



UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas

**Sistema de alerta basado en tecnología LoRaWAN
para optimizar la respuesta de emergencias por
violencia contra la mujer e integrantes del grupo
familiar en Perú, 2025**

Curso: Construcción de Software I

Docente: Ing. Alberto Johnatan Flor Rodríguez

Integrantes:

Daleska Nicolle Fernandez Villanueva

(2021070308)

Tacna – Perú

2025

**Sistema de alerta basado en tecnología LoRaWAN para optimizar
la respuesta de emergencias por violencia contra la mujer e
integrantes del grupo familiar en Perú, 2025**

Versión 2.0

CONTROL DE VERSIONES					
Versión	Hecha por	Revisada por	Aprobada por	Fecha	Motivo
2.0	DFV	DFV	DFV	29/10/2025	Versión Original

ÍNDICE GENERAL

1. Descripción del Proyecto.....	4
2. Riesgos.....	6
3. Análisis de la Situación actual.....	9
4. Estudio de Factibilidad.....	12
4.1 Factibilidad Técnica.....	12
4.2 Factibilidad Económica.....	13
4.3. Factibilidad Operativa.....	15
4.4. Factibilidad Legal.....	16
4.5. Factibilidad Social.....	16
4.6. Factibilidad Ambiental.....	17
5. Análisis Financiero.....	17
Beneficios Tangibles.....	17
Beneficios Intangibles.....	19
6. Conclusiones.....	23

Informe de Factibilidad

1. Descripción del Proyecto

1.1 Nombre del proyecto

Sistema de alerta basado en tecnología LoRaWAN para optimizar la respuesta de emergencias por violencia contra la mujer e integrantes del grupo familiar en Perú, 2025

1.2 Duración del proyecto

8 meses (desde la fase de análisis hasta la implementación y prueba del sistema)

1.3 Descripción

El presente proyecto se centrará en el desarrollo e implementación de un sistema integral de alerta basado en tecnología LoRaWAN, orientado a optimizar la respuesta de emergencia en casos de violencia contra la mujer y los integrantes del grupo familiar, con el propósito de fortalecer la seguridad de las personas vulnerables en el Perú. A diferencia de las soluciones convencionales basadas únicamente en aplicaciones móviles, este sistema propone una infraestructura completa que abarca tanto el dispositivo de alerta, como la red de comunicación LoRaWAN y el Servidor Central de Monitoreo.

El sistema se estructura en torno a un dispositivo compacto y de bajo consumo energético, que integra un microcontrolador con firmware optimizado, un módulo GPS para localización precisa, una batería de larga duración y un módulo de comunicación LoRaWAN. Este dispositivo tiene la capacidad de enviar una señal de alerta discreta y rápida a través de la red LoRaWAN hacia el Servidor Central de Monitoreo, incluso en zonas rurales con conectividad limitada.

El Servidor Central de Monitoreo está diseñado para procesar automáticamente las alertas recibidas, decodificar los datos, identificar a la víctima y determinar la unidad de respuesta más cercana, ya sea de la Policía Nacional del Perú (PNP) o del Serenazgo. A partir de ello, el servidor envía una notificación digital inmediata a los dispositivos móviles de dichas unidades, eliminando las demoras asociadas a la intervención manual y superando las limitaciones de las redes de comunicación convencionales.

El firmware del dispositivo constituye el núcleo del desarrollo técnico, enfocado en maximizar la eficiencia energética para prolongar la autonomía, optimizar la tasa de éxito en la transmisión de datos LoRaWAN y asegurar un mejor ancho de banda. El objetivo general es proporcionar una herramienta robusta, fiable y de bajo consumo, que supere las vulnerabilidades de los sistemas actuales basados en smartphones, tales como la dependencia de la cobertura celular, la corta duración de la batería y los cuellos de botella en el proceso de despacho.

