por el prototipo. En última instancia, se generaron gráficas de las firmas de corriente a partir de los datos recolectados por los sensores del sistema, las cuales se utilizaron para interpretar el comportamiento eléctrico y mecánico de los cables durante las pruebas.

Se realizaron pruebas iniciales para verificar el funcionamiento del sistema de detección, enfocándose en su capacidad para registrar variaciones de corriente y movimiento mediante sensores integrados. Para validar los resultados, se utilizó un VNA, comparando cables coaxiales en buen estado (fig.9 con otros que presentaban fallas (fig.8, dentro de un rango de frecuencias de 50MHz a 900MHz. A partir de los datos recolectados se generaron gráficas de firmas de corriente para analizar el comportamiento eléctrico y mecánico de los cables. El cable dañado operó a 509 MHz con un desfase de 78°, mientras que el cable sano lo hizo a 730 MHz sin desfase, lo que indica que las fallas internas provocan reflexiones tempranas de la señal.

En cuanto al parámetro S11, ambos cables mostraron una mala adaptación de impedancia, aunque más pronunciada en el cable dañado, con valores entre -5.95 dB y -6 dB, frente a -4.87 dB en el cable sano (cuando lo ideal es menor a -10 dB).

Durante las pruebas, se observó que, en el cable con fallas, la representación en el Smith Chart mostró un comportamiento inestable del parámetro S11, alejándose del centro del gráfico, lo que indica una mala adaptación de impedancia. En contraste, el cable sano presentó una curva más simétrica y cercana al centro, con un S11 estable, reflejando una mejor continuidad en la transmisión de la señal.

Las pruebas se realizaron conectando un generador RF a los

45 minutos, permitiendo recolectar suficientes datos para un análisis comparativo detallado. En la figura 10 se muestran los resultados obtenidos en frecuencia de la data correspondiente al cable sano, se observa que los componentes dominantes son simétricos con bajo ruido de fondo y mínimas variaciones, lo que indica una correcta transmisión de la señal y estabilidad, evidenciado en la data cruda en la que la magnitud de la corriente se comporta de manera similar a lo largo del tiempo. Con el cable dañado, se identificaron variaciones notables en las firmas espectrales, evidenciando una transmisión eléctrica inestable, típica de cables con discontinuidades internas. El sistema registró estos cambios para su posterior análisis. En la figura 11, las firmas espectrales de la data cruda muestran componentes dispersos en el espectro de frecuencia, lo que sugiere reflejos internos y alteraciones de impedancia causadas por la falla, a diferencia del cable sano que mantiene una firma simétrica. La figura 12 comparación de ambas firmas espectrales, destacando la dispersión de pulsos y las diferencias en la magnitud de los armónicos. Las lecturas del giroscopio se mantuvieron constantes en los ejes (X, Y, Z), por la ausencia de movimiento físico o perturbaciones mecánicas.

Estos resultados respaldan la capacidad del sistema para distinguir, en tiempo real, entre un cable en buen estado y uno dañado, a partir de la lectura de variables eléctricas clave como la corriente.

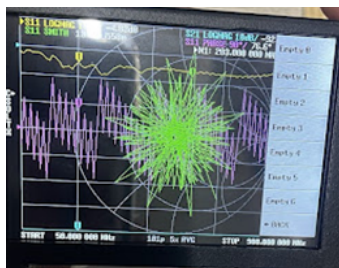


Figura 8. Cables con fallas VNA

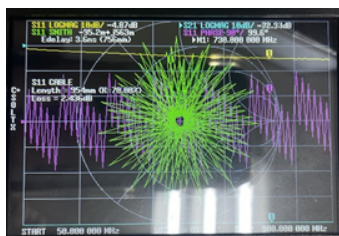


Figura 9. Cable sano VNA

extremos de los cables, considerando un cable en buen estado y otro con un cable dañado. Cada prueba duró entre 30 y

