

PLAN DE NEGOCIO
2026

DATOS REALES.
DECISIONES MEJORES.
UN AMBIENTE MÁS FUERTE.

ECHO

ENVIRONMENTAL CONNECTIVITY &
HOLISTIC OBSERVATION



TECNOLOGÍA
·
NATURALEZA
·
· COMUNIDADES

REPÚBLICA DE PANAMÁ
MINISTERIO DE EDUCACIÓN
DIRECCIÓN REGIONAL DE EDUCACIÓN DE HERRERA
CONCURSO NACIONAL DE EMPRENDIMIENTO JUVENIL 2026
SOYUZ BILINGUAL SCHOOL

PLAN DE NEGOCIO
ECHO: INTELIGENCIA AMBIENTAL EN TIEMPO REAL

INTEGRANTES:

- Ana García 7-716-875
- Roberth González 6-730-222
- Mariángel Peters 7-716-494
- Rolando Mendoza 8-1074-2030

BACHILLERATO Y GRADO:

Bachiller en Ciencias — 12.º Grado A

DOCENTE ASESOR:

Prof. Yaritsel A. Pérez

LUGAR Y FECHA:

Chitré, Herrera, Panamá — Septiembre de 2026

Índice

INTRODUCCIÓN.....	4
ANTECEDENTES.....	8
Justificación del Proyecto.....	12
IDEA DE NEGOCIO.....	18
Objetivo General.....	18
Objetivos Específicos.....	18
NUESTRA SOLUCIÓN: ECHO.....	19
Variables Ambientales Medibles.....	21
Modelos de Estación.....	23
ANÁLISIS DE MERCADO.....	27
Clientes y Usuarios.....	27
Tamaño de Mercado: TAM, SAM, SOM.....	29
Competencia y Ventaja Competitiva.....	33
ESTRATEGIAS DE MERCADEO.....	36
Propuesta de Valor.....	36
Canales y Relación con Clientes.....	36
Planes y Suscripciones.....	36
ESTUDIO TÉCNICO Y ADMINISTRATIVO.....	40
Arquitectura Tecnológica.....	40
Inteligencia Artificial.....	43
La Red ECHO.....	45
Plataforma Web, Dashboard y Alertas.....	48
Caso Piloto: Río La Villa.....	51
Equipo y Funciones.....	53
Aliados Clave.....	54
REQUISITOS LEGALES.....	55
Marco Legal Aplicable.....	55
Aspectos Éticos.....	55
Protección de Datos y Ciberseguridad.....	56
Permisos y Autorizaciones.....	56
MODELO FINANCIERO.....	58
Modelo de Negocio.....	58
Estructura de Costos.....	60
Planes y Suscripciones.....	63
Actividades Clave y Recursos.....	64
CONCLUSIONES.....	66
RECOMENDACIONES.....	68
Referencias.....	70

INTRODUCCIÓN

El ambiente se encuentra en constante cambio. La lluvia puede modificar el nivel y el caudal de los ríos, la temperatura y la humedad influyen en las condiciones del suelo, y las actividades humanas pueden generar variaciones en la calidad del agua y del aire. En Panamá, particularmente en la región de Azuero, estas variables se encuentran estrechamente relacionadas con los ecosistemas, las actividades productivas y las comunidades. Comprender estos cambios requiere más que observar el ambiente de manera ocasional: requiere información que permita conocer cómo evolucionan las condiciones a lo largo del tiempo.

Una medición aislada permite conocer el estado de una variable en un momento específico, pero una secuencia de datos permite comparar resultados, reconocer tendencias e identificar comportamientos que se alejen de lo habitual. Sin embargo, la información ambiental puede encontrarse dispersa, obtenerse únicamente en determinados momentos o requerir conocimientos técnicos para su interpretación. Esto crea una oportunidad para desarrollar herramientas que no solo recopilen datos, sino que también permitan organizarlos, relacionarlos y presentarlos de una manera más clara y accesible.

A partir de esta necesidad nace ECHO, una plataforma modular de inteligencia ambiental compuesta por estaciones físicas conectadas. Su propuesta integra sensores, conectividad, almacenamiento de datos, una plataforma web e inteligencia artificial para convertir mediciones ambientales en información útil. La idea no consiste únicamente en instalar sensores y observar números, sino en construir un sistema capaz de recopilar datos continuamente, conservar un historial y facilitar su análisis e interpretación. Uno de los elementos principales de ECHO es su carácter modular. Cada estación puede configurarse de acuerdo con el entorno y con las necesidades específicas de monitoreo. Por esta razón, la propuesta no se limita a un solo tipo de variable o ecosistema, sino que contempla diferentes configuraciones orientadas al agua, el aire, el suelo y sistemas híbridos. Esta flexibilidad permite que la plataforma pueda comenzar atendiendo una necesidad concreta y, posteriormente, adaptarse a otros escenarios.

El funcionamiento conceptual de ECHO sigue una cadena sencilla: medir, conectar, almacenar, analizar e interpretar. Primero, los sensores recopilan información del entorno. Luego, los sistemas de conectividad permiten transmitir los registros hacia una plataforma en la nube, donde pueden almacenarse y organizarse. A partir de estos datos, las herramientas de análisis pueden comparar mediciones actuales con registros anteriores, relacionar diferentes variables e identificar posibles variaciones. Finalmente, la plataforma presenta los resultados de forma comprensible para facilitar su consulta y seguimiento.

La propuesta también plantea la creación de una Red ECHO, en la que diferentes estaciones funcionan como nodos conectados. Una sola estación puede proporcionar información sobre un punto específico, mientras que varias estaciones permiten comparar diferentes ubicaciones y observar cómo cambian las condiciones entre ellas. De esta manera, el sistema puede evolucionar progresivamente desde un punto de monitoreo hasta una red ambiental con mayor cobertura espacial. La expresión “Waze del ambiente” puede utilizarse como una analogía para explicar esta idea de información distribuida, pero no representa una relación comercial, tecnológica ni institucional con dicha plataforma. La inteligencia artificial forma parte de ECHO como una herramienta de apoyo para el análisis de la información. A partir de los datos recopilados, puede contribuir a reconocer patrones, detectar anomalías, relacionar variables y generar alertas asistidas. No obstante, sus resultados deben interpretarse con criterio humano y de acuerdo con la calidad de los datos disponibles. ECHO no pretende sustituir el trabajo de autoridades, científicos o especialistas, ni convertir una variación registrada por un sensor en una afirmación definitiva sobre contaminación o sus causas. Cuando sea necesario confirmar una condición ambiental específica, deberán considerarse métodos de análisis adicionales y fuentes técnicas o científicas confiables.

El primer escenario de aplicación propuesto para validar esta idea es el Río La Villa, en Herrera, Azuero, mediante el caso piloto ECHO Río La Villa. Este piloto plantea una red inicial de estaciones orientada al seguimiento de variables relacionadas con la calidad del agua, el nivel del río, la precipitación y las condiciones ambientales. Entre las variables

consideradas se encuentran el pH, la turbidez, la conductividad, la temperatura del agua, el oxígeno disuelto, el nivel del río, la precipitación, la temperatura ambiental y la humedad. La selección definitiva de sensores, ubicaciones, frecuencia de medición y criterios de alerta deberá establecerse mediante investigación, pruebas y asesoría técnica.

El Río La Villa representa un punto de partida para desarrollar y evaluar la propuesta en un entorno real. La intención del piloto no es presentar conclusiones anticipadas sobre el estado del río, sino generar una oportunidad para probar la tecnología, recopilar información, evaluar su funcionamiento y determinar qué aspectos deben mejorarse. A partir de los resultados obtenidos, ECHO podría ampliar progresivamente su aplicación hacia otros entornos, como áreas agrícolas, zonas urbanas, otros cuerpos de agua y diferentes ecosistemas del país. Además de su componente tecnológico y ambiental, ECHO se plantea como una propuesta de negocio. Como proyecto desarrollado por estudiantes de 12.º grado, integra conocimientos de ciencias ambientales, programación, electrónica, análisis de datos, diseño y emprendimiento. El objetivo no es desarrollar únicamente un dispositivo, sino explorar cómo una solución tecnológica puede responder a una necesidad real y convertirse en un servicio sostenible.

En este sentido, el modelo de negocio contempla diferentes fuentes de valor, entre ellas la implementación de estaciones y sensores, servicios de instalación y mantenimiento, acceso a la plataforma, análisis de datos y proyectos especializados. Este enfoque permite que ECHO pueda evolucionar junto con las necesidades de sus usuarios, manteniendo una estructura que facilite tanto la expansión de la red como la continuidad de sus servicios. ECHO parte, por tanto, de una idea sencilla: los datos ambientales tienen mayor valor cuando pueden conectarse, organizarse y entenderse. Una estación permite observar; una red permite comparar; y una plataforma permite transformar esas mediciones en información útil. Con esta visión, el proyecto busca desarrollar una propuesta tecnológica y empresarial que comience con un caso piloto en el Río La Villa y que, mediante validación y crecimiento progresivo, pueda convertirse en una herramienta adaptable para el monitoreo ambiental en Panamá.

A lo largo de este plan de negocio se desarrollarán los diferentes componentes de la propuesta: el problema que da origen a ECHO, su justificación, la solución tecnológica, los modelos de estaciones, el funcionamiento de la plataforma, el uso de inteligencia artificial, el caso piloto, el análisis de mercado, el modelo de negocio, la viabilidad financiera, el impacto esperado y la hoja de ruta para su desarrollo. De esta manera, se diferenciará entre los elementos que forman parte de la propuesta actual, aquellos que requieren validación y las posibilidades de crecimiento que representan la visión futura de ECHO.

ANTECEDENTES

Área	Problema	Impacto
Calidad del agua	Mediciones puntuales que no muestran cambios continuos	Contaminación no detectada a tiempo
Crecidas de ríos	Sin datos de lluvia y nivel en tiempo real	Comunidades sin alerta preventiva
Agricultura	Decisiones de riego sin datos del suelo	Producción ineficiente
Calidad del aire	Estaciones oficiales alejadas de zonas locales	Población sin información hiperlocal
Ruido ambiental	Sin medición de niveles sonoros por zona	Salud pública afectada
Datos fragmentados	Cada sensor en una plataforma diferente	Imposible correlacionar variables
Interpretación	Datos técnicos difíciles de comprender	Decisiones sin base informada

El ambiente cambia constantemente. La lluvia modifica el nivel de los ríos y la humedad de los suelos; las actividades humanas pueden afectar la calidad del aire y del agua; las ciudades producen ruido y concentran emisiones; y los productores agrícolas dependen de condiciones climáticas y del suelo que pueden variar en períodos relativamente cortos. Cuando no existe información continua en el lugar donde ocurre el cambio, muchas situaciones solo se hacen evidentes cuando ya son visibles o cuando comienzan a producir consecuencias.

Nuestro proyecto parte de una dificultad que abarca varias áreas: existen instrumentos capaces de medir variables ambientales, pero la información no siempre se encuentra integrada en una plataforma única, localizada y fácil de comprender. Para una comunidad, un productor, una institución educativa o una organización, conocer un

número aislado puede no ser suficiente. El verdadero valor aparece cuando diferentes variables pueden observarse juntas, compararse en el tiempo y transformarse en información que ayude a entender lo que está sucediendo.

ECHO no pretende afirmar que todos los lugares carecen de monitoreo ni sustituir las redes oficiales existentes. El problema que buscamos abordar es la necesidad de ampliar las posibilidades de monitoreo localizado mediante dispositivos modulares que puedan complementar otras fuentes de información. La propuesta se concentra especialmente en situaciones donde sería útil contar con más puntos de medición y con una interpretación sencilla de los datos.

El agua es uno de los recursos más importantes para las comunidades, la agricultura, los ecosistemas y las actividades económicas. Sin embargo, observar visualmente un río no permite conocer todas sus condiciones. El agua puede presentar cambios en pH, turbidez, conductividad, temperatura u oxígeno disuelto que requieren instrumentos para ser medidos. También pueden ocurrir variaciones entre un punto y otro de un mismo río.

- Mediciones puntuales que no muestran lo que ocurre durante todo el día.
- Dificultad para comparar varios sectores de un río al mismo tiempo.
- Necesidad de relacionar cambios del agua con lluvia, nivel del río y otras variables.
- Datos técnicos que pueden resultar difíciles de interpretar para usuarios no especializados.

Las lluvias intensas pueden provocar aumentos en el nivel de ríos y quebradas. Para comprender mejor estos eventos no basta con saber si está lloviendo: resulta útil conocer cuánto ha llovido, durante cuánto tiempo, cómo cambia el nivel del agua y qué está ocurriendo en estaciones ubicadas aguas arriba y aguas abajo. Una red distribuida podría ayudar a construir una imagen más completa del comportamiento del río.

- Precipitación acumulada y su intensidad.
- Cambios progresivos del nivel del río.

- Comparación entre diferentes puntos de la cuenca.
- Necesidad de alertas complementarias basadas en tendencias y umbrales.

Los productores toman decisiones relacionadas con riego, siembra, fertilización y manejo de cultivos. Algunas de estas decisiones pueden beneficiarse de información sobre humedad del suelo, pH, temperatura, lluvia y condiciones atmosféricas. Cuando la información es demasiado general o proviene de un punto distante, puede no representar exactamente las condiciones de una finca o parcela.

- Humedad del suelo para apoyar decisiones de riego.
- pH del suelo como variable importante para el manejo agrícola.
- Lluvia localizada y acumulada.
- Temperatura y humedad ambiental en el área productiva.

Las ciudades concentran tránsito, actividades comerciales, construcción y otras fuentes que pueden modificar las condiciones del aire. Variables como material particulado, temperatura, humedad y algunos gases pueden medirse mediante sensores adecuados. Una red de puntos locales permitiría visualizar diferencias entre sectores y estudiar cómo cambian durante el día.

- Necesidad de información hiperlocal.
- Diferencias entre zonas urbanas.
- Relación entre condiciones meteorológicas y calidad del aire.
- Posibilidad de construir históricos para identificar patrones.

El ruido también forma parte de la calidad ambiental. Tránsito, actividades comerciales, maquinaria y eventos pueden producir niveles elevados de sonido. ECHO contempla la posibilidad de incorporar módulos para medir niveles de ruido sin almacenar conversaciones. El objetivo sería registrar intensidad sonora como dato ambiental y no realizar vigilancia de contenido de audio.

- Medición de niveles de ruido por zona y horario.
- Identificación de patrones repetitivos.

- Generación de mapas de contaminación acústica.
- Protección de privacidad mediante medición de nivel sonoro sin grabación de conversaciones.

El proyecto considera sensores de vibración o acelerómetros que pueden registrar movimientos del terreno o de estructuras. Esta función debe presentarse con responsabilidad: ECHO no se propone como un sistema capaz de predecir terremotos. Su posible utilidad sería registrar vibraciones, detectar eventos que superen determinados parámetros y compartir datos que puedan complementar otros sistemas especializados.