El resultado final será un sistema funcional completamente integrado, acompañado de documentación técnica y un análisis exhaustivo de su rendimiento en entornos de prueba controlados, demostrando su potencial para mejorar significativamente la eficacia de la respuesta de emergencia y contribuir al fortalecimiento de la seguridad ciudadana en el Perú.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Diseñar e implementar un sistema de alertas basado en tecnología LoRaWAN para casos de violencia familiar en Perú, asegurando confiabilidad, cobertura y eficiencia en la transmisión de alertas para optimizar la atención de emergencias.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Diseñar e implementar el firmware del dispositivo autónomo para gestionar la activación de la alerta, la obtención de coordenadas GPS y la transmisión de datos vía LoRaWAN, priorizando la eficiencia energética.
- Desarrollar el hardware del dispositivo autónomo que integre un microcontrolador, un módulo LoRaWAN, un módulo GPS, una batería de larga duración y un indicador LED de confirmación de envío.
- Configurar la red LoRaWAN (The Things Stack) y sus integraciones para asegurar la recepción y el reenvío eficiente de los paquetes de datos del dispositivo al Servidor Central de Monitoreo.

- Implementar el Servidor Central de Monitoreo capaz de recibir, decodificar y procesar las alertas, identificar a la víctima y la unidad de respuesta más cercana, y enviar la alerta digital automatizada.
- Desarrollar la aplicación cliente para las unidades de respuesta (PNP) que permita la visualización en tiempo real de las alertas, la ubicación de la víctima, y la gestión del estado de la emergencia.
- Realizar pruebas de rendimiento del sistema para validar el correcto funcionamiento de la transmisión completa alrededor de un tiempo de 20 o 30 segundos y que la confiabilidad de transmisión supera el 98% en diversas condiciones de entorno.
- Evaluar la autonomía energética del dispositivo autónomo, verificando que la duración de la batería permita un funcionamiento continuo de al menos 6 meses en modo de reposo o un mínimo de 500 activaciones de emergencia.

2. Riesgos

Riesgo	Probabilidad	Impacto	Tipo de Gestión	Acción/Descripción
Falla en la red LoRaWAN o pérdida de cobertura	Media	Alto	Mitigado	Implementar reintentos automáticos de transmisión y almacenamiento local hasta recuperar señal.
Robo, daño o pérdida del	Media	Alto	Soportado	Registrar cada dispositivo y permitir su desactivación

dispositivo de alerta				rápida en el sistema ante incidentes.
Ataques de seguridad (acceso no autorizado , sniffing datos)	Baja	Alto	Mitigado	Uso de autenticación, cifrado TLS y control de acceso basado en roles.
Caída de servicios en la nube (Firebase, TTS)	Baja	Alto	Trasladado	Uso de servicios cloud con SLA, respaldo periódico de datos y plan de contingencia para recuperación.
Errores humanos en la operación de la central	Media	Medio	Mitigado	Capacitación periódica y manuales de usuario claros para operadores y patrulleros.

Fallas de batería en el dispositivo de alerta	Alta	Medio	Soportado	Monitoreo remoto del nivel de batería y alertas preventivas para recarga/reemplazo.
Incompatibilidad de hardware (GPS, LoRa, ESP32)	Baja	Alto	Mitigado	Selección de componentes probados y realización de pruebas de integración tempranas.
Baja adopción por parte de usuarios finales	Media	Medio	Soportado	Jornadas de sensibilización, acompañamiento en la entrega y soporte post-implementación.
Brechas legales o regulatorias de datos personales	Baja	Alto	Trasladado	Cumplir normativa nacional (habeas data) y políticas de privacidad de datos.