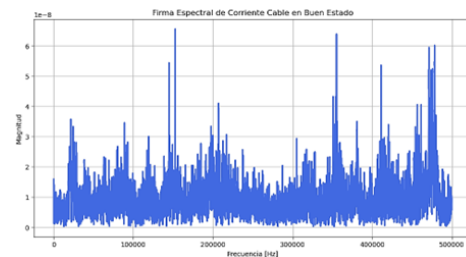


Figura 10. Firmas de corriente cable en buen estado

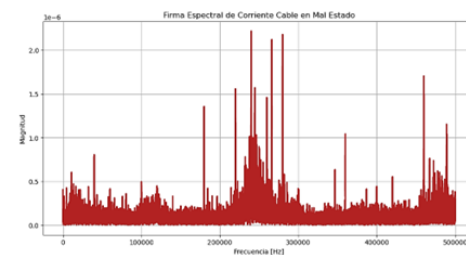


Figura 11. Firma de corriente cable con cortes y fisuras

III-B. Costo y Mejoras

El prototipo está dirigido a empresas de telecomunicaciones, ISP, operadoras de TV por cable y entidades encargadas del mantenimiento de redes coaxiales, que requieren soluciones económicas y confiables para el monitoreo preventivo. A diferencia de los métodos tradicionales, este sistema ofrece una

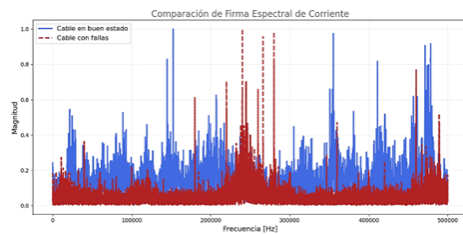


Figura 12. Comparación de firmas de corriente

alternativa automatizada, compacta y de bajo costo, ideal para reducir interrupciones y optimizar la gestión técnica. Su diseño modular y su integración con aplicaciones móviles lo hacen especialmente adecuado para redes modernas y mercados con recursos limitados.

El prototipo desarrollado tuvo un costo total de \$70.25 por unidad, incluyendo todos los componentes electrónicos, la carcasa 3D y elementos de ensamblaje. Este valor es significativamente menor que el de los equipos convencionales del sector, que pueden costar cientos o miles de dólares. Dado que este costo corresponde a una producción en pequeña escala, se estima que con fabricación optimizada y al por mayor, el costo por unidad podría reducirse a entre \$25 y \$35. Esto aumenta considerablemente su viabilidad para implementaciones a gran escala en el sector de telecomunicaciones. [9]

Se realizó un análisis técnico y económico enfocado en optimizar componentes y diseño a gran escala., contemplando mejoras como la compra de materiales al por mayor, sensores más precisos detallado en el cuadro II. Se planea desarrollar una interfaz móvil profesional para visualización y análisis en tiempo real, lo que facilitaría su adopción por empresas de telecomunicaciones y mantenimiento de redes. [10] El

Cuadro II
COMPONENTES MEJORADOS Y COSTO ESTIMADO

Componentes Mejorados	Razón	Costo
ESP32-WROOM-32	Menor consumo	\$20-50
Sensor de corriente SCT-013	Más preciso	\$3-5
Sensor de Humedad y Temperatura SHT31	Alta precisión	\$4-6
Sistema de energía solar	Autónomo y Renovable	\$20-40
Carcasa de acrílico	Más resistente	\$6-10
Cableado	Mayor protección	\$5-10
App Automatizada	Mejor servicio	\$1000 (única)
Total		\$68-131

sistema propuesto resulta más económico que los sistemas de monitoreo convencionales, que superan los \$400 por unidad [11]. La inversión en la aplicación móvil se amortiza con la producción masiva, y los componentes electrónicos bajan de precio al comprarse en lotes, permitiendo un costo por unidad entre \$68 y \$131. Este ahorro de más del 65 % no compromete la funcionalidad, ya que el sistema ofrece monitoreo continuo, almacenamiento local, comunicación inalámbrica e interfaz intuitiva, con un diseño modular y escalable apto para entornos urbanos y remotos. [12]

IV. CONCLUSIONES

El desarrollo de este prototipo es una contribución significativa al monitoreo inteligente de cables coaxiales, al ofrecer una alternativa económica, modular y automatizada frente a los métodos tradicionales. Su diseño permite detectar fallas eléctricas, térmicas y mecánicas mediante los sensores integrados, visualizando los datos en tiempo real a través de una aplicación móvil, convirtiéndose en una solución relevante para empresas del sector de telecomunicaciones, sobre todo cuando el acceso a equipos sofisticados como analizadores de red o personal técnico capacitado es limitado.