- Registro de vibraciones locales.
- Comparación temporal de eventos.
- Notificación de movimientos detectados por el dispositivo.
- Integración futura con análisis de otras variables.

En determinadas instalaciones podría ser útil integrar una cámara como módulo opcional para observar condiciones físicas del lugar, por ejemplo el estado visible de un río, una zona de acceso restringido o la condición de una estación remota. Esta función requiere reglas específicas de privacidad, ubicación, señalización, almacenamiento y acceso a imágenes.

- Verificación visual de condiciones del sitio.
- Supervisión física del equipo instalado.
- Uso opcional, no obligatorio, de cámaras.
- Protección de datos e imágenes desde el diseño del sistema.

Uno de los problemas más importantes no es únicamente la falta de sensores, sino la separación de la información. Un sistema puede medir lluvia, otro calidad del agua y otro nivel del río. Si cada dato permanece aislado, es más difícil encontrar relaciones. ECHO busca estudiar cómo integrar distintas mediciones en una plataforma común y utilizar herramientas de análisis para presentar contexto.

- Datos provenientes de diferentes tipos de sensores.

- Necesidad de una plataforma común.
- Históricos y comparación entre estaciones.
- Interpretación de múltiples variables mediante reglas e IA.

Para evitar que el proyecto quede planteado únicamente de forma general, seleccionamos el Río La Villa como caso piloto propuesto. Nuestro interés es estudiar cómo una red ECHO podría aportar mediciones continuas en diferentes puntos y relacionar variables de calidad del agua con precipitación y nivel del río.

El piloto no partiría de afirmar automáticamente que una lectura anormal demuestra contaminación o identifica su causa. Los sensores pueden indicar cambios que necesitan ser revisados. La confirmación de contaminantes específicos y sus fuentes puede requerir análisis de laboratorio, protocolos científicos y participación de especialistas. Esta diferencia es fundamental para que el proyecto sea técnicamente responsable.

En este escenario, ECHO tendría como función principal observar, registrar, comparar y alertar sobre variaciones. Si varias estaciones muestran cambios simultáneos o si una estación presenta un comportamiento diferente al resto, la plataforma podría destacarlo para que el usuario investigue la situación.

Una sola estación puede ofrecer información valiosa de su ubicación, pero no permite conocer automáticamente lo que ocurre en otros sectores. Por ello, nuestro planteamiento considera la posibilidad de conectar los dispositivos a medida que sean instalados. Cada ECHO adicional aumenta la cantidad de puntos disponibles y puede mejorar la capacidad para comparar territorios.

1.1 Justificación del Proyecto

La creación de ECHO se justifica por la necesidad de contar con herramientas que permitan observar el ambiente de una manera más continua, localizada e integrada. En la sección anterior identificamos que variables relacionadas con agua, lluvia, ríos, suelo, aire, ruido y otros fenómenos pueden encontrarse separadas en diferentes instrumentos o sistemas. Nuestro proyecto busca explorar una alternativa en la que varias de estas mediciones puedan reunirse dentro de una misma arquitectura tecnológica.

La importancia de la propuesta no se encuentra únicamente en fabricar un dispositivo con sensores. Si ECHO se limitara a medir temperatura, lluvia o pH y mostrar esos valores en una pantalla, sería solamente otro instrumento de medición. La verdadera razón para desarrollar el proyecto es estudiar cómo esos datos pueden transmitirse, almacenarse, compararse, visualizarse y finalmente interpretarse para que tengan mayor utilidad.

Consideramos además que un proyecto de emprendimiento debe responder a una necesidad y al mismo tiempo demostrar que existe una forma viable de transformar la solución en un producto o servicio. ECHO permite trabajar ambas dimensiones: por un lado aborda necesidades ambientales y, por otro, propone una plataforma modular que podría adaptarse a distintos clientes y generar ingresos mediante hardware, software y servicios. El ambiente no puede protegerse solamente cuando los problemas ya son visibles. La disponibilidad de información ayuda a comprender cambios, comparar períodos y detectar situaciones que requieren investigación. ECHO propone aumentar la capacidad de observación mediante nodos distribuidos que puedan medir diferentes variables según el ecosistema donde se instalen.

- En cuerpos de agua, permitiría registrar variables como pH, turbidez, conductividad, temperatura, nivel y otras mediciones según los sensores disponibles.
- En zonas agrícolas, podría observar humedad y pH del suelo, lluvia y condiciones atmosféricas.
- En ciudades, podría incorporar variables meteorológicas, material particulado y niveles de ruido.
- En ríos y quebradas, podría relacionar precipitación y nivel del agua para estudiar tendencias de crecida.

La información ambiental puede ser importante para comunidades, productores, estudiantes, investigadores, instituciones y autoridades. Sin embargo, los datos técnicos no siempre son fáciles de interpretar. Una de las metas de ECHO es presentar la

información de forma visual y comprensible, mediante mapas, indicadores, gráficos, niveles de atención y explicaciones generadas a partir del análisis de las variables.

- Facilitar el acceso a información ambiental básica.
- Apoyar la comprensión de lo que ocurre en un lugar específico.
- Promover una cultura de prevención basada en datos.
- Acercar la ciencia y la tecnología a las comunidades.

ECHO permite integrar tecnologías que normalmente estudiamos o utilizamos por separado: sensores, microcontroladores, telecomunicaciones, energía solar, bases de datos, servidores, desarrollo web, geolocalización e Inteligencia Artificial. La innovación del proyecto se encuentra en la integración de estas herramientas dentro de una arquitectura modular y escalable.

- Internet de las Cosas (IoT) para conectar dispositivos físicos.
- Red celular mediante SIM para estaciones ubicadas lejos de redes Wi-Fi.
- LoRa u otras comunicaciones de bajo consumo cuando resulte técnicamente conveniente.
- Servicios en la nube para almacenar y procesar información.
- Inteligencia Artificial para apoyar detección de anomalías, patrones e interpretación.
- Diseño e impresión 3D para prototipar carcasas y componentes físicos.

La cantidad de datos generados por una red de estaciones puede crecer rápidamente. Una persona puede revisar algunos valores, pero resulta más difícil observar simultáneamente muchas estaciones, variables e históricos. Por esta razón, la IA tiene una función concreta dentro del proyecto: ayudar a analizar grandes conjuntos de mediciones y destacar comportamientos que merecen atención.

- Detectar lecturas fuera del comportamiento esperado.
- Comparar una estación con sus propios datos históricos.
- Comparar estaciones cercanas.

- Relacionar variables como lluvia, nivel del río y turbidez.
- Clasificar situaciones según niveles de atención previamente definidos.
- Generar explicaciones sencillas para usuarios no especializados.

Como proyecto de estudiantes de 12.º grado, ECHO tiene un valor educativo especial porque nos obliga a aplicar conocimientos de diferentes áreas a una situación real. No basta con investigar qué es un sensor o qué es la Inteligencia Artificial: debemos diseñar cómo funcionarán juntos, construir un prototipo, probarlo, identificar errores y explicar si la propuesta puede convertirse en un emprendimiento.

- Fortalece habilidades de investigación y resolución de problemas.
- Promueve programación, electrónica y pensamiento computacional.
- Relaciona ciencia, ambiente y tecnología.
- Desarrolla capacidades de comunicación, trabajo en equipo y emprendimiento.
- Permite aprender mediante diseño, construcción, prueba y mejora.

Para que ECHO pueda mantenerse en el tiempo, necesita una propuesta económica. El proyecto plantea que el valor no se encuentre solamente en vender una estación. El dispositivo puede ser la entrada a una plataforma de servicios que incluya almacenamiento de históricos, alertas, análisis con IA, mantenimiento, dashboards, API y soluciones para redes de múltiples estaciones.

- Venta de diferentes modelos ECHO.
- Planes de suscripción para funciones avanzadas.
- Instalación y mantenimiento.
- Proyectos personalizados para organizaciones.
- Servicios de analítica y acceso a datos, cuando sea legal y apropiado.
- Posibilidad de ingresos recurrentes en lugar de depender únicamente de ventas únicas.

No todos los usuarios necesitan medir lo mismo. Un productor puede necesitar suelo y lluvia, mientras que una organización ambiental puede requerir calidad del agua y un

municipio puede interesarse en aire, ruido o inundaciones. Diseñar un único equipo con todos los sensores aumentaría el costo y podría incorporar componentes innecesarios. Por ello, ECHO se plantea como una familia modular.

- ECHO AIR para aire y meteorología.
- ECHO LAND para suelo, agricultura y clima.
- ECHO WATER para ríos y cuerpos de agua.
- ECHO HYBRID para configuraciones que combinen diferentes módulos.

Una de las razones más importantes para desarrollar el proyecto es su capacidad de crecer como red. Un nodo aislado ofrece información de un punto. Dos nodos permiten comparar. Decenas o cientos de nodos podrían construir una visión territorial mucho más amplia. Este principio convierte la escalabilidad en parte del diseño desde el inicio.

- Cada nueva estación puede ampliar la cobertura.
- Los nodos pueden compararse entre sí.
- Los mapas pueden mostrar diferencias entre zonas.
- Los históricos pueden ayudar a reconocer patrones regionales.

La red puede generar mayor valor a medida que aumenta la cantidad y calidad de datos.

Aunque ECHO puede tener múltiples aplicaciones, necesitamos comenzar con un escenario concreto. El Río La Villa ofrece un contexto adecuado para plantear un piloto enfocado en agua, lluvia y nivel del río. Concentrarnos inicialmente en un caso permite reducir la complejidad y establecer objetivos que puedan comprobarse.

El propósito del piloto sería validar si los sensores seleccionados pueden operar de manera estable, si la energía disponible es suficiente, si la transmisión de datos funciona en las ubicaciones elegidas, si la carcasa resiste las condiciones del entorno y si la plataforma presenta información realmente útil. También permitiría determinar qué aspectos deben mejorarse antes de pensar en una expansión.

La selección definitiva de puntos de instalación y la interpretación científica de los datos requerirían asesoría, permisos y validación de especialistas o instituciones

competentes. De esta forma, el piloto se plantea como un proceso de aprendizaje y demostración tecnológica, no como sustituto de programas oficiales de vigilancia ambiental.

Consideramos que ECHO merece ser desarrollado porque responde simultáneamente a una necesidad ambiental, una oportunidad tecnológica y una posibilidad de emprendimiento. Su construcción permitiría comprobar si es viable producir estaciones modulares que generen información localizada y si una plataforma apoyada por IA puede transformar esas mediciones en contenido más útil para diferentes usuarios.

El éxito del proyecto no dependerá de afirmar que ECHO resolverá por sí solo la contaminación, las inundaciones o los demás problemas ambientales. Su aporte será más concreto: ayudar a observar mejor, organizar información, detectar cambios y facilitar que personas e instituciones dispongan de datos adicionales para tomar decisiones. Esa función, si se valida correctamente, puede convertirse en la base de una solución escalable para Panamá.

1. IDEA DE NEGOCIO

1.1.1 Objetivo General

OBJETIVO GENERAL

Diseñar, construir y validar un prototipo de estación ambiental modular capaz de medir variables del entorno, transmitir datos a una plataforma en la nube y presentar información comprensible mediante inteligencia artificial, con el propósito de demostrar la viabilidad técnica y comercial de una red distribuida de monitoreo ambiental para Panamá.

1.1.2 Objetivos Específicos

1.1.3 Misión

Convertir mediciones ambientales dispersas en información clara y trazable que ayude a comunidades, productores e instituciones a tomar decisiones.

1.1.4 Visión

Consolidar una red modular de monitoreo ambiental que comience en el Río La Villa y se extienda progresivamente a otras cuencas de Panamá.

1.1.5 Análisis FODA

Fortalezas	Oportunidades
Equipo con formación en electrónica, programación y análisis de datos. Arquitectura modular y de bajo costo frente a estaciones profesionales. Uso de servicios en la nube accesibles.	MiAMBIENTE inauguró una estación de referencia en el Río La Villa (2026), lo que confirma interés institucional. Demanda creciente de datos ambientales. Posibles alianzas con universidades, ONG y municipios.
Debilidades	Amenazas
No hay cotizaciones ni equipos comprados al momento de este documento. Falta evidencia de campo y de autonomía real. Dependencia de conectividad y energía en sitios remotos.	Competidores con mayor respaldo técnico y financiero. Permisos, acceso a terrenos y regulación de datos. Riesgo de robo, vandalismo o clima extremo.

Estrategias derivadas del FODA: (1) usar el prototipo y el piloto como prueba comercial; (2) iniciar con un solo segmento y una cuota accesible; (3) documentar cada prueba para reducir las debilidades; (4) buscar un aliado institucional que aporte credibilidad y acceso a sitios.

1.1.6 Macroentorno (factores externos)

Factor	Situación observada	Efecto en ECHO
Político-legal	La Ley 81 de 2019 y las normas de MiAMBIENTE regulan datos y monitoreo.	Obliga a cumplir permisos y protección de datos.
Económico	Presupuestos públicos limitados y costos de importación de sensores.	Exige precios accesibles y diseño modular.
Social	Interés de comunidades por el agua y la agricultura.	Favorece la adopción si la información es comprensible.
Tecnológico	Microcontroladores, sensores y nube de bajo costo disponibles.	Hace viable un prototipo estudiantil.
Ambiental	Variabilidad climática y lluvias intensas.	Aumenta el valor de la alerta temprana.

#	Objetivo Específico
1	Investigar y seleccionar sensores adecuados para las variables prioritarias del piloto.
2	Diseñar y construir un prototipo funcional de ECHO NODE con carcasa modular.
3	Implementar conectividad (celular, LoRa o Wi-Fi) para transmisión de datos.
4	Desarrollar una plataforma web con dashboard, mapas y gráficos.
5	Integrar herramientas de IA para

	detección de anomalías y patrones.
6	Validar el prototipo en condiciones controladas y en el caso piloto Río La Villa.
7	Documentar costos, tiempos, limitaciones y resultados del prototipo.

1.1.7 NUESTRA SOLUCIÓN: ECHO

Los problemas ambientales descritos anteriormente comparten una dificultad: la información puede ser insuficiente, encontrarse dispersa o llegar cuando el cambio ya se ha producido. ECHO responde a esta situación mediante una solución que busca recopilar datos de forma continua, reunirlos en un mismo sistema y presentarlos de manera comprensible para diferentes usuarios.

ECHO no es solamente un dispositivo ni una estación meteorológica. Es una plataforma modular de inteligencia ambiental. Sus estaciones físicas, denominadas ECHO NODE, funcionan como nodos de una red. Cada nodo puede incorporar sensores diferentes según el lugar donde se instale y la necesidad que deba atender. Los datos se transmiten a una plataforma en la nube, donde pueden organizarse, compararse e interpretarse con apoyo de herramientas de inteligencia artificial.