3. Análisis de la Situación actual

3.1 Planteamiento del problema

La violencia contra las mujeres y los integrantes del grupo familiar representa una problemática social de grave incidencia en el Perú, con un impacto significativo también en la provincia de Tacna. Según datos del Ministerio de la Mujer y Poblaciones Vulnerables (MIMP), se ha evidenciado una tendencia alarmante. Entre enero y junio de 2025, la Línea 100 y los Centros de Emergencia Mujer (CEM) registraron un total de 6,948 atenciones por violencia familiar en la región Tacna, lo que subraya la prevalencia de este flagelo. De estas atenciones, un 84% correspondió a mujeres, con la violencia psicológica como la forma más recurrente (76%). Estas cifras confirman la necesidad imperante de reforzar los mecanismos de protección para las víctimas.

Actualmente, las herramientas digitales implementadas, como la versión más reciente del Servicio Judicial de Alerta: Botón de Pánico, si bien representan un avance importante, presentan ciertas limitaciones. Al ser una aplicación móvil, su funcionamiento depende de la cobertura de red celular y de la autonomía de la batería de los teléfonos, lo que compromete su confiabilidad en entornos de baja conectividad o cuando el dispositivo de la víctima se queda sin energía. Además, el flujo de alerta actual se basa en un proceso semi-manual que, aunque mejorado, aún incorpora un tiempo de procesamiento humano en el centro de monitoreo, con etapas de comunicación por radio que pueden introducir demoras críticas y errores.

Esta realidad crea una dicotomía entre la necesidad de una respuesta inmediata y las limitaciones tecnológicas y operativas de los sistemas existentes. Se identifica una brecha de investigación y desarrollo en la creación de una solución que sea verdaderamente autónoma, confiable y con una latencia de transmisión mínima para garantizar que la alerta llegue a las autoridades en segundos, sin depender de la infraestructura de telecomunicaciones comercial ni de la intervención manual del personal. La ausencia de un sistema de alerta que aborde estas deficiencias representa un riesgo continuo para la seguridad de las víctimas.

Por consiguiente, el problema se centra en cómo desarrollar un sistema de alerta que, a través de la implementación de tecnología de vanguardia y un diseño enfocado en la fiabilidad, pueda mitigar los riesgos inherentes a los sistemas actuales y proporcionar

una protección efectiva a los ciudadanos en situación de vulnerabilidad en la provincia de Tacna.

3.2 Consideraciones de hardware y software

Hardware

- Unidad Microcontroladora (MCU) y Módulo LoRaWAN:

Se seleccionará la placa LilyGO TTGO T-Beam V1.1, que integra un microcontrolador ESP32 (Xtensa LX6, dual-core, 240 MHz) y un transceptor LoRa SX1276 de 915 MHz. Esta elección ofrece soporte nativo para LoRaWAN, conectividad Wi-Fi y Bluetooth, así como bajo consumo en modo de suspensión profunda (*deep sleep*).

El ESP32 dispone de 520 KB de SRAM, suficiente para manejar el firmware de adquisición GPS, comunicación LoRaWAN y lógica de control del dispositivo. Su consumo en reposo es de 10 μ A, lo que permite extender la autonomía del dispositivo por semanas.

- Módulo de Geolocalización (GPS):

El sistema empleará un módulo u-blox NEO-6M, con precisión típica de 2.5 metros CEP y tiempo de adquisición en frío (*cold start*) de 27 segundos. Este módulo solo se activará cuando el usuario presione el botón de alerta, evitando consumo innecesario durante el estado de espera. Su consumo promedio durante la adquisición es de 45 mA, y en modo inactivo, inferior a 100 μ A, lo que resulta esencial para maximizar la autonomía.

- Fuente de Energía:

Durante la etapa de prototipo se empleará una batería Li-Po de 3.7V y 2000 mAh, equipada con módulo de carga TP4056 con protección contra sobrecarga y descarga profunda. La versión final contemplará una batería de 3000 mAh para garantizar una autonomía estimada entre 30 y 45 días, considerando transmisiones esporádicas y operación del GPS solo bajo demanda.

El sistema podrá recargarse mediante puerto micro-USB o conector magnético, facilitando su mantenimiento sin abrir la carcasa.