El sistema se caracteriza por su bajo costo, autonomía energética y capacidad de detección preventiva de fallas. Su diseño compacto e interfaz amigable facilitan su implementación sin infraestructura compleja. Aunque requiere calibración precisa, buena conectividad y validación en entornos extremos, tiene alto potencial en países en desarrollo. En Panamá, donde los cables coaxiales son esenciales, representa una solución moderna y eficiente para mejorar el mantenimiento de redes y beneficiar a la sociedad.

REFERENCIAS

- [1] Tigo Panamá. (2025, Jun.) Cómo funciona el internet desde su origen hasta tu hogar. [Online]. Available: <https://ayuda.tigo.com.pa/hc/es/articles/35992945354899--Cmo-funciona-el-internet-desde-su-origen-hasta-tu-hogar>
- [2] Sistecom Panamá. Empresa – sistecom panamá. [Online]. Available: <https://sistecompanama.com/empresa.html>
- [3] Redacción, nacion.pa@epasa.com, and @panamaamerica, “Preocupa sabotaje a servicios de internet, tv y telefonía,” *Panamá América*, Dec. 2020. [Online]. Available: <https://www.panamaamerica.com.pa/sociedad/preocupa-sabotaje-servicios-internet-tv-telefonía-1178008>
- [4] Megger. Cable fault location testing and diagnostics – cable test van. Megger. [Online]. Available: <https://www.megger.com/es/type/cable-fault-location-testing-and-diagnostics/cable-test-van>
- [5] A. Rodríguez, “Sistema de detección y localización de fallas en cables de potencia mediante el método tdr,” Ph.D. dissertation, Universidad Tecnológica de Pereira, 2017. [Online]. Available: <https://repositorio.utp.edu.co/entities/publication/680a84e5-e6f1-454c-b6f5-68f00ed3475b>
- [6] P. Porfirí and R. Cortegoso, “Detección, análisis y prevención de fallas en cables subterráneos: técnicas unidas de descargas parciales – very low frequency – microscopia digital 3d – rayos x,” in *II SIMSE CIER2009 – Bogotá, Colombia*. Inducor Ingeniería S.A., 2009.
- [7] B. O. J. Esteban, “Análisis de estrategia de detección de fallas incipientes para redes de distribución con cables subterráneos basada en similitudes de voltaje,” Ph.D. dissertation, Universidad Tecnológica de Pereira, 2024. [Online]. Available: <https://repositorio.utp.edu.co/entities/publication/680a84e5-e6f1-454c-b6f5-68f00ed3475b>
- [8] LibreTexts Physics and Bowdoin College. Resistivity and resistance. [Online]. Available: https://phys.libretexts.org/Courses/Bowdoin_College/Phys1140%3A_Introductory_Physics_II%3A_Part_1/04%3A_Current_and_Resistance/4.04%3A_Resistivity_and_Resistance
- [9] Electrocomponentes Panamá. Distribuidor de partes electrónicas. [Online]. Available: <https://www.electrocomponentes.com.pa>
- [10] SparkFun Electronics, “Electronic components and sensors,” <https://www.sparkfun.com/sparkfun-current-sensor-breakout-ac723.html>, accessed: [Fecha de acceso, e.g., 2025-07-10].
- [11] DFRobot, “Open source hardware iot components,” <https://www.dfrobot.com>, accessed: [Fecha de acceso, e.g., 2025-07-10].
- [12] Digi-Key Electronics, “Electronics distributor and technical resources,” <https://www.digikey.com>, accessed: [Fecha de acceso, e.g., 2025-07-10].