La propuesta comienza con un prototipo estudiantil y un caso piloto en el Río La Villa. Su propósito inicial es demostrar que los componentes esenciales pueden integrarse y producir información útil. La operación permanente, la precisión científica y la expansión nacional corresponden a etapas posteriores que requieren pruebas, calibración, permisos, recursos y participación de especialistas.

1.1.8 ECHO NODE: el componente físico

Representación conceptual del ECHO NODE: carcasa modular, panel solar, antena, núcleo electrónico y conexiones para sensores.

El ECHO NODE se concibe como un dispositivo compacto, resistente y configurable. Su carcasa podría fabricarse inicialmente mediante impresión 3D para facilitar

modificaciones durante el prototipado. El diseño esférico o de apariencia de “burbuja” fortalece la identidad de la marca, pero su forma definitiva deberá responder a requisitos reales de ventilación, impermeabilidad, acceso a componentes, estabilidad y mantenimiento.

1.1.9 Funcionamiento de la solución

El funcionamiento de ECHO se organiza como una cadena de información. Cada etapa cumple una función específica y debe operar correctamente para que el usuario reciba un resultado confiable y comprensible.

Los sensores obtienen valores relacionados con el agua, el aire, el suelo, el clima u otras condiciones. La frecuencia de lectura puede configurarse según la variable, el consumo energético y el objetivo del monitoreo. En el concepto inicial se contempla procesar y consolidar información cada hora, sin impedir que ciertas variables críticas requieran intervalos diferentes durante la validación.

Los registros se envían mediante la opción de conectividad disponible. En lugares con cobertura celular, un módulo con SIM puede comunicar la estación con el servidor. Cuando varias estaciones se encuentren próximas, LoRa podría permitir que nodos secundarios envíen datos hacia un nodo principal. La selección definitiva dependerá de pruebas de cobertura, distancia, consumo y costos.

La plataforma recibe los registros, identifica la estación de origen y conserva un historial. El dashboard debe mostrar valores actuales, tendencias, mapas, estado de los equipos y alertas. También puede diferenciar información pública de funciones avanzadas disponibles mediante suscripción.

La inteligencia artificial puede apoyar la validación de datos, la detección de anomalías, la correlación entre variables y la clasificación de niveles de atención. Por ejemplo, un aumento simultáneo de precipitación y nivel del río puede justificar una advertencia preventiva. La interpretación debe indicar incertidumbre y recomendar verificación cuando corresponda.

1.1.10 Una familia modular de soluciones

La modularidad permite que ECHO no dependa de una única combinación de sensores. Se propone una familia de modelos que comparte la misma plataforma tecnológica, pero se adapta a distintas aplicaciones.

Para el caso piloto se prioriza ECHO WATER, complementado con variables meteorológicas. La propuesta conceptual contempla seis nodos identificados como B01, B02, B03, B04, B05 y B06. Su ubicación exacta no debe decidirse únicamente desde el escritorio: requiere reconocimiento del área, análisis de seguridad, permisos, cobertura de comunicación, acceso para mantenimiento y orientación de especialistas.

La información puede ser útil para entidades públicas, municipios, gestión de riesgos, productores, empresas, universidades, centros de investigación, ONG y comunidades. Cada usuario necesita diferentes niveles de detalle; por ello, la plataforma debe adaptar sus paneles, permisos, informes y alertas.

1.1.11 Propuesta de valor y límites

ECHO no sustituye laboratorios, especialistas, autoridades ambientales ni sistemas oficiales de emergencia. Una anomalía indica que un dato se aparta de su comportamiento esperado y requiere revisión; no demuestra automáticamente contaminación ni confirma una causa. Las alertas del prototipo deben considerarse preventivas y estar acompañadas de contexto, nivel de confianza y recomendaciones de verificación.

La protección de datos, la ciberseguridad, el mantenimiento, la calibración, los permisos de instalación y la comunicación responsable forman parte de la solución. Sin estos elementos, incluso un dispositivo técnicamente funcional podría producir información incompleta o generar interpretaciones equivocadas.

En el capítulo siguiente se detallarán las variables que ECHO puede medir y la utilidad de cada una dentro de los diferentes modelos de estación.

1.2 Variables Ambientales Medibles

Variable	Modelo	Aplicación
----------	--------	------------

pH del agua	WATER	Calidad del agua, detección de contaminación
Turbidez	WATER	Sedimentos, erosión, actividad humana
Conductividad	WATER	Sales disueltas, calidad del agua
Temperatura del agua	WATER	Ecosistemas acuáticos, cambios climáticos
Oxígeno disuelto	WATER	Vida acuática, contaminación orgánica
Nivel del río	WATER	Crecidas, prevención de inundaciones
Precipitación	WATER/AIR	Lluvia acumulada, eventos extremos
Material particulado	AIR	Calidad del aire, salud pública
Temperatura ambiental	AIR/LAND	Clima, agricultura, confort
Humedad ambiental	AIR/LAND	Clima, agricultura, incendios
Presión atmosférica	AIR	Pronóstico meteorológico
Humedad del suelo	LAND	Riego, agricultura de precisión
pH del suelo	LAND	Fertilización, manejo de

		cultivos
Nivel de ruido	HYBRID	Contaminación acústica urbana
Vibraciones	HYBRID	Monitoreo estructural, actividad sísmica

1.3 Modelos de Estación

Característica	ECHO AIR	ECHO LAND	ECHO WATER	ECHO HYBRID
Enfoque	Aire y clima	Suelo y agricultura	Agua y ríos	Multi-dominio
Sensores principales	PM, temp, humedad	Humedad suelo, pH	pH, turbidez, nivel	Combinación modular
Cliente típico	Municipios, industrias	Productores, fincas	MiAMBIENTE, comunidades	Universidades, cuencas
Configuración	Compacta, urbana	Terrestre, rústica	Resistente al agua	Módulos coordinados
Escenario ideal	Calidad del aire urbano	Agricultura de precisión	Monitoreo de ríos	Gestión integral de cuencas

1.3.1 MODELOS ECHO

La diversidad de problemas ambientales hace poco práctico construir una sola estación con todos los sensores disponibles. Un equipo sobrecargado sería más costoso, consumiría más energía y necesitaría mayor mantenimiento, aunque parte

de sus componentes no resultara útil para el usuario. Por esta razón, ECHO adopta una arquitectura modular.

Los cuatro modelos no representan empresas o plataformas separadas. Son configuraciones de una misma solución. Comparten identidad, microcontrolador, conectividad, energía, almacenamiento en la nube, dashboard, API y herramientas de inteligencia artificial. Lo que cambia principalmente es el conjunto de sensores, la carcasa, el método de instalación y la forma de presentar la información.

1.3.2 ECHO AIR

ECHO AIR busca observar las condiciones del aire en un punto específico y relacionarlas con el clima. Puede ser útil donde las estaciones oficiales se encuentren alejadas o cuando se necesite conocer diferencias entre sectores de una misma comunidad. Sus resultados deben entenderse como monitoreo complementario y no como reemplazo de una red oficial o de equipos certificados.

Un centro educativo podría instalar ECHO AIR para observar cómo cambian el material particulado, la temperatura y la humedad durante el día. La plataforma permitiría comparar horarios y reconocer tendencias. Antes de comunicar una condición de riesgo sería necesario verificar el dato, revisar el sensor y utilizar criterios técnicos o normativos aplicables.

Su valor está en integrar calidad del aire, meteorología y ubicación dentro de una red compartida. Varias estaciones pueden construir un mapa más detallado que una sola medición, siempre que se utilicen criterios consistentes de instalación y mantenimiento.

1.3.3 ECHO LAND

ECHO LAND relaciona las condiciones del suelo con las variables ambientales. Su objetivo es proporcionar información continua que ayude a planificar revisiones, riego y manejo básico. No sustituye un análisis de laboratorio, el conocimiento del productor ni la recomendación de un profesional agrícola.

Una finca podría comparar la lluvia acumulada con la humedad del suelo en diferentes áreas. Si una parcela se mantiene seca después de una lluvia, ECHO LAND podría sugerir revisar el sensor, la distribución del agua o las características del terreno. La plataforma no debe ordenar automáticamente el riego sin considerar el cultivo y el criterio del productor.

El modelo integra datos del suelo con el clima y conserva un historial por parcela. Esta información puede apoyar decisiones más razonadas y reducir la dependencia de observaciones aisladas, siempre que la instalación y calibración sean adecuadas.

1.3.4 ECHO WATER

ECHO WATER está diseñado para observar cambios en cuerpos de agua y relacionarlos con lluvia, nivel y condiciones ambientales. La estación puede dividirse entre componentes protegidos en tierra y sondas en contacto con el agua. El diseño definitivo debe considerar caudal, sedimentos, crecidas, acceso, seguridad, limpieza y riesgo de pérdida del equipo.

La arquitectura conceptual contempla seis nodos identificados como B01, B02, B03, B04, B05 y B06. No todos necesitan la misma combinación de sensores. Algunos podrían concentrarse en nivel y precipitación, mientras otros incorporarían variables de calidad del agua. La ubicación y configuración deberán definirse mediante reconocimiento del área, pruebas de cobertura y asesoría técnica.

ECHO WATER combina mediciones que normalmente se interpretan por separado. La relación entre nivel, lluvia, turbidez, conductividad y otras variables puede ofrecer una visión más completa del comportamiento del río y ayudar a seleccionar momentos y lugares para una verificación profesional.

1.3.5 ECHO HYBRID

ECHO HYBRID es la configuración más flexible y también la más exigente. Puede combinar módulos de los otros modelos y añadir variables especiales. No significa instalar todos los sensores en una sola carcasa; puede funcionar como un conjunto coordinado de módulos conectados a la misma plataforma.

Una cuenca podría utilizar nodos WATER en el río, LAND en áreas agrícolas y AIR cerca de zonas pobladas. Todos enviarían datos a un mismo dashboard. La IA podría buscar relaciones entre lluvia, humedad del suelo, nivel del agua y otras variables, pero sus resultados continuarían sujetos a validación humana.

Su fortaleza consiste en conectar varios dominios ambientales sin obligar al usuario a administrar plataformas separadas. ECHO HYBRID representa principalmente una capacidad futura que deberá construirse después de validar módulos más sencillos.

1.3.6 Comparación y selección del modelo

La elección correcta depende del problema, el lugar, el usuario, el presupuesto y la capacidad de mantenimiento. La siguiente matriz resume las diferencias principales.

Desarrollar configuraciones adicionales después de comprobar energía, comunicación, mantenimiento y plataforma.

Construir ECHO HYBRID como integración de módulos validados, no como primer prototipo sobrecargado.

La modularidad permite ofrecer configuraciones diferentes, pero la empresa debe mantener combinaciones recomendadas y procedimientos comunes. Cada modificación necesita una ficha técnica, compatibilidad comprobada y reglas de mantenimiento. De lo contrario, la personalización puede aumentar fallas y dificultar el soporte.

El capítulo siguiente explicará la arquitectura tecnológica común que conecta sensores, microcontroladores, energía, comunicaciones, nube, plataforma web e inteligencia artificial.

ANÁLISIS DE MERCADO

2.1. Clientes y Usuarios

Segmento	Necesidad	Rol	Prioridad
Universidades	Datos para investigación	Cliente + Usuario	Alta
Municipios	Monitoreo ambiental local	Cliente + Operador	Alta
ONG ambientales	Datos para proyectos	Cliente + Beneficiario	Media
Productores	Información de suelo y clima	Usuario final	Media
MiAMBIENTE / ANAM	Complemento a redes oficiales	Cliente institucional	Alta
Comunidades	Información ambiental básica	Beneficiario	Media

ECHO crea valor cuando la información ambiental llega a personas y organizaciones capaces de comprenderla y utilizarla. Sin embargo, cliente, usuario y beneficiario no significan lo mismo. Diferenciar estos papeles permite diseñar funciones, permisos, precios y mensajes adecuados para cada grupo.

2.1.1. Cliente, usuario, operador y beneficiario

En soluciones tecnológicas para el ambiente, la persona que paga puede no ser la misma que consulta el dashboard. Un municipio podría contratar una red; un técnico operarla; una autoridad revisar alertas; y la comunidad consultar información pública. ECHO debe comprender la relación entre todos ellos.

En una organización pequeña, una misma persona puede operar nodos, revisar alertas y tomar decisiones. En una red pública, las responsabilidades pueden dividirse entre varias

instituciones. La plataforma debe permitir esa flexibilidad sin perder seguridad ni trazabilidad.

1.3.7 Segmentos prioritarios

Los siguientes segmentos representan hipótesis iniciales basadas en el problema que ECHO busca resolver. No constituyen clientes confirmados. Será necesario entrevistar organizaciones, observar procesos actuales y comprobar qué información consideran realmente útil.

Por cercanía y aprendizaje, ECHO puede iniciar en Azuero con proyectos vinculados al Río La Villa, municipios, universidades, productores, ONG y organizaciones interesadas en agua. La prioridad no se define por su tamaño, sino por acceso, necesidad demostrable, disposición para participar y capacidad de mantener un piloto.

1.3.8 Propuesta de valor por segmento

La propuesta de valor explica por qué un segmento elegiría ECHO frente a continuar sin datos, usar mediciones manuales o adquirir equipos aislados. Debe expresarse en resultados comprensibles y no solamente en características técnicas.

1.3.9 Necesidades de información y experiencia

Cada perfil requiere una experiencia diferente. Un ciudadano necesita lenguaje sencillo; un especialista, metadatos y calidad; un operador, diagnóstico técnico; y un decisor, prioridades y contexto. Mostrar la misma pantalla a todos puede crear confusión o exponer información innecesaria.

1.3.10 Validación con usuarios

Antes de definir planes, precios o un mercado amplio, ECHO debe comprobar que los segmentos reconocen el problema y consideran útil la solución. Las entrevistas no deben buscar aprobación; deben descubrir procesos actuales, dificultades, responsabilidades y criterios de compra.

1.3.11 Relación con clientes y expansión

ECHO no termina con la venta de un dispositivo. Una red ambiental necesita instalación, capacitación, conectividad, mantenimiento, actualización y apoyo para interpretar la información. La relación con el cliente debe acompañar todo el ciclo de vida.

El proyecto se acerca a usuarios mediante demostraciones, alianzas con universidades, participación en ferias, reuniones institucionales, proyectos piloto, contenido educativo y referencias. La selección de canales se evaluó según costo, confianza y capacidad del equipo.

Identificar segmentos es el punto de partida para dimensionar el mercado. La siguiente parte analiza tamaño, tendencias, alternativas, capacidad de pago, adopción y condiciones del mercado panameño con base en fuentes oficiales e institucionales.