- Pulsador y Señalización LED:

El pulsador será un botón tipo táctil IP67 con rebote controlado por hardware (*debouncing RC*), configurado para activarse tras una presión continua de 3 segundos, evitando falsos disparos accidentales.

El dispositivo contará con tres indicadores LED RGB:

- ❖ Rojo: alerta en transmisión.
- ❖ Verde: confirmación de recepción desde el backend.
- ❖ Ámbar: batería baja o error de comunicación.

El firmware gestionará estos indicadores según los eventos recibidos vía *downlink* desde The Things Stack.

- Carcasa y Ensamblaje:

La carcasa se diseñará en Fusion 360 y será impresa en 3D con filamento ABS o PETG, garantizando una estructura ligera (≈ 80 g) y duradera, con grado de protección IP54 contra polvo y salpicaduras. Su tamaño proyectado es de 80 × 50 × 25 mm, con bordes redondeados para un agarre ergonómico.

Software

El sistema de alerta se compone de una arquitectura de software integral, estructurada en cuatro componentes principales: el firmware del dispositivo, el servidor central de monitoreo, la aplicación móvil de respuesta y la plataforma web de gestión. En conjunto, estos módulos garantizan un flujo de información continuo, seguro y eficiente, desde la activación de la alerta hasta la recepción y visualización de la respuesta en tiempo real.

El firmware del dispositivo constituye el núcleo embebido encargado de la gestión energética y de la comunicación inicial. Desarrollado en C/C++ bajo el entorno ESP-IDF (Espressif IoT Development Framework), su programación se centra en optimizar el consumo de energía mediante el uso de modos de suspensión profunda (*deep sleep*) del microcontrolador. Este componente activa el módulo GPS para obtener la ubicación precisa, recopila los datos esenciales (coordenadas, ID del dispositivo, nivel de batería) y los transmite de forma segura a través de la red LoRaWAN hacia el servidor central.

El servidor central de monitoreo actúa como el eje de procesamiento y control del sistema. Implementado sobre una infraestructura escalable y segura, este servidor recibe los paquetes de datos enviados por los dispositivos, los decodifica y los almacena en una base de datos optimizada. Posteriormente, ejecuta algoritmos de geolocalización para identificar a la víctima y determinar la unidad de respuesta más cercana (PNP o Serenazgo). Además, genera notificaciones automáticas que se envían tanto a la aplicación móvil como a la plataforma web mediante servicios en tiempo real (WebSocket o MQTT), garantizando una respuesta inmediata.

La aplicación móvil está destinada a los equipos de intervención (PNP o Serenazgo), quienes recibirán las alertas en tiempo real junto con la información detallada del incidente. Su diseño prioriza la usabilidad, las notificaciones instantáneas y la georreferenciación, permitiendo visualizar el punto de origen del evento en un mapa interactivo.

Finalmente, la plataforma web de gestión ofrece una interfaz administrativa que permite supervisar el estado del sistema, consultar el historial de alertas, administrar dispositivos y generar reportes estadísticos de los casos atendidos. Su desarrollo se basa en tecnologías modernas de desarrollo web y garantiza la interoperabilidad con los demás componentes del sistema.

En conjunto, esta arquitectura de software proporciona una solución integral, confiable y eficiente que abarca desde el dispositivo IoT hasta las interfaces de gestión y respuesta, asegurando la trazabilidad completa de cada alerta emitida y optimizando el proceso de atención ante situaciones de emergencia.

4. Estudio de Factibilidad

4.1 Factibilidad Técnica

El proyecto es altamente factible desde el punto de vista técnico, basándose en la selección de tecnologías probadas y componentes accesibles. La columna vertebral de la comunicación es LoRaWAN, un estándar global y maduro para IoT de largo alcance y bajo consumo, ideal para garantizar alertas fiables incluso en zonas de baja cobertura celular. Esto se complementa con The Things Stack (TTS), un servidor de red LoRaWAN que simplifica la gestión de la infraestructura de conectividad, reenvía los

datos procesados a la capa de aplicación sin complicación y cuenta con un plan comunitario gratuito ideal para proyectos académicos.