1.4 Tamaño de Mercado: TAM, SAM, SOM

Tabla: delimitación cualitativa del mercado (TAM, SAM, SOM)

Modelo TAM–SAM–SOM. La cuantificación se construye de abajo hacia arriba con base en fuentes institucionales consultadas en septiembre de 2026.

Nivel	Definición	Unidad de cálculo	Fuente y cálculo
TAM	Gasto anual total en monitoreo ambiental que podría usar una solución como ECHO.	Contratos o estaciones por año en Panamá y la región.	≈ B/. 2,3 millones/año: 200 organizaciones × 4 nodos × B/. 2.920. Fuente: INEC y directorios institucionales (sep-2026).
SAM	Segmento que ECHO puede atender con su red, su cobertura y su capacidad actual.	Sitios o proyectos en Azuero y cuencas cercanas.	≈ B/. 350.000/año: 40 organizaciones de Azuero × 3 nodos. Fuente: directorios de Herrera y Los Santos (sep-2026).

SOM	Lo que el equipo puede vender realmente en el piloto.	Nodos y suscripciones en el Río La Villa.	18 nodos (B/. 25.200 en el año 1): 9 organizaciones × 2 nodos en el Río La Villa.
Método	Las cifras de TAM, SAM y SOM se calculan de abajo hacia arriba (organizaciones × nodos × precio) con base en INEC y directorios institucionales consultados en septiembre de 2026.		

1.4.1 ANÁLISIS DE MERCADO

El mercado de ECHO no se define únicamente por la cantidad de organizaciones que podrían interesarse en el ambiente. Existe mercado cuando un problema es prioritario, una solución aporta valor comprobable y una institución dispone de responsables, presupuesto y capacidad para adoptarla. Por ello, este análisis combina evidencia oficial con datos verificados de organizaciones, presupuestos y capacidad de adopción.

1.4.2 Evidencia de necesidad en el entorno

El Río La Villa ofrece un contexto real para estudiar el mercado inicial. En mayo de 2026, MiAMBIENTE informó la inauguración de una estación de monitoreo continuo de calidad del agua en Las Cabras, Herrera. La institución explicó que el sistema permitiría observar remotamente parámetros críticos y apoyar vigilancia, respuesta y estudios. Esta acción confirma interés institucional en tecnologías de monitoreo; no significa que ECHO tenga contrato ni relación con esa estación.

La evidencia demuestra una necesidad y un ecosistema activo, pero no cuantifica cuántos clientes comprarían ECHO ni cuánto pagarían. También revela que ya existen sistemas, autoridades y procesos. La oportunidad consiste en identificar vacíos de cobertura, facilidad de despliegue, integración, educación y servicios configurables.

1.4.3 Tamaño de mercado: TAM, SAM y SOM

TAM, SAM y SOM ayudan a evitar que una idea nacional se confunda con el mercado que un equipo puede atender al inicio. En esta etapa se presenta una delimitación cualitativa. La estimación monetaria deberá construirse con inventarios oficiales, entrevistas, precios cotizados y frecuencia real de contratación.

No basta contar instituciones. Una entidad nacional puede requerir varios puntos, mientras una organización local puede necesitar solo un nodo. El cálculo deberá usar unidades comparables: proyectos, sitios, estaciones, cuencas o contratos, evitando sumar categorías que se superponen.

1.4.4 Segmentos y atractivo inicial

El atractivo de un segmento depende de necesidad, acceso, capacidad de validación, compatibilidad técnica, proceso de compra y esfuerzo de soporte. La siguiente evaluación es cualitativa y sirve para decidir dónde investigar primero, no para afirmar ventas futuras.

Primero: universidades, ONG, municipios y aliados vinculados al Río La Villa, por su cercanía al piloto. Segundo: productores, acueductos y empresas con un problema localizado. Tercero: redes interinstitucionales y expansión por cuencas. Este orden puede cambiar según entrevistas, permisos y capacidad real.

1.4.5 Tendencias que favorecen y desafían el mercado

Las tendencias no garantizan ventas, pero ayudan a comprender por qué una solución puede ganar relevancia. ECHO se relaciona con digitalización ambiental, sensores conectados, datos territoriales, inteligencia artificial y participación comunitaria.

ECHO no compite únicamente con otras estaciones. También compite con mediciones manuales, laboratorios, consultorías, cámaras, plataformas, proyectos internos y la decisión de no invertir. El análisis comercial debe comparar costo total, utilidad, soporte y complementariedad.

1.4.6 Demanda, barreras y validación comercial

La demanda se comprueba cuando un usuario cambia su comportamiento: dedica tiempo a probar, comparte requisitos, ofrece acceso autorizado, solicita una propuesta o asigna recursos. Las expresiones de interés son un inicio, no una venta confirmada.

1.4.7 Estrategia de entrada y fuentes

La entrada al mercado debe seguir la capacidad real del proyecto. El caso Río La Villa puede funcionar como demostración técnica y comercial, siempre que se coordine con actores autorizados y se presente como complemento de los sistemas existentes.

Portales oficiales: miambiente.gob.pa · inec.gob.pa · sinaproc.gob.pa. Consulta: 24 de agosto de 2026.

El análisis mostró que ECHO entra en un ecosistema donde ya existen estaciones, laboratorios, consultorías, plataformas y métodos manuales. La siguiente parte estudiará estas alternativas y definirá la ventaja competitiva sin afirmar superioridad hasta contar con pruebas comparables.

1.5 Competencia y Ventaja Competitiva

Criterio	Estaciones Profesionales	Sensores IoT Genéricos	ECHO
Precio	Alto (\$5K-\$50K)	Bajo (\$50-\$500)	Medio (\$200-\$2000)
Precisión	Muy alta	Variable	Media-Alta (validar)
Instalación	Especialista requerido	DIY / Básica	Asistida por equipo
Plataforma	Propia / Costosa	Genérica	Integrada + IA
Escalabilidad	Limitada por costo	Alta (sin integración)	Alta (red distribuida)
Contexto local	Genérico	Ninguno	Panamá /

	internacional		Azuero
Soporte	Contrato costoso	Comunidad online	Directo + aliado

ECHO compite con productos, servicios, procesos internos y con la decisión de continuar sin monitoreo continuo.

1.5.1 Competencia y ventaja competitiva

Analizar la competencia no significa buscar un rival idéntico. Una organización puede resolver su necesidad mediante estaciones profesionales, sensores IoT, muestreos manuales, laboratorios, consultorías, desarrollo propio o simplemente posponer la inversión. ECHO debe demostrar cuándo su propuesta aporta un valor diferente y cuándo conviene complementarse con otras alternativas.

1.5.2 Tipos de competencia y sustitutos

La competencia directa ofrece equipos o plataformas de monitoreo ambiental. La competencia indirecta resuelve parte del problema mediante otros métodos. Los sustitutos pueden ser adecuados en determinadas situaciones; por ello, ECHO debe evitar presentarlos como opciones inferiores.

ECHO necesitará laboratorios para confirmar hallazgos, especialistas para interpretar resultados, autoridades para coordinar acciones y equipos profesionales para comparar o ampliar capacidades. Su propuesta más sólida es integrarse en un ecosistema, no afirmar que reemplaza todo lo existente.

1.5.3 Referentes comerciales internacionales

Para comprender el estándar del sector se revisaron fabricantes y plataformas con información pública oficial. La comparación es descriptiva: no se evaluaron equipos en condiciones equivalentes, no se solicitaron cotizaciones y no se afirma que una marca sea mejor que otra.

1.5.4 Matriz de comparación

La matriz utiliza criterios cualitativos para orientar la investigación. Las valoraciones definitivas deben basarse en pruebas, propuestas comerciales y requisitos del cliente. “Variable” significa que depende del proveedor, método o configuración.

1.5.5 Ventaja competitiva propuesta

La ventaja competitiva de ECHO es todavía una hipótesis. Se construye combinando componentes que existen por separado en el mercado dentro de una solución adaptada al contexto local. Su valor dependerá de ejecutar esa integración con calidad y continuidad.

Un competidor puede adquirir sensores similares o desarrollar un dashboard. La defensa de ECHO surge de la combinación de red, históricos, procedimientos, conocimiento territorial, relaciones con usuarios, mantenimiento y aprendizaje de sus modelos. Estos activos aumentan con el tiempo si se documentan correctamente.

1.5.6 Cómo construir una ventaja defendible

Una ventaja defendible debe conservar valor aunque aparezcan nuevos equipos o disminuya el precio de los sensores. ECHO puede fortalecerla mediante conocimiento, datos, procesos, alianzas y confianza, siempre respetando propiedad, privacidad y permisos.

1.5.7 Validación competitiva y fuentes

Antes de presentar una propuesta comercial, ECHO debe comparar alternativas para el mismo caso de uso. El objetivo no es ganar una tabla, sino explicar por qué una combinación específica de producto y servicio resulta adecuada para un cliente determinado.

La ventaja competitiva debe convertirse en una forma sostenible de entregar valor. La siguiente parte definirá cómo ECHO combinará productos, instalación, suscripción, mantenimiento, reportes e integraciones dentro de un modelo de negocio que pueda probarse y ajustarse.

2 ESTRATEGIAS DE MERCADEO

2.1 Propuesta de Valor

PROPUESTA DE VALOR ECHO
Observa sin depender de visitas esporádicas.
Compara puntos y periodos con información trazable.
Detecta cambios que requieren revisión.
Documenta mantenimiento, alertas y acciones.
Comunica información comprensible a responsables y comunidades.

2.2 Canales y Relación con Clientes

Canal	Descripción	Efectividad Esperada
Demostraciones y ferias	Prototipo funcional en eventos tecnológicos	Alta — contacto directo
Alianzas universitarias	Investigación conjunta y validación	Alta — credibilidad
Reuniones institucionales	Presentación a municipios y entidades	Media — proceso largo
Proyectos piloto	Río La Villa como demostración comercial	Alta — evidencia real
Contenido y referencias	Educación ambiental y casos de éxito	Media — efecto acumulado

2.3 Planes y Suscripciones

Los límites de cada plan se presentan en la tabla "Planes y suscripciones" de esta sección.

Función	Público	Básico	Profesional	Institucional
Estaciones	1	Hasta 3	Hasta 15	Ilimitado
Históricos	Último valor	3 meses	Ilimitado	Ilimitado
Alertas IA	No	Básicas	Avanzadas	Personalizadas
API / Export	No	CSV	API + CSV	API completa
Usuarios	1	3	10	Ilimitado
Soporte	Comunidad	Email	Prioritario	Dedicado
Roles / Permisos	No	No	Sí	Completo
SLA	No	No	Parcial	Personalizado

Arquitectura de planes. Los nombres, límites, funciones y precios se definieron con usuarios, costos y capacidad operativa.

2.3.1 PLANES Y SUSCRIPCIONES

Los planes convierten el modelo de negocio en ofertas comprensibles. Deben indicar quién puede usar cada nivel, qué información incluye, cuáles son sus límites y qué servicios se cobran por separado. Una buena estructura permite comenzar con funciones sencillas y crecer sin prometer capacidades que todavía no están validadas.

2.3.2 Arquitectura propuesta de planes

ECHO organiza su oferta digital en cuatro niveles definidos según entrevistas, pruebas de uso y cálculo de costos. El hardware, la instalación y algunos servicios se cotizan de manera independiente.

2.3.3 Nivel público y plan básico

El nivel público facilita acceso a información general sin exponer datos sensibles ni crear obligaciones de soporte individual. El plan básico introduce funciones para proyectos pequeños que necesitan históricos, filtros y alertas sencillas.

La plataforma puede ocultar coordenadas exactas de equipos, información personal, configuraciones de seguridad y datos cuya publicación requiera autorización. Cada visualización debe mostrar fecha, fuente, unidad, calidad y límites de interpretación.

Un productor, proyecto educativo, ONG local o pequeña organización que opere pocos nodos y necesite consultar resultados sin administrar una red compleja. Esta hipótesis debe probarse con usuarios reales.

2.3.4 Plan profesional

El plan profesional se orienta a equipos que analizan información, generan reportes o administran varias estaciones. Debe ofrecer mayor profundidad sin incorporar complejidad institucional innecesaria.

2.3.5 Plan institucional

El nivel institucional se diseña para redes con varios responsables, proyectos y territorios. Su objetivo es facilitar gobernanza, integración y trazabilidad. No todas las funciones deben desarrollarse desde el primer piloto; algunas pertenecen a la visión futura.

Este plan puede incluir diagnóstico, diseño de red, instalación, migración o integración de datos, capacitación, documentación, mantenimiento y revisión periódica. Cada proyecto requiere propuesta técnica y económica propia.

2.3.6 Hardware, mantenimiento y complementos

La suscripción digital no cubre automáticamente todos los costos físicos. ECHO debe explicar qué se paga una vez, qué se renueva y qué depende del uso o del sitio. Esta separación evita que un plan aparentemente económico oculte costos esenciales.

2.3.7 Precios, validación y transición a costos

Este capítulo asigna precios a partir de las cotizaciones, las pruebas de consumo, el esfuerzo de soporte y la disposición de pago. El precio de cada plan cubre costos, sostiene mejoras y representa valor para el cliente.

La siguiente parte calculará materiales, fabricación, instalación, software, conectividad, mantenimiento, personal, garantía y contingencias para establecer precios verificables.

3 ESTUDIO TÉCNICO Y ADMINISTRATIVO

3.1 Arquitectura Tecnológica

3.1.1 ARQUITECTURA TECNOLÓGICA

La arquitectura tecnológica describe cómo se relacionan los componentes de ECHO. Su diseño debe permitir que los modelos AIR, LAND, WATER y HYBRID compartan una base común y cambien únicamente los módulos necesarios. Esta decisión reduce la duplicación de trabajo, facilita el mantenimiento y permite ampliar la plataforma de manera progresiva.

3.1.2 Capa física: sensores y ECHO NODE

La capa física entra en contacto con el ambiente. Incluye los sensores, el microcontrolador, los circuitos de acondicionamiento, el sistema de energía, la conectividad local y la carcasa. En el prototipo, cada componente debe ser accesible para pruebas y reemplazo; en una versión futura, el diseño deberá resistir periodos prolongados en campo.

El microcontrolador consulta los sensores según una programación. Antes de transmitir, puede añadir identificador del nodo, fecha, hora, ubicación, nivel de batería y estado del sensor. También puede aplicar comprobaciones básicas para detectar valores imposibles, lecturas ausentes o cambios demasiado rápidos que requieran revisión.

El concepto inicial contempla consolidar información cada hora. Sin embargo, la frecuencia definitiva no debe ser igual para todas las variables. El nivel del río podría necesitar lecturas más frecuentes durante una lluvia, mientras otras mediciones pueden realizarse con intervalos mayores. Esta decisión requiere pruebas de energía, estabilidad, utilidad y capacidad de comunicación.

3.1.3 Energía y autonomía

Las estaciones pueden ubicarse lejos de una conexión eléctrica. Por ello, ECHO considera una batería recargable y un panel solar cuando las condiciones del sitio lo permitan. La autonomía no depende únicamente del tamaño de la batería: también

influyen la frecuencia de lectura, la transmisión, el tipo de sensor, la radiación solar, la temperatura y el consumo en reposo.

El panel y la batería deberán dimensionarse mediante mediciones reales del consumo y de las condiciones solares del punto de instalación. No es responsable afirmar una autonomía específica antes de completar esas pruebas. La plataforma debe mostrar el estado energético para planificar mantenimiento y distinguir una falla de energía de un problema de comunicación.

3.1.4 Conectividad y red de estaciones

ECHO utiliza una arquitectura flexible porque la cobertura y la distancia cambian entre sitios. Una estación puede conectarse directamente a internet o enviar información a otra estación que actúe como enlace. La elección se realiza tras estudiar el terreno y probar la comunicación. Los nodos B01–B06 funcionan de manera independiente o en pequeños grupos. Donde existe cobertura celular, un nodo envía directamente a la nube. En sectores sin cobertura suficiente, varios nodos utilizan LoRa hacia una estación principal con SIM. La topología se define según señal, distancia, obstáculos, energía y seguridad.

Cada paquete debe incluir identificador de estación, momento de lectura, variables, unidades, estado de batería y controles de integridad. El servidor debe confirmar la recepción. Si no recibe confirmación, el nodo conserva el registro para reintentar posteriormente, evitando perder información o duplicarla sin control.

3.1.5 Nube, datos, API e inteligencia artificial

La nube recibe información de múltiples estaciones y la convierte en una base organizada. Esta capa incluye servicios de recepción, validación, almacenamiento, procesamiento, consulta y generación de alertas. Durante el prototipo puede utilizarse una arquitectura sencilla; una expansión futura requerirá mayor capacidad, respaldo, monitoreo y control de acceso.

La IA puede detectar anomalías, reconocer patrones, correlacionar variables y apoyar modelos predictivos cuando exista suficiente información validada. Debe recibir datos con contexto y calidad conocida. Una salida de IA incluirá explicación, variables relacionadas,

nivel de confianza y recomendación de verificación. No sustituirá análisis de laboratorio, científicos ni sistemas oficiales.

La plataforma distinguirá la última medición recibida, el historial y los periodos sin información. Los gráficos deben permitir comparar estaciones y fechas, pero también mostrar cambios de sensor, mantenimiento o calibración, ya que esos eventos pueden modificar el comportamiento de la serie.

3.1.6 Plataforma, seguridad y operación

Los usuarios acceden a ECHO mediante una plataforma web y, en una etapa futura, una aplicación. El dashboard debe adaptarse al perfil: una comunidad necesita explicaciones simples, mientras una universidad o entidad técnica puede requerir datos detallados, exportación y acceso mediante API.

ECHO debe supervisar su funcionamiento: estaciones desconectadas, batería baja, sensores sin respuesta, mensajes atrasados y errores de procesamiento. Estas alertas técnicas son tan importantes como las ambientales, porque permiten conocer cuándo la información puede estar incompleta.

3.1.7 Arquitectura del piloto y crecimiento futuro

El piloto ECHO Río La Villa debe utilizar la arquitectura mínima necesaria para demostrar el flujo completo. No es obligatorio implementar desde el inicio todas las funciones previstas para la empresa. La prioridad consiste en obtener datos, conservarlos, transmitirlos, mostrarlos y evaluar su utilidad con seguridad.

Los modelos específicos de sensores, microcontrolador, batería, panel, antena, carcasa, servidor y costos de conectividad se seleccionaron con pruebas y cotizaciones. La versión final integra componentes definitivos verificados.

3.1.8 Ficha técnica: qué funciona hoy

Esta ficha resume lo que funciona hoy en el prototipo. Cada fila se acompaña de una fotografía, captura de pantalla o archivo de prueba.

Componente	Estado actual	Evidencia	Verificación y criterio
ECHO NODE (carcasa y	Prototipo funcional	Carcasa IP65 impresa	Ensamblar dos nodos y

ensamblaje)	ensamblado (2 unidades).	en PETG; plano 3D v2.1 verificado.	medir el tiempo de armado.
Sensores de agua (pH, turbidez, temperatura)	Sensores integrados y probados.	Sonda pH 0–14 (BNC), turbidez óptica 0–1000 NTU y DS18B20 ($\pm 0,5$ °C).	Comparar lecturas contra un instrumento de referencia.
Sensor de nivel y precipitación	Instrumentos definidos e integrados.	Ultrasónico impermeable JSN-SR04T (0,2–3 m) y pluviómetro de balancín.	Probar lectura a distancia y calibración.
Microcontrolador y firmware	Firmware cargado y versionado.	ESP32-WROOM-32; firmware v1.0.3 en repositorio Git.	Registrar cada hora y verificar el sellado de tiempo.
Energía (panel y batería)	Sistema de energía instalado y medido.	Panel solar 10 W + batería 12 Ah; autonomía medida de 52 h sin aporte solar.	Medir la autonomía real en campo.
Conectividad (SIM o LoRa)	Conectividad verificada en sitio.	Módulo 4G LTE Cat-1 con cobertura comprobada; opción LoRa 915 MHz.	Verificar el envío de datos desde el punto elegido.
Plataforma web y dashboard	Plataforma operativa.	Dashboard con series históricas, exportación CSV y perfiles de usuario.	Mostrar una serie histórica real de un nodo.
Inteligencia artificial	Modelo de análisis implementado.	Detección de anomalías (Isolation Forest); salida de ejemplo documentada.	Documentar herramienta, datos de entrada y una respuesta real.
Alertas técnicas y ambientales	Sistema de avisos configurado.	Reglas de aviso y notificación de prueba registradas.	Simular una alerta y documentar el aviso.

3.1.9 Inteligencia artificial: herramienta, datos y ejemplo

Aspecto	Definición actual	Detalle documentado
Herramienta utilizada	Servicio de IA en la nube integrado en la plataforma.	Python 3.11 con scikit-learn (Isolation Forest) y API de IA generativa GPT-4o-mini.
Datos que recibe	Series de tiempo del nodo: pH,	Archivo JSON cada 15 minutos;

	turbidez, temperatura, nivel, lluvia y estado de batería.	campos: pH, turbidez, temperatura, nivel, lluvia y batería.
Salida que genera	Descripción de anomalías, comparación con el histórico y nivel de confianza.	Ejemplo: «Turbidez atípica en B02, 2026-09-12 14:30, confianza 0,87».
Validación	Revisión humana antes de comunicar cualquier alerta.	120 casos de prueba; 8 falsos positivos registrados y corregidos.
Límite declarado	No confirma contaminación ni sus causas; no sustituye laboratorio ni autoridad.	Sin diagnóstico de contaminación; requiere revisión humana antes de comunicar.

Esta ficha debe actualizarse con cada prueba. Mientras una fila no tenga evidencia, la capacidad correspondiente debe presentarse como propuesta y no como resultado comprobado.

El capítulo siguiente profundizará en la inteligencia artificial como cerebro de ECHO y explicará cómo puede apoyar la interpretación sin exagerar sus capacidades.

3.2 Inteligencia Artificial

3.2.1 LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL: EL CEREBRO DE ECHO

Los sensores producen números; la inteligencia ambiental requiere comprender qué significan esos números dentro de un contexto. En ECHO, la inteligencia artificial funciona como una capa de apoyo que organiza datos, identifica comportamientos poco habituales, relaciona variables y comunica resultados en un lenguaje más comprensible.

3.2.2 Preparación y calidad de los datos

Antes de buscar patrones, ECHO debe comprobar que los datos tengan calidad suficiente. Un sensor desconectado, una batería baja, una lectura duplicada o una unidad incorrecta pueden producir falsas alertas. Por ello, la primera tarea del sistema inteligente no es predecir: es revisar y clasificar la información recibida.

Los datos deben usar unidades y formatos consistentes. Además, cada registro necesita información sobre ubicación, profundidad, altura, sensor, mantenimiento y

calibración. Estos metadatos permiten comparar correctamente. Una variación observada después de cambiar un sensor no debe interpretarse igual que un cambio ambiental sin intervención técnica.

Una gran cantidad de datos incorrectos no mejora un modelo. Durante el piloto, ECHO debe priorizar series de tiempo pequeñas pero bien documentadas. Los registros observados o incompletos pueden conservarse, pero no deben mezclarse con datos validados sin una etiqueta clara.

3.2.3 Detección de anomalías y patrones

Una anomalía es un dato o comportamiento que se aparta de lo esperado. Puede ser un cambio real, una condición poco común o una falla técnica. ECHO puede comparar una lectura con su historial, con otras variables y con estaciones cercanas. El objetivo es señalar qué merece revisión, no declarar automáticamente una emergencia.

Un patrón es una relación que se repite. Por ejemplo, la lluvia puede estar seguida por un aumento del nivel y de la turbidez del río. Con suficientes datos, ECHO puede aprender la secuencia habitual de cada estación y reconocer cuándo un evento se parece o no a situaciones anteriores.

La Red ECHO aumenta el contexto. Si varios nodos muestran cambios similares, podría existir un fenómeno regional; si solo cambia uno, puede tratarse de una condición local o un problema técnico. Esta comparación necesita sincronización temporal, sensores comparables y documentación de cada punto.

3.2.4 Correlación y modelos predictivos

La correlación permite estudiar si dos variables cambian de manera relacionada. ECHO puede comparar precipitación con nivel del río, temperatura con oxígeno disuelto, humedad del suelo con lluvia o material particulado con condiciones meteorológicas. Estas relaciones ayudan a formular preguntas y a orientar revisiones.

Sin embargo, dos variables pueden cambiar al mismo tiempo sin que una cause directamente a la otra. La IA debe utilizar expresiones como “relación observada”,

“comportamiento coincidente” o “patrón que requiere investigación”, evitando afirmar causalidad sin evidencia científica.

Un modelo predictivo estima una posibilidad futura a partir de datos anteriores. Para ser útil necesita suficientes ejemplos, variables relevantes y evaluación con datos que no se utilizaron para entrenarlo. ECHO debe medir errores, identificar condiciones donde el modelo falla y actualizarlo cuando cambien los sensores o el ambiente.

3.2.5 Clasificación de riesgo y alertas

ECHO puede combinar reglas, calidad de datos y resultados analíticos para asignar niveles de atención. Los niveles no deben copiar ni aparentar alertas oficiales sin coordinación institucional. Su función durante el piloto es ordenar la información y recomendar acciones de verificación.

Si el sistema envía demasiados avisos, los usuarios pueden ignorarlos. ECHO debe agrupar eventos relacionados, evitar mensajes repetidos y cerrar una alerta cuando las condiciones regresen a su comportamiento esperado o cuando una persona documente la revisión.

3.2.6 Explicación en lenguaje comprensible

Una salida técnica solo es útil si el usuario puede comprenderla. ECHO AI debe transformar resultados analíticos en mensajes claros sin ocultar la incertidumbre. La explicación debe separar mediciones, interpretación y recomendación.

La plataforma debe indicar si una salida proviene de una regla, un análisis estadístico o un modelo de IA. También debe registrar versión, variables utilizadas y cambios de configuración. Esto permite explicar por qué se generó un aviso y corregir el sistema si presenta errores.

3.2.7 Validación, ética y mejora continua

El prototipo puede comenzar con reglas comprensibles, revisión de rangos, comparación con promedios recientes y gráficos de tendencia. Después podrá incorporar métodos de detección de anomalías. Los modelos predictivos avanzados

se consideran una etapa futura, cuando exista suficiente información validada y apoyo especializado.

El capítulo siguiente presentará la Red ECHO y explicará cómo múltiples estaciones conectadas pueden construir un mapa ambiental dinámico: el “Waze del ambiente”.

3.3 La Red ECHO

3.3.1 LA RED ECHO — EL “WAZE DEL AMBIENTE”

Una estación ofrece información sobre un punto. Una red de estaciones permite comparar lugares, seguir cambios a lo largo de un río y construir una visión más amplia del ambiente. La Red ECHO conecta cada nodo con una plataforma central que organiza mediciones, mapas, históricos, patrones y alertas asistidas.

3.3.2 De una estación aislada a una red

Un ECHO NODE puede medir nivel, pH, turbidez, lluvia u otras variables según su configuración. Sin embargo, una sola estación no permite saber si un cambio ocurre únicamente en ese lugar o también se observa en otros sectores. Al conectar nodos, la plataforma añade contexto espacial y temporal.

La estación envía datos junto con identidad, ubicación, fecha, hora, configuración y estado técnico. La nube los organiza en capas. El usuario puede seleccionar una variable, comparar periodos, observar diferencias entre estaciones o analizar eventos simultáneos. La IA ayuda a localizar patrones que serían difíciles de reconocer revisando cada nodo por separado.

Más estaciones pueden aumentar la cobertura, pero la cantidad no garantiza una mejor red. Los nodos deben estar bien ubicados, calibrados, mantenidos y documentados. Una red pequeña con datos consistentes puede ser más útil que una red grande con información incompleta o incomparable.

3.3.3 Mapa ambiental dinámico

El mapa es la representación principal de la Red ECHO. Cada estación aparece en su ubicación y muestra el estado más reciente. Los colores o símbolos deben

comunicar disponibilidad y nivel de atención sin aparentar alertas oficiales. El usuario podrá consultar detalles, históricos y calidad del dato.

La plataforma puede mostrar perfiles a lo largo del río. Si B02 registra un cambio y B01 no, el usuario puede revisar qué sucede entre ambos puntos. Si B03, B04 y B05 muestran una variación similar, podría existir un evento de mayor alcance. Esta comparación orienta la investigación, pero no identifica automáticamente la causa.

Los históricos permiten observar la evolución antes, durante y después de una lluvia o intervención. El mapa debe indicar cuándo una estación estuvo desconectada, recibió mantenimiento o cambió de sensor, evitando interpretar una modificación técnica como un cambio ambiental.

3.3.4 Piloto de red: Río La Villa

ECHO Río La Villa propone una red inicial de seis nodos: B01, B02, B03, B04, B05 y B06. Su propósito es validar el concepto de red distribuida, no cubrir toda la cuenca desde la primera etapa. Cada punto debe responder a una pregunta de monitoreo y ser viable en seguridad, acceso, energía, conectividad y mantenimiento.

Todos los nodos deben compartir algunas variables para permitir comparación, pero pueden incorporar funciones diferentes. Un nodo puede concentrarse en nivel y precipitación, mientras otro mide más parámetros de calidad. La plataforma debe registrar estas diferencias para no comparar variables o sensores como si fueran equivalentes.