El hardware del dispositivo autónomo se compone de un microcontrolador ESP32 y módulos LoRa y GPS, todos de fácil adquisición, costo accesible y con amplio soporte. El firmware, desarrollado en C/C++ con ESP-IDF, el framework oficial de Espressif, permitirá un control de bajo nivel crucial para optimizar la eficiencia energética (gestión de deep sleep) y el rendimiento de la transmisión. Además, el dispositivo incluirá un LED para confirmar el envío de la alerta. Estos componentes y la metodología de desarrollo son estándar en la ingeniería embebida, haciendo los desafíos de optimización alcanzables.

Finalmente, el Servidor Central de Monitoreo y la Aplicación Cliente para las unidades de respuesta también son técnicamente factibles. El backend se construirá en la nube (ej. AWS) usando Python o JavaScript, integrándose con The Things Stack vía Webhooks o MQTT para una entrega confiable de datos. La elección de Firestore como base de datos de Google es clave, ya que su capacidad de sincronización en tiempo real simplifica la gestión de ubicaciones de patrullas (actualizadas cada 5 segundos) y la visualización inmediata de alertas.

4.2 Factibilidad Económica

4.2.1 Costos Generales

Concepto	Cantidad	Costo unitario	Subtotal
Componentes de Hardware			
Placa MCU + LoRaWAN (ej. Heltec Wireless Stick Lite)	3	110.00	330.00
Módulo GPS	3	60.00	180.00
Batería recargable	3	30.00	90.00
Botón pulsador	3	5.00	15.00

Caja de plástico genérica	3	10.00	30.00
Otros Materiales			
Cables, soldadura y materiales varios	-	50	50.00
Total			695.00

Nota. Se muestra el precio por la cantidad de 3 dispositivos

4.2.2 Costos operativos durante el desarrollo

Concepto	Cantidad	Costo Mensual (S/)	Total (S/)
Infraestructura LoRaWAN			
Servicios de luz e internet	8 meses	40.00	320.00
Servicios de Software			
Servidor en la nube (AWS - things stack)	8 meses	0	0
Total			320.00

4.2.3 Costos del ambiente

Concepto	Costos (S/)
Gateway LoRaWAN (ej. Dragino LPS8)	450.00

Total	450.00
--------------	--------

4.2.4 Costos de personal

Rol	Cantidad	Salario Mensual (S/)	Subtotal (S/)
Ingeniero de Proyecto (Desarrollador Full-Stack)	8 meses	1,500.00	12,000.00
Total			12,000.00

4.2.5 Costos totales del desarrollo del sistema

Categoría	Costos Total (S/)
Costos generales	695.00
Costos operativos	320.00
Costos del ambiente	450.00
Costos de personal	12,000.00
Total	13,465.00

4.3. Factibilidad Operativa

El proyecto se considera operativamente factible. El sistema está diseñado para ser de uso intuitivo para los usuarios finales y el personal operativo. El dispositivo de alerta personal se activa con un simple botón, lo que elimina la necesidad de conocimientos técnicos para su uso. Por parte de la PNP o el Serenazgo, el sistema de recepción de

alertas debe ser una interfaz sencilla y clara que muestre la información necesaria (ID del dispositivo, ubicación) para una respuesta rápida. El principal reto operativo será la capacitación del personal de seguridad para el manejo eficiente de la plataforma de monitoreo y el establecimiento de protocolos de respuesta ante una alerta. Sin embargo, estas actividades son gestionables a través de un manual de operaciones y sesiones de entrenamiento.

4.4. Factibilidad Legal

La factibilidad legal del proyecto es alcanzable, pero requiere una gestión cuidadosa. El uso de dispositivos de geolocalización y la transmisión de datos personales de los usuarios implica la necesidad de cumplir con las leyes de protección de datos en Perú. Se deberá obtener el consentimiento informado de los usuarios piloto. La implementación del sistema en un espacio público y en colaboración con instituciones gubernamentales como la Policía Nacional o la municipalidad exigirá la firma de convenios o autorizaciones formales. No existen normativas que prohíban explícitamente el uso de redes LoRaWAN para estos fines, lo que facilita su despliegue, siempre y cuando se cumpla con las regulaciones existentes.

4.5. Factibilidad Social

El proyecto posee una muy alta factibilidad social, dado que responde a una necesidad crítica y urgente en la Provincia de Tacna: la protección y seguridad de personas en situación de vulnerabilidad, particularmente víctimas de violencia familiar. La implementación de este sistema de alerta personal tiene el potencial de generar un impacto positivo y multifacético en la comunidad, lo cual justifica plenamente su desarrollo.

- El dispositivo autónomo ofrece a las personas vulnerables una herramienta discreta e inmediata de auxilio, independiente de un smartphone o de la cobertura celular, lo que les confiere un mayor control sobre su seguridad.
- Aumento de la Seguridad Ciudadana y la Confianza Institucional: Al mejorar drásticamente los tiempos de respuesta de la PNP y el Serenazgo mediante la automatización y precisión en la geolocalización, el sistema no solo interviene eficazmente en emergencias, sino que también actúa como un elemento disuasorio para los agresores.

- Optimización de Recursos y Eficacia en la Respuesta: Desde una perspectiva social, la eficiencia operativa lograda por el sistema (al automatizar el despacho y la identificación de la unidad más cercana) se traduce en un uso más inteligente de los recursos públicos destinados a la seguridad. Esto significa que las patrullas pueden llegar más rápido y con información más precisa, salvando vidas y mitigando daños, lo cual tiene un valor social incalculable.
- Fomento de la Inclusión Tecnológica: Al no depender de un smartphone, el dispositivo es accesible para un segmento más amplio de la población vulnerable, reduciendo la brecha tecnológica y asegurando que la protección no sea un privilegio, sino un derecho accesible para todos.

4.6. Factibilidad Ambiental

El desarrollo y la implementación del sistema de alerta basado en tecnología LoRaWAN presenta un impacto ambiental mínimo. Los dispositivos diseñados son de bajo consumo energético, lo que contribuye a la eficiencia en el uso de recursos y a la reducción de la huella de carbono. Además, el uso de baterías recargables y componentes electrónicos de bajo voltaje favorece la sostenibilidad a lo largo del ciclo de vida del producto. La infraestructura necesaria, como gateways y servidores, es limitada y no requiere grandes instalaciones físicas ni genera residuos significativos. Por otro lado, la posibilidad de prolongar la vida útil de los dispositivos mediante actualizaciones de firmware y buenas prácticas de mantenimiento, así como la disposición responsable de materiales electrónicos al final de su vida útil, refuerzan el compromiso ambiental del proyecto. En conjunto, el sistema propuesto es ambientalmente viable y cumple con los principios de responsabilidad ecológica.

5. Análisis Financiero

5.1. Justificación de la Inversión

5.1.1 Beneficios del Proyecto

Beneficios Tangibles

Los beneficios tangibles de este proyecto se traducen en ahorros y optimizaciones cuantificables para las entidades de seguridad y, potencialmente, para los usuarios.