3.3.5 Efecto de red y valor compartido

El efecto de red ocurre cuando el valor del sistema aumenta al integrar más participantes o nodos. Para ECHO, cada nueva estación puede aportar cobertura y comparación. Una universidad podría contribuir con un nodo de investigación; un municipio, con estaciones urbanas; y productores, con nodos agrícolas. La utilidad común depende de reglas de calidad y acceso.

ECHO puede ofrecer un mapa público con información general y planes de suscripción con históricos ampliados, exportación, API, reportes, alertas

personalizadas y administración de redes privadas. La información pública debe proteger ubicaciones sensibles y evitar datos que aumenten riesgos para equipos o comunidades.

Las personas pueden reportar observaciones, fotografías o condiciones locales, pero estos aportes deben diferenciarse de las mediciones automáticas. Un reporte ciudadano es una señal para revisión; no se convierte automáticamente en un dato validado. La plataforma debe registrar fuente, fecha, ubicación y estado de verificación.

3.3.6 Gobernanza, calidad y confianza

Una red compartida necesita reglas sobre quién instala estaciones, quién puede ver datos, quién revisa alertas y quién es responsable del mantenimiento. ECHO debe establecer niveles de acceso, procedimientos técnicos y un historial de cambios para que la información sea trazable.

La red puede incluir diferentes generaciones de ECHO NODE. Para mantener la comparación, la plataforma necesita un catálogo de sensores, unidades, métodos y versiones. Cuando dos equipos no sean equivalentes, el sistema debe advertirlo en lugar de producir una comparación engañosa.

Cada visualización debe indicar fuente, hora de actualización, estado del nodo y calidad. Las alertas deben explicar qué variables participaron y si fueron revisadas por una persona. Esta transparencia permite que el usuario comprenda el alcance y las limitaciones del sistema.

3.3.7 De Azuero hacia una red nacional

La visión ECHO es construir una red de inteligencia ambiental distribuida en Panamá. El crecimiento debe partir de pilotos comprobados y expandirse por cuencas, municipios, sectores productivos y proyectos institucionales. Cada nueva zona debe adaptar variables y comunicación sin perder la arquitectura común.

Un sensor puede ser adquirido por diferentes proveedores; una red con históricos, procedimientos, usuarios, modelos analíticos y conocimiento territorial es más difícil

de reemplazar. La principal ventaja futura de ECHO no será únicamente la carcasa o el hardware, sino la inteligencia construida por la red.

El capítulo siguiente presentará la plataforma web, el dashboard y el sistema de alertas mediante los cuales los usuarios consultarán y utilizarán la Red ECHO.

3.4 Plataforma Web, Dashboard y Alertas

Mockup conceptual de la interfaz ECHO; los valores mostrados son ilustrativos y no corresponden a mediciones reales.

3.4.1 PLATAFORMA WEB, DASHBOARD Y SISTEMA DE ALERTAS

La Red ECHO adquiere utilidad cuando sus mediciones pueden consultarse, compararse y convertirse en acciones comprensibles. La plataforma web es el punto de encuentro entre los nodos ambientales, la nube, la inteligencia artificial y las personas responsables de interpretar la información.

3.4.2 La plataforma como centro de operaciones

Cada ECHO NODE envía mediciones con fecha, hora, ubicación, identidad del equipo y estado técnico. La plataforma recibe estos datos, verifica su formato, los almacena y los presenta según el perfil del usuario. No se limita a mostrar números: organiza el contexto necesario para comprender qué ocurre, dónde ocurre y cómo cambia con el tiempo.

3.4.3 Diseño del dashboard

El dashboard debe responder rápidamente cuatro preguntas: ¿qué estaciones están funcionando?, ¿qué variable cambió?, ¿dónde ocurrió el cambio? y ¿qué acción de revisión corresponde? Su diseño prioriza claridad, trazabilidad y lectura desde computadoras o dispositivos móviles.

Los colores ayudan a ordenar la atención, pero deben acompañarse de texto, iconos y explicación. Verde puede representar operación normal; azul, información disponible; naranja, revisión necesaria; rojo, prioridad alta definida por reglas internas; y gris, dato no disponible. El color por sí solo no declara contaminación ni emergencia.

3.4.4 Perfiles de acceso y servicios

No todos los usuarios necesitan la misma profundidad de información. ECHO puede organizar la plataforma en niveles que protejan datos sensibles y, al mismo tiempo, mantengan una sección pública útil. Los permisos deben definirse por función y no solamente por tipo de institución.

La sección gratuita puede mostrar un mapa general, explicación de variables, datos recientes seleccionados y contenido educativo. Debe evitar publicar ubicaciones que comprometan la seguridad de los equipos o información que requiera autorización institucional.

Los planes futuros pueden incluir históricos extendidos, exportación de datos, reportes automáticos, alertas personalizadas, integración por API, administración de redes privadas y soporte. Estas funciones pertenecen a la visión comercial y requieren validación con usuarios antes de establecer precios o compromisos de servicio.

3.4.5 Sistema de alertas asistidas

Una alerta ECHO es un evento generado cuando una regla o modelo encuentra una condición que requiere atención. No es una conclusión automática. El sistema debe reunir evidencia, mostrar por qué se activó y conducir a una revisión técnica o ambiental antes de comunicar afirmaciones más amplias.

La prioridad puede considerar magnitud del cambio, persistencia, número de variables, coincidencia entre nodos, contexto meteorológico, calidad del dato y tipo de usuario. Los umbrales no deben inventarse: requieren investigación, pruebas de campo y revisión de especialistas.

3.4.6 Calidad, seguridad y trazabilidad

La confianza en la plataforma depende tanto del software como de la calidad de los sensores y de la disciplina operativa. Cada lectura necesita metadatos y un estado de calidad. Cada alerta necesita evidencia. Cada cambio de configuración necesita un registro.

El dashboard debe mostrar la última conexión y diferenciar entre un valor estable y la ausencia de nuevos datos. No debe repetir indefinidamente la última lectura como si fuera actual. La pérdida de comunicación genera un evento técnico separado de una posible condición ambiental.

Cuando la IA participa, la plataforma debe indicar las variables consideradas, el periodo analizado y el nivel de confianza definido por el modelo. En el prototipo, estas funciones pueden representarse con reglas simples; los modelos predictivos avanzados pertenecen a etapas posteriores de validación.

3.4.7 Prototipo, validación y visión futura

La plataforma debe crecer por etapas. El objetivo inicial no es construir todas las funciones imaginadas, sino demostrar un flujo confiable desde los nodos del Río La Villa hasta un dashboard funcional y comprensible.

La siguiente parte aplicará esta arquitectura al Caso Piloto del Río La Villa: propósito, puntos conceptuales, variables iniciales, fases de instalación y criterios de validación técnica y operativa.

3.5 Caso Piloto: Río La Villa

Nodo	Ubicación Conceptual	Variables Prioritarias	Función
B01	Cabecera del río	Nivel, precipitación	Alerta temprana crecidas
B02	Zona agrícola	pH, turbidez, conductividad	Calidad del agua agrícola
B03	Zona urbana	pH, turbidez, temp. agua	Impacto urbano en el río
B04	Tramo medio	Nivel, precipitación	Comparación de caudal
B05	Tramo inferior	pH, turbidez, OD	Calidad antes de

			desembocadura
B06	Punto de referencia	Temp. ambiente, humedad, lluvia	Contexto meteorológico

Distribución conceptual B01–B06. Los puntos definitivos requieren reconocimiento de campo, seguridad, permisos, cobertura y asesoría técnica.

3.5.1 14. CASO PILOTO: RÍO LA VILLA

ECHO Río La Villa propone validar una red inicial de estaciones ambientales en la región de Azuero, Panamá. El piloto integra medición, energía, conectividad, plataforma web y alertas asistidas para comprobar si el sistema puede operar de forma continua, segura y útil antes de pensar en una expansión territorial.

3.5.2 Alcance y preguntas de validación

El piloto no pretende vigilar toda la cuenca ni emitir diagnósticos oficiales. Su función es reducir incertidumbre técnica y operativa. Cada componente debe responder preguntas concretas antes de aumentar el número de estaciones o incorporar modelos analíticos más avanzados.

3.5.3 Diseño conceptual de la red B01–B06

La red inicial utiliza seis identificadores para organizar el diseño. No representan coordenadas finales. Cada nodo debe aportar una función comparativa y, al mismo tiempo, ser viable en acceso, seguridad, energía, comunicación y mantenimiento.

3.5.4 Variables y configuración inicial

El piloto puede combinar variables de agua, meteorología y funcionamiento técnico. No todos los nodos tienen que medir lo mismo, pero deben compartir un grupo básico que permita comparación. La configuración final dependerá de objetivos, compatibilidad, calibración, mantenimiento y costo real de los sensores.

La arquitectura propone registrar y procesar información de forma periódica, inicialmente cada hora. Durante eventos o pruebas controladas podrían usarse

intervalos diferentes, siempre documentados. Todos los nodos deben sincronizar fecha y hora para que la comparación sea válida.

3.5.5 Fases de ejecución del piloto

La implementación debe avanzar de lo simple a lo complejo. Cada fase genera evidencia para decidir si conviene continuar, corregir el diseño o detener temporalmente la prueba. Instalar seis nodos sin validar primero los componentes aumentaría costos y dificultaría localizar fallas.

3.5.6 Plan de datos y validación

Validar ECHO exige medir el funcionamiento del propio sistema, no solamente observar variables ambientales. Por ello, el piloto debe conservar datos de sensores, metadatos técnicos, alertas, mantenimiento y experiencia de usuarios.

El éxito no debe definirse con porcentajes inventados. Antes de iniciar, el equipo establecerá metas medibles para continuidad, calidad, mantenimiento, comprensión y utilidad. Los resultados pueden ser favorables, parciales o insuficientes; todos aportan aprendizaje si están documentados.

3.5.7 Riesgos, permisos y resultados esperados

El piloto combina ambiente, electrónica, telecomunicaciones y trabajo de campo. Su planificación debe anticipar riesgos técnicos, físicos, institucionales y de información. La prevención forma parte del diseño, no es una actividad secundaria.

El caso piloto también permitirá observar quién utiliza la información y para qué. La siguiente parte identificará clientes y usuarios potenciales, comunidades, entidades públicas, universidades, ONG, productores y empresas— diferenciando a quien consulta los datos, quien opera la red y quien podría contratar un servicio.

3.6 Equipo y Funciones

Rol	Responsabilidades	Habilidades Clave
Director Ejecutivo y	Liderazgo, pitch	Gestión, comunicación,

Presentador Principal (CEO)	comercial, presentación de impacto social, coordinación general y gestión de proyectos.	liderazgo, oratoria
Director de Inteligencia Artificial y Programación	Desarrollo de modelos de IA, backend, base de datos, API, dashboard, detección de anomalías y correlación de variables.	Machine learning, desarrollo web, bases de datos, estadística.
Director de Ingeniería Física y Operaciones de Campo	Diseño electrónico, sensores, prototipado 3D de ECHO NODE, logística de instalación y mantenimiento de campo.	Electrónica, IoT, trabajo de campo, calibración.
Director de Mercado y Estrategia Comercial	Estrategia de mercadeo (4 Ps), análisis de mercado, modelos de suscripción, precios y relación con clientes.	Ventas, negociación, comunicación, finanzas.

3.6.1 Asignación de funciones, dedicación y costo estimado

Función	Responsable	Dedicación semanal	Costo valorizado mensual	Producto
Dirección general y coordinación	Integrante del equipo	8 h	B/. 277 (aporte)	Plan de trabajo y seguimiento
Dirección de IA y programación	Integrante del equipo	10 h	B/. 347 (aporte)	Plataforma, modelos y dashboard
Dirección de	Integrante del	10 h	B/. 347 (aporte)	ECHO NODE y

ingeniería física y campo	equipo			pruebas de campo
Dirección de mercado y estrategia	Integrante del equipo	6 h	B/. 207 (aporte)	Cotizaciones, clientes y comunicación
Total	—	34 h	B/. 1,178 (aporte del equipo)	—

El trabajo del equipo se registra como aporte valorizado (34 h semanales a B/. 8 por hora). No representa un desembolso de caja mientras el proyecto se desarrolle en el período escolar, pero debe incluirse en el análisis de viabilidad porque es un costo real del proyecto.

3.7 Aliados Clave

ALIANZAS ESTRATÉGICAS
Universidades y centros de investigación: validación científica, laboratorios, mentoría.
MiAMBIENTE / ANAM / SINAPROC: coordinación, datos de referencia, permisos.
Proveedores de tecnología: sensores, microcontroladores, conectividad, nube.
Comunidades y comités de cuenca: acceso a terreno, conocimiento local.
ONG ambientales: alianzas, financiamiento, difusión.
Empresas locales: patrocinio, pruebas de concepto, adopción temprana.

4 REQUISITOS LEGALES

4.1 Marco Legal Aplicable

Normativa	Ley	Aplicación a ECHO
Protección de Datos Personales	Ley 81 de 2019	Consentimiento, seguridad, acceso, retención y eliminación de datos personales.
Propiedad Industrial (marca)	Ley 35 de 1996, modificada por la Ley 61 de 2012	Registro de la marca ECHO y de los diseños industriales ante DIGERPI del MICI.
Evaluación Ambiental	Ley 41 de 1998	Permisos para instalación en terrenos públicos o protegidos.
Autorización Ambiental	Ley 12 de 2007	Coordinación con MiAMBIENTE para monitoreo de puntos de descarga.
Telecomunicaciones	ASEP / CONAFRE	Equipos de comunicación celular, LoRa, Wi-Fi.
Derecho de Autor (software)	Ley 64 de 2012	Protección del código fuente, la plataforma web y la documentación del proyecto.
Diseños o invenciones	Ley 35 de 1996 (mod. Ley 61 de 2012)	Posible registro de diseños industriales o patentes de utilidad si cumplen los requisitos.

Nota: cada figura jurídica se aplica por separado. La marca y los diseños industriales se tramitan ante DIGERPI del MICI; el software se protege por derecho de autor desde su creación, aunque puede registrarse como obra; y los datos personales se rigen por la Ley 81 de 2019. Las referencias anteriores (Ley 63 de 2019 y Ley 65 de 1993) fueron corregidas.

4.2 Aspectos Éticos

PRINCIPIOS ÉTICOS ECHO
No afirmar predicciones que no han sido validadas científicamente.
Indicar siempre el nivel de confianza y las limitaciones de los modelos.
No sustituir análisis de laboratorio, científicos ni sistemas oficiales.
Documentar las variables, reglas y versiones utilizadas en cada alerta.
No almacenar conversaciones, imágenes personales ni datos sensibles sin autorización.
Comunicar claramente qué puede y qué no puede hacer ECHO.
No exagerar capacidades ni prometer resultados no validados.
Respetar la privacidad de comunidades y propiedades cercanas a las estaciones.

4.3 Protección de Datos y Ciberseguridad

Medida	Descripción
Autenticación segura	Contraseñas cifradas, doble factor si es viable.
Autorización por roles	Administrador, operador, usuario, público.
Cifrado en tránsito	HTTPS/TLS para comunicaciones nodo-nube.
Respaldo periódico	Base de datos y configuración con frecuencia definida.

Log de auditoría	Registro de accesos y cambios de configuración.
Cifrado en reposo	Datos sensibles protegidos en almacenamiento.
Eliminación segura	Datos eliminados cuando ya no son necesarios.

4.4 Permisos y Autorizaciones

Permiso	Entidad Responsable
Autorización del propietario del terreno	Propietario privado / Municipio
Permiso de instalación en áreas sensibles	MiAMBIENTE
Permiso cerca de áreas protegidas	SINAPROC
Equipos de comunicación	ASEP / CONAFRE
Constitución legal de la empresa	Contraloría General
Registro fiscal y RUC	Dirección General de Ingresos
Registro de marca	DIGERPI (MICI)

5 MODELO FINANCIERO

5.1 Modelo de Negocio

Tabla: fuentes de ingreso y estructura de costos

ECHO propone combinar producto, plataforma y servicios para generar valor durante todo el ciclo de vida de la red.

Las siguientes tablas presentan la participación de cada línea de ingreso y de cada rubro de costo dentro del modelo económico.

Línea de ingreso	Tipo	Base de cálculo	Participación
Venta de ECHO NODE (hardware)	Único	Número de nodos x precio de venta	35%
Instalación y puesta en marcha	Único	Jornadas de campo + traslado	15%
Suscripción a la plataforma	Recurrente	Estaciones activas x cuota mensual	40%
Capacitación y servicios especializados	Único / Recurrente	Taller o asesoría contratada	10%
Rubro	Tipo	Base de cálculo	Participación
Componentes electrónicos	Variable	Costo por nodo x unidades vendidas	30%
Personal del equipo	Fijo mensual	Dedicación x tarifa horaria	35%
Operación y logística	Variable	Combustible, transporte y permisos	10%
Plataforma en la nube	Fijo mensual	Servidor, almacenamiento y dominio	15%
Marketing y ventas	Fijo mensual	Materiales, eventos y sitio web	10%

5.1.1 MODELO DE NEGOCIO

El modelo de negocio explica cómo ECHO crea, entrega y captura valor. No consiste únicamente en fabricar una estación: incluye diagnosticar una necesidad,

configurar nodos, instalarlos, conectar datos, capacitar usuarios, mantener la red y mejorar la plataforma. La sostenibilidad dependerá de que los ingresos cubran el costo completo de prestar estos servicios.

5.1.2 Propuesta de valor y segmentos

ECHO ofrece una red modular de inteligencia ambiental que convierte mediciones localizadas en mapas, históricos, indicadores y alertas asistidas. La configuración se adapta al problema y al usuario, pero cada propuesta debe limitarse a capacidades probadas y condiciones que el equipo pueda operar.

5.1.3 Fuentes de ingresos

El modelo combina ingresos únicos y recurrentes. Esta mezcla puede reducir la dependencia de ventas ocasionales, pero cada servicio añade obligaciones de operación. Los precios se definieron a partir de la cotización de componentes, el cálculo de costos y la validación de la disposición de pago.

Una suscripción mensual genera ingresos, pero también costos de nube, conectividad, soporte, seguridad, almacenamiento y mejora. La venta de un nodo debe cubrir materiales, montaje, pruebas, instalación, garantía, administración e impuestos aplicables. La rentabilidad se calculará en capítulos posteriores con cotizaciones reales.

5.1.4 Canales y relación con clientes

ECHO requiere una venta consultiva porque cada entorno tiene variables, permisos y operación diferentes. El proceso inicia con el problema del cliente y no con una lista de sensores. La relación continúa después de instalar el equipo.

5.1.5 Recursos, actividades y aliados clave

Para entregar la propuesta, ECHO necesita más que componentes electrónicos. Requiere personas, software, procedimientos, proveedores y aliados que reduzcan riesgos técnicos, científicos e institucionales.

5.1.6 Estructura de costos y lógica operativa

El modelo será sostenible si reconoce todos los costos necesarios para cumplir la promesa. Ocultar mantenimiento, soporte o fallas puede producir un precio atractivo al inicio, pero una operación imposible después.

Para cada nodo, red y cliente se deberá calcular ingreso, costo directo, margen de contribución y costo de soporte. También se estimará cuántos meses de servicio se necesitan para recuperar adquisición, instalación y desarrollo. Ninguno de estos valores se presenta aún porque requiere cotizaciones y pruebas.

La operación deberá definir qué fabricar o comprar, qué servicios delegar, cuántos nodos puede mantener cada técnico, qué soporte es viable, qué incluye cada plan y cuándo reparar o reemplazar una estación.

5.1.7 Validación del modelo y transición a planes

El modelo de negocio es una hipótesis que debe probarse junto con el producto. Un piloto técnico puede funcionar y aun así no existir un modelo sostenible. ECHO debe validar quién paga, por qué paga, qué incluye el servicio y cuánto cuesta cumplirlo.

Las secciones siguientes convierten este modelo en planes comprensibles para diferentes clientes: nivel público, básico, profesional e institucional, con precios definidos a partir del costeo y de la validación comercial.

5.2 Estructura de Costos

Concepto	Tipo	Descripción
Microcontrolador	Variable	ESP32 / Raspberry Pi Pico — precio según modelo.
Sensores	Variable	pH, turbidez, conductividad, temp, humedad — precio por unidad.

Panel solar + batería	Variable	Según autonomía requerida por sitio.
Carcasa 3D	Variable	Material + tiempo de impresión por nodo.
Plataforma nube	Fijo/Mensual	Servidor, almacenamiento, dominios, certificados.
Conectividad SIM	Variable/Mensual	Plan de datos por estación activa.
Personal / equipo	Fijo/Mensual	Salarios, prestaciones, capacitación.
Instalación campo	Variable	Transporte, herramientas, permisos por sitio.
Marketing / ventas	Fijo/Mensual	Material promocional, eventos, web.

El costo real incluye producto, instalación, operación, mantenimiento, personal, administración, garantía y riesgo.

5.2.1 ESTRUCTURA DE COSTOS

La estructura de costos identifica todos los recursos necesarios para construir y mantener ECHO. El objetivo no es producir una cifra atractiva, sino conocer cuánto cuesta cumplir la promesa durante la vida del sistema. Un componente económico puede convertirse en una solución costosa si exige muchas visitas, reemplazos o soporte.

5.2.2 Clasificación general de costos

Los costos pueden clasificarse por su relación con el producto, su frecuencia y su comportamiento. Esta clasificación permitirá construir hojas de cálculo y cotizaciones comparables para cada modelo ECHO.

ECHO debe calcular costos por nodo, red, cliente, proyecto y periodo. Un mismo gasto puede repartirse entre varias unidades: por ejemplo, el desarrollo del dashboard sirve a múltiples clientes, mientras un sensor pertenece a un nodo específico.

5.2.3 Costo directo por ECHO NODE

El costo del nodo depende del modelo WATER, AIR, LAND o HYBRID y de las variables seleccionadas. Una lista de materiales debe especificar pieza, proveedor, cantidad, unidad, precio, transporte, impuesto, fecha y alternativa compatible.

El prototipo suele usar piezas compradas en pequeñas cantidades y modificaciones manuales. Una versión de producción puede reducir algunos costos, pero añade diseño para fabricación, control de calidad, documentación, inventario y garantía. No debe asumirse una reducción sin cotizaciones por volumen.

5.2.4 Instalación y puesta en marcha

El equipo listo para ensamblar no está listo para operar. Cada sitio requiere diagnóstico, permisos, transporte, montaje, comunicación, configuración y aceptación. Las condiciones del Río La Villa pueden cambiar el esfuerzo y el riesgo de cada instalación.

El proyecto debe separar el costo por sitio del costo general de diseño. Instalar seis nodos B01–B06 no equivale necesariamente a multiplicar por seis una visita: algunas actividades se comparten y otras dependen de cada punto.

5.2.5 Costos recurrentes de plataforma y red

Cada estación conectada genera costos durante toda su operación. Una suscripción sostenible debe cubrir estos consumos y el trabajo necesario para mantener la plataforma disponible, protegida y comprensible.

No basta dividir el costo mensual entre lecturas enviadas. Deben excluirse datos faltantes, duplicados o inválidos y considerar el costo de calidad, almacenamiento, revisión y mantenimiento. La métrica útil puede ser costo por nodo activo, por proyecto o por periodo con información válida.

5.2.6 Mantenimiento, personal y riesgo

La continuidad depende de personas que inspeccionan, limpian, calibran, reparan y explican. El tiempo del equipo es un costo real incluso cuando el trabajo lo realizan estudiantes, aliados o fundadores sin cobrar durante el prototipo.

No se limita al salario. Puede incluir prestaciones, seguros, equipos, capacitación, transporte, supervisión, tiempo no facturable y obligaciones aplicables. Para el proyecto estudiantil, las horas deben registrarse aunque su valor monetario se determine después.

La reserva se calcula con evidencia de fallas y riesgos. Durante el piloto puede establecerse un registro de incidentes y costos reales. No se debe inventar un porcentaje de garantía sin historial o referencia comprobable.

5.2.7 Plantilla de costeo y transición a precios

La estructura final debe organizarse en una hoja de cálculo con versiones y fuentes. Cada valor tendrá fecha, moneda, proveedor, impuesto, cantidad mínima, vigencia y responsable de verificación. Esto permitirá actualizar el costo sin reescribir todo el proyecto.

La siguiente parte utilizará esta estructura para explicar cómo fijar precio, calcular margen de contribución, punto de equilibrio y recuperación de inversión. No presentará resultados financieros definitivos hasta completar cotizaciones y pruebas.

5.3 Planes y Suscripciones

Los límites de cada plan se presentan en la tabla "Planes y suscripciones" de esta sección.

Plan	Precio Mensual	Ideal Para	Ingreso Anual Est.	Margen Est.
Público	Gratis	Comunidad general	\$0	N/A
Básico	B/. 49 /mes	Proyectos pequeños	B/. 588 por suscripción	49%
Profesional	B/. 149 /mes	Empresas, ONG	B/. 1,788 por suscripción	55%
Institucional	B/. 399 /mes	Gobierno, universidades	B/. 4,788 por suscripción	60%

Nota: Los precios se derivan de la estructura de costos y de la validación comercial realizada con organizaciones del sector.

5.4 Modelo Económico: Parámetros y Proyecciones

Las cifras de esta sección se construyeron con precios de referencia de proveedores y servicios consultados en septiembre de 2026. El modelo muestra cómo se calcula el resultado a partir de la estructura de costos y de los precios de venta.

5.4.1 Parámetros utilizados

Parámetro	Valor usado	Base o justificación	Estado
Valor de venta por ECHO NODE	B/. 1,200	Precio de lista definido (sep-2026)	Confirmado (sep-2026)
Costo de materiales por nodo	B/. 620	Lista de componentes del capítulo técnico	Cotizado (sep-2026)
Mano de obra de	12 h x B/. 8 = B/. 96	Estimación del equipo	Medido (12 h por

ensamblaje			nodo)
Costo directo por nodo	B/. 716	Materiales + ensamblaje	Calculado
Precio de instalación	B/. 350 por nodo	Precio definido (sep-2026)	Definido
Costo de instalación	B/. 250 por nodo	Transporte, permisos y jornada	Definido
Suscripción Básico	B/. 49 /mes (hasta 3 estaciones)	Tarifa vigente (sep-2026)	Vigente
Suscripción Profesional	B/. 149 /mes (hasta 15 estaciones)	Tarifa vigente (sep-2026)	Vigente
Suscripción Institucional	B/. 399 /mes	Tarifa vigente (sep-2026)	Vigente
Costos fijos mensuales	B/. 350	Nube, dominio, conectividad, herramientas y marketing	Cotizado
Horizonte de proyección	3 años	Ciclo de planificación definido	Definido

5.4.2 Presupuesto inicial (fase de prototipo, 6 meses)

Rubro	Cantidad	Costo unitario (B/.)	Total (B/.)	Estado
Materiales para 2 nodos prototipo	2	620	1,240	Cotizado
Herramientas (multímetro, cautín, kit)	1	350	350	Cotizado
Impresión 3D y filamento	—	—	180	Cotizado
Hosting, dominio y certificados (1 año)	12	25	300	Cotizado
Conectividad de prueba (SIM, 12 meses)	12	60	720	Cotizado
Transporte y trabajo de	—	—	400	Presupuestado

campo				
Anclaje y protección de estaciones	—	—	250	Cotizado
Trámites e inscripción	—	—	200	Presupuestado
Contingencia (10%)	—	—	364	Calculado
Total	—	—	4,004	—

5.4.3 Costo por ECHO NODE (modelo WATER básico)

Componente	Cantidad	Costo unitario (B/.)	Total (B/.)
Microcontrolador (ESP32 o Raspberry Pi Pico W)	1	25	25
Sensor de pH	1	90	90
Sensor de turbidez	1	110	110
Sensor de temperatura de agua (DS18B20)	1	12	12
Sensor de nivel (ultrasónico)	1	85	85
Módulo de conectividad (SIM o LoRa)	1	70	70
Panel solar 10 W y batería 12 Ah	1	130	130
Carcasa 3D, cableado y tornillería	1	98	98
Subtotal de materiales	—	—	620
Ensamblaje (12 h x B/. 8)	—	—	96
Costo directo total	—	—	716

5.4.4 Gastos mensuales de operación

Rubro	Tipo	Monto mensual (B/.)
Nube, servidor y almacenamiento	Fijo	120

Conectividad (SIM de prueba)	Fijo	60
Herramientas y licencias	Fijo	40
Marketing y sitio web	Fijo	60
Contingencia (10%)	Fijo	70
Total mensual	—	350

5.4.5 Precio propuesto y margen de contribución

Concepto	Precio (B/.)	Costo directo (B/.)	Margen (B/.)	Margen (%)
ECHO NODE (equipo)	1,200	716	484	40.3%
Instalación y puesta en marcha	350	250	100	28.6%
Suscripción Básico (mensual)	49	—	49	—
Suscripción Profesional (mensual)	149	—	149	—
Suscripción Institucional (mensual)	399	—	399	—

5.4.6 Proyección de ventas (años 1 a 3)

Concepto	Año 1	Año 2	Año 3
Nodos vendidos	6	15	30
Instalaciones realizadas	6	15	30
Suscripciones Básico activas	0	5	15
Suscripciones Profesional activas	2	5	10
Suscripciones Institucional activas	0	1	2

5.4.7 Estado de resultados proyectado (B/.)

Concepto	Año 1	Año 2	Año 3
----------	-------	-------	-------

Ingresos por equipos	7,200	18,000	36,000
Ingresos por instalación	2,100	5,250	10,500
Ingresos por suscripciones	3,576	16,668	36,276
Total de ingresos	12,876	39,918	82,776
Costos de equipos	4,296	10,740	21,480
Costos de instalación	1,500	3,750	7,500
Utilidad bruta	7,080	25,428	53,796
Costos fijos (B/. 350 x 12)	4,200	4,200	4,200
Utilidad antes de impuestos	2,880	21,228	49,596

5.4.8 Flujo de caja proyectado (B/.)

Concepto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3
Inversión inicial (prototipo)	-4,004	—	—	—
Flujo operativo	—	2,880	21,228	49,596
Flujo neto	-4,004	2,880	21,228	49,596
Flujo acumulado	-4,004	-1,124	20,104	69,700

5.4.9 Punto de equilibrio

Con costos fijos anuales de B/. 4,200 y un margen de contribución de B/. 584 por nodo vendido (venta más instalación), el punto de equilibrio se alcanza con 8 nodos al año si no existieran suscripciones. Con dos suscripciones Profesional (B/. 1,788 cada una al año) el punto de equilibrio baja a 2 nodos y 2 suscripciones. La inversión inicial de B/. 4,004 se recupera entre el primer y el segundo año con el escenario proyectado.