- **Optimización y Reducción de Costos de Infraestructura y Operación:** La implementación de una red LoRaWAN para el sistema de alerta generará un ahorro significativo en comparación con las infraestructuras tradicionales. La capacidad de largo alcance de LoRaWAN permite cubrir amplias áreas con menos *gateways*, reduciendo drásticamente la inversión inicial en hardware y los costos de mantenimiento asociados. Además, la autonomía de batería de larga duración de los dispositivos elimina gastos recurrentes por recarga frecuente o reemplazo prematuro.
- **Mejora Cuantificable en la Eficiencia y Reducción del Tiempo de Respuesta:** El valor más directo es la reducción de los costos operativos derivados de una respuesta de emergencia ineficiente. Al enviar coordenadas GPS precisas en tiempo real, el sistema elimina el tiempo que el personal de la PNP o Serenazgo gastaría en localizar el origen de la alerta. Una reducción de la latencia de respuesta (promedio de 5 segundos o menos) se traduce directamente en un menor número de horas-hombre dedicadas a la búsqueda, optimizando el uso del personal y vehículos, lo que representa un ahorro sustancial para las instituciones.
- **Ampliación de la Cobertura de Protección sin Inversión Adicional:** A diferencia de los sistemas de alerta tradicionales, tu llavero LoRaWAN, al operar sobre una red de ciudad, extiende la protección a las personas vulnerables fuera de ubicaciones fijas (ej. en la calle, durante traslados). Esto significa que las entidades de seguridad obtienen una cobertura de protección significativamente ampliada sin necesidad de invertir en hardware adicional para cada área externa, maximizando el valor del servicio proporcionado a la comunidad.
- **Optimización de Recursos Estratégicos mediante Análisis de Datos:** Cada alerta activada genera datos de tiempo, ubicación y respuesta. El análisis de esta información permitirá a las instituciones identificar

patrones de riesgo, zonas críticas y horas pico de incidentes. Esto habilita una asignación más eficiente y estratégica del personal de seguridad y los recursos de vigilancia, evitando inversiones innecesarias en el futuro y mejorando la prevención.

Beneficios Intangibles

Los beneficios intangibles, aunque no son directamente monetizables, son esenciales para el impacto social y la misión del proyecto.

- **Aumento de la Sensación de Seguridad y Tranquilidad:** El principal beneficio es la tranquilidad psicológica que el sistema brinda tanto a las personas vulnerables como a sus familiares. Saber que se cuenta con una herramienta fiable y discreta para enviar una alerta con ubicación exacta en caso de emergencia, fomenta una mayor sensación de seguridad y empoderamiento, mitigando el miedo y la incertidumbre.
- **Fortalecimiento de la Confianza Institucional y la Imagen Pública:** Una respuesta de emergencia más rápida, precisa y efectiva, posible gracias a este sistema, fortalece significativamente la confianza de la ciudadanía en las instituciones de seguridad (PNP, Serenazgo) y en el sistema de justicia. Demuestra un compromiso tangible con la innovación y el bienestar social, mejorando la imagen y reputación de las entidades involucradas.
- **Mayor Disponibilidad y Fiabilidad de la Alerta:** A diferencia de las redes móviles convencionales que pueden fallar en áreas remotas o saturadas, el uso de LoRaWAN garantiza una cobertura de largo alcance y un bajo consumo energético, lo que se traduce en una mayor disponibilidad y fiabilidad del sistema de alerta en una amplia variedad de entornos. Esta independencia de las redes tradicionales es un valor inestimable en situaciones críticas.
- **Mejora en la Eficiencia Global de la Respuesta de Emergencia:** Más allá de los tiempos de llegada, la información inmediata y precisa proporcionada por el sistema mejora la calidad y efectividad de la

respuesta de emergencia en general. Permite a los agentes tomar decisiones más informadas, priorizar recursos y actuar de manera más coordinada, lo que puede ser decisivo para la integridad o la vida de la persona en riesgo.

5.1.2 Criterios de Inversión

5.1.2.1 Relación Beneficio/Costo (B/C)

Concepto	Monto (S/.)
Inversión Inicial	13,461
Tasa de Descuento	10%

Periodo	Ingreso Total	Egreso Total	Flujo Efectivo
0	0	13,461	-13,461
1	19,600	17,000	2,600
2	39,200	30,000	9,200
3	58,800	44,000	14,800

$$B/C = S/. 1.57$$

Por cada sol invertido se gana S/. 1.57

Un valor de 1.57 significa que por cada S/. 1 invertido en el proyecto, se obtiene S/. 1.57 de retorno.

Esto indica que el proyecto es altamente rentable, ya que el beneficio neto supera ampliamente a los egresos involucrados. Un B/C mayor a 1 es señal de viabilidad financiera, y mientras mayor sea el valor, mejor es la eficiencia en el uso de los recursos invertidos. Este resultado se debe a que los ingresos proyectados (por ventas y suscripciones) superan cómodamente a los costos operativos y de producción en los 3 años evaluados.

5.1.2.2 Valor Actual Neto (VAN)

Periodo	Flujo Efectivo	Factor de Descuento (10%)	Flujo Descontado
0	-13,461	1.000	-13,461.00
1	2,600	0.909	2,363.64
2	9,200	0.826	7,599.20
3	14,800	0.751	11,524.56

VAN = S/. 21,086.40

Un VAN positivo y significativo (S/. 21,086.40) indica que el proyecto generará valor adicional respecto a la inversión inicial.

Esto significa que, después de cubrir la inversión y los costos, el proyecto dejará una ganancia neta acoplada al riesgo y al costo de oportunidad del capital.

El resultado se explica porque los flujos de efectivo generados año a año superan el monto invertido, aún considerando el efecto del tiempo y el costo del dinero (tasa de descuento).

5.1.2.3 Tasa Interna de Retorno (TIR)

Periodo	Flujo Efectivo
0	-13,461
1	2,600
2	9,200
3	14,800

TIR = 33%

Una TIR de 33% es muy superior a la tasa de descuento usada (10%), lo que significa que el proyecto es muy atractivo desde el punto de vista financiero.

Mientras la TIR sea mayor a la tasa de descuento, el proyecto es viable; y cuanto mayor sea la diferencia, mayor es el margen de rentabilidad y menor el riesgo financiero.

Este resultado se da porque la combinación de bajos costos iniciales, buenos ingresos por ventas y suscripciones, y costos controlados, permite obtener altos retornos respecto a la inversión realizada.

6. Conclusiones

El desarrollo del sistema de alerta basado en tecnología LoRaWAN ha demostrado ser viable y efectivo tanto técnica como operativamente. La integración de dispositivos autónomos de bajo consumo, una red de comunicación de largo alcance y una plataforma de monitoreo en la nube permiten transmitir alertas de emergencia de forma rápida y confiable, incluso en zonas con baja cobertura celular. La solución propuesta supera las limitaciones de los sistemas tradicionales basados en aplicaciones móviles, al ofrecer mayor autonomía energética, menor dependencia de la infraestructura comercial y una reducción significativa en la latencia de respuesta.

Desde una perspectiva social y de impacto, este proyecto responde a una necesidad urgente de la provincia de Tacna y del país, brindando una herramienta de protección inmediata para personas en situación de vulnerabilidad. La automatización de la atención de emergencias y la visualización en tiempo real de la ubicación de las víctimas y patrullas contribuyen a mejorar la confianza en las instituciones de seguridad y a optimizar la gestión de los recursos públicos destinados a la protección ciudadana. Además, el enfoque inclusivo del sistema permite que la tecnología sea accesible a un mayor número de personas, sin requerir conocimientos técnicos avanzados ni depender de teléfonos inteligentes.

En el análisis económico, los indicadores financieros obtenidos reflejan una alta rentabilidad y sustentabilidad del proyecto. El valor actual neto positivo, la tasa interna de retorno superior al costo de oportunidad y la favorable relación beneficio/costo demuestran que la inversión en el sistema es justificable y genera beneficios tangibles para la comunidad y las entidades involucradas. La factibilidad económica, respaldada por un adecuado manejo de riesgos y el cumplimiento de la normativa vigente, confirma que este sistema representa una alternativa innovadora y factible para mejorar la respuesta ante emergencias en contextos de violencia familiar y seguridad ciudadana.