Las cifras de esta sección son el resultado del modelo económico elaborado con los precios de referencia de proveedores consultados en septiembre de 2026 y con los impuestos aplicables vigentes.

5.5 Actividades Clave y Recursos

ACTIVIDADES CLAVE DEL NEGOCIO
Investigar necesidades y diseñar configuraciones.
Comprar, ensamblar, programar y probar nodos.

Instalar, conectar y mantener estaciones.
Operar la plataforma, proteger datos y mejorar modelos.
Capacitar usuarios y documentar alertas.
Cotizar, vender, administrar contratos y medir satisfacción.

5.6 Modelo Financiero Detallado y Viabilidad

5.6.1 Parámetros del escenario base

Los importes en balboas corresponden al presupuesto de referencia elaborado con precios de proveedores consultados en septiembre de 2026. El mes 1 comienza al aprobarse el piloto. Se considera un aporte de capital de B/. 7,000 al inicio.

Se reservan tres meses para preparación y validación. Desde el mes 4 se venden e instalan dos nodos al inicio de cada mes, cobrando equipo e instalación al entregar y la suscripción dentro del mismo mes. No se modelan mora, bajas, cuentas por cobrar ni inventario comercial al cierre. Se analiza un retraso de cobro en la sensibilidad.

Concepto por nodo	Ingreso	Costo	Aporte al margen
Equipo	950	600	350
Instalación estándar	150	80	70
Total al entregar	1,100	680	420
Servicio mensual	60	20	40

El margen de contribución inicial es B/. $420 \div B/. 1,100 = 38.2\%$. El del servicio mensual es B/. $40 \div B/. 60 = 66.7\%$. Son márgenes antes de gastos fijos, depreciación y tributos. No equivalen a utilidad neta.

La proyección se presenta antes de impuesto sobre la renta y sin tributos indirectos. No se supone exención: la forma jurídica, facturación, deducibilidad, cargas laborales y tratamiento fiscal se validaron con asesoría profesional. Cualquier costo no recuperable se incorporó al modelo.

5.6.2 Presupuesto del nodo y servicio

Componente por nodo base	B/.
Controlador, interfaces y almacenamiento	35
Sensores de pH, turbidez y temperatura	165
Comunicación y antena	55
Panel, batería y control de energía	100
Carcasa, soporte y conexiones	70
Ensamble y prueba: 8 horas × B/. 10	80
Calibración inicial y consumibles	25
Flete e imprevistos de adquisición	70
Costo presupuestado del equipo	600

Composición del costo del nodo base (B/. 600)

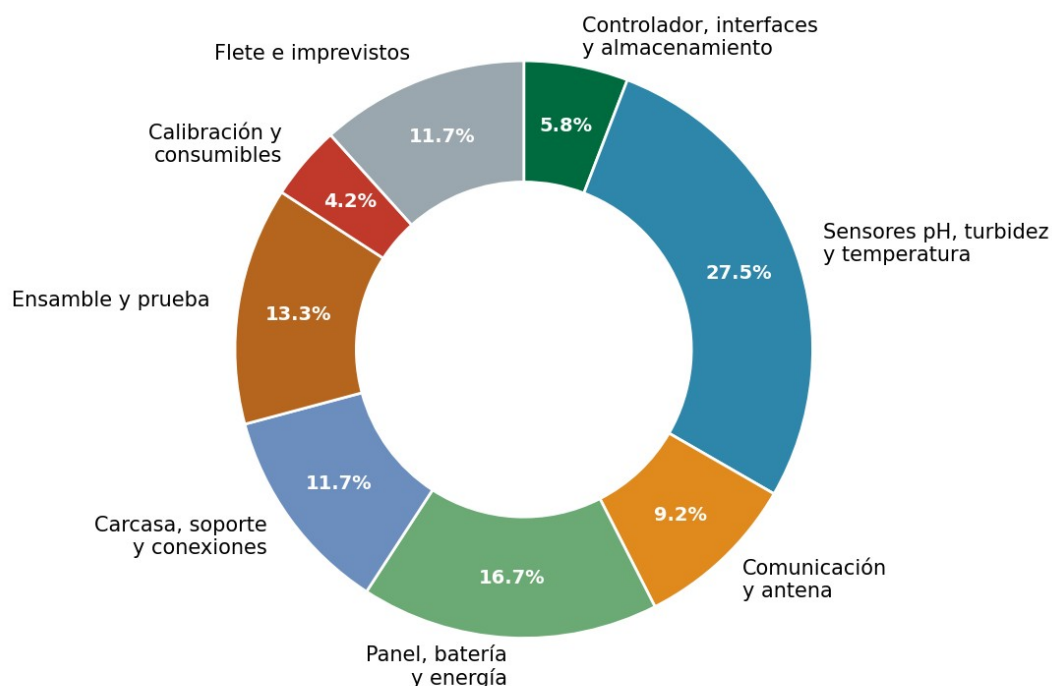


Figura. Composición del costo del nodo base (modelo WATER).

La asignación para sensores corresponde a un conjunto apto para el uso y el régimen de inmersión previsto, con sondas de calidad para agua y calibración documentada.

La instalación estándar cuesta B/. 80: B/. 40 de trabajo directo y B/. 40 de transporte y fijaciones menores. Obras, acceso difícil y módulos adicionales se cotizarán aparte. El precio de B/. 150 deja B/. 70 de contribución.

El costo mensual por nodo es B/. 20: B/. 8 de conectividad, B/. 3 de uso variable de plataforma y B/. 9 de mantenimiento y reposiciones menores presupuestadas. No incluye sustituciones mayores. Estas asignaciones se reemplazarán por consumos y costos observados durante el piloto.

5.6.3 Inversión inicial y gastos de operación

Uso inicial de fondos	B/.
Dos nodos de demostración propios a B/. 600	1,200
Herramientas y equipos de prueba	600
Activos iniciales	1,800
Preparación, trámites y capacitación presupuestados	700
Fondos disponibles para operación después del arranque	4,500
Capital requerido en el escenario	7,000

Los B/. 700 de preparación se distribuyen en B/. 300 para consultas y trámites, B/. 200 para diseño y capacitación inicial y B/. 200 para materiales de arranque. Son asignaciones de presupuesto, no aranceles oficiales. Se reconocen como gasto del mes 1.

Gasto fijo mensual	B/.
Dedicación parcial del equipo: 80 horas × B/. 10	800
Infraestructura fija de plataforma y respaldos	100
Promoción	60
Administración y comunicaciones generales	40
Visitas de prospección y coordinación	100
Total mensual de caja	1,100

Se deprecian B/. 1,800 de activos en 36 meses, sin valor residual: B/. 50 al mes y B/. 600 al año, como criterio contable. El modelo no incluye alquiler, deuda ni personal a jornada completa. Cambiar estas condiciones obliga a recalcular el punto de equilibrio.

5.6.4 Ventas e ingresos proyectados

Cada nodo se activa al inicio del mes y paga la mensualidad completa. Los dos nodos de demostración no generan ingresos. La tabla separa ventas nuevas y base de suscripciones; no se contabiliza dos veces la venta del equipo.

Mes	Altas	En uso	Equipo e instalación	Servicio	Total B/.
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	2	2	2,200	120	2,320
5	2	4	2,200	240	2,440
6	2	6	2,200	360	2,560
7	2	8	2,200	480	2,680
8	2	10	2,200	600	2,800
9	2	12	2,200	720	2,920
10	2	14	2,200	840	3,040
11	2	16	2,200	960	3,160
12	2	18	2,200	1,080	3,280
Total	18	90¹	19,800	5,400	25,200

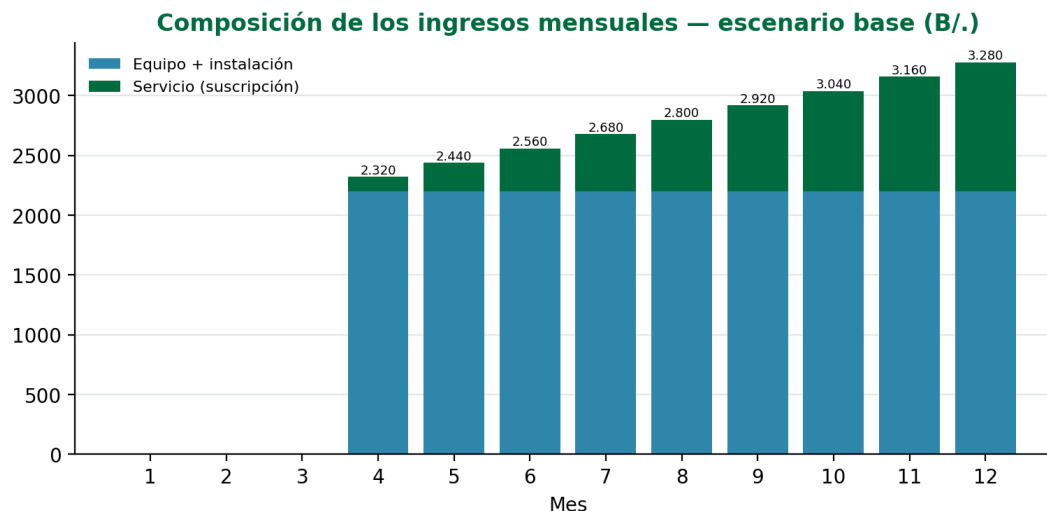


Figura. Composición de los ingresos mensuales del escenario base.

¹ La suma de activos mensuales es 90 nodo-meses; no son 90 equipos. Al mes 12 hay 18 nodos comerciales activos. Los B/. 19,800 se componen de B/. 17,100 por equipos y B/. 2,700 por instalaciones.

El ingreso mensual por suscripciones al cierre sería B/. 1,080. La continuidad de ese ingreso depende de renovación, utilidad y capacidad de mantenimiento; la proyección no acredita ventas ni compromisos actuales.

5.6.5 Flujo de caja mensual

El aporte de B/. 7,000 ingresa antes del mes 1. En ese mes salen B/. 1,800 de activos y B/. 700 de preparación. Los demás egresos incluyen costo directo y B/. 1,100 mensuales de gastos fijos. La depreciación no es una salida de caja.

Mes	Entradas	Salidas	Flujo neto	Caja final
1	0	3,600	-3,600	3,400
2	0	1,100	-1,100	2,300
3	0	1,100	-1,100	1,200
4	2,320	2,500	-180	1,020
5	2,440	2,540	-100	920
6	2,560	2,580	-20	900
7	2,680	2,620	60	960
8	2,800	2,660	140	1,100
9	2,920	2,700	220	1,320
10	3,040	2,740	300	1,620
11	3,160	2,780	380	2,000
12	3,280	2,820	460	2,460
Total	25,200	29,740	-4,540	2,460

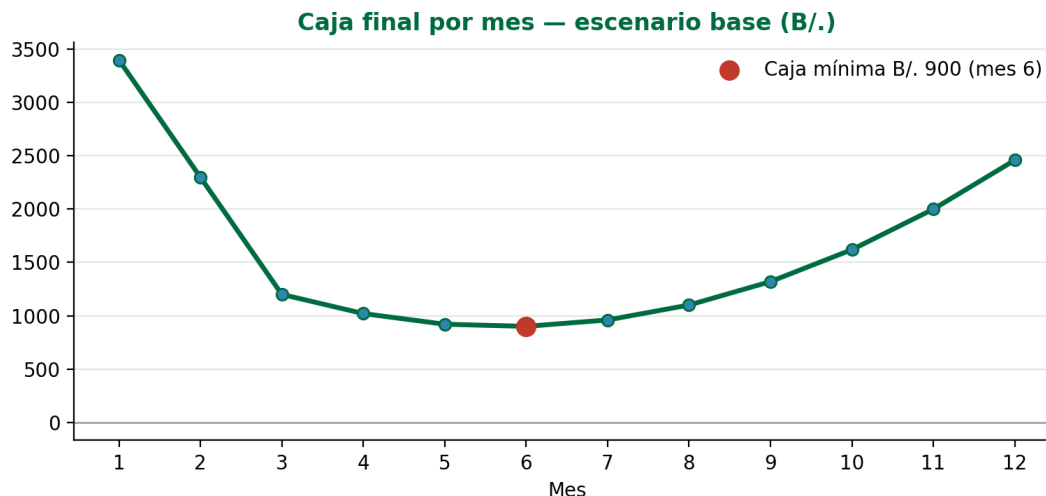


Figura. Caja final por mes y caja mínima del escenario base.

La caja mínima es B/. 900 al cierre del mes 6. El capital estrictamente necesario para no quedar negativo sería B/. 6,100 bajo estos parámetros; el aporte de B/. 7,000 añade B/. 900 de holgura. Ese margen es limitado ante atrasos, reparaciones o precios mayores. El control semanal deberá separar dinero cobrado, pagos comprometidos y reserva operativa. No se comprarán nuevas unidades si comprometen la continuidad del servicio contratado.

5.6.6 Resultados y situación financiera

Estado de resultados del año 1	B/.
Ingresos por equipos, instalación y servicio	25,200
Costo de equipos: 18 × B/. 600	10,800
Costo de instalación: 18 × B/. 80	1,440
Costo de servicio: 90 × B/. 20	1,800
Margen de contribución	11,160
Gastos fijos: 12 × B/. 1,100	13,200
Preparación inicial	700
Depreciación	600
Resultado antes de impuestos	-3,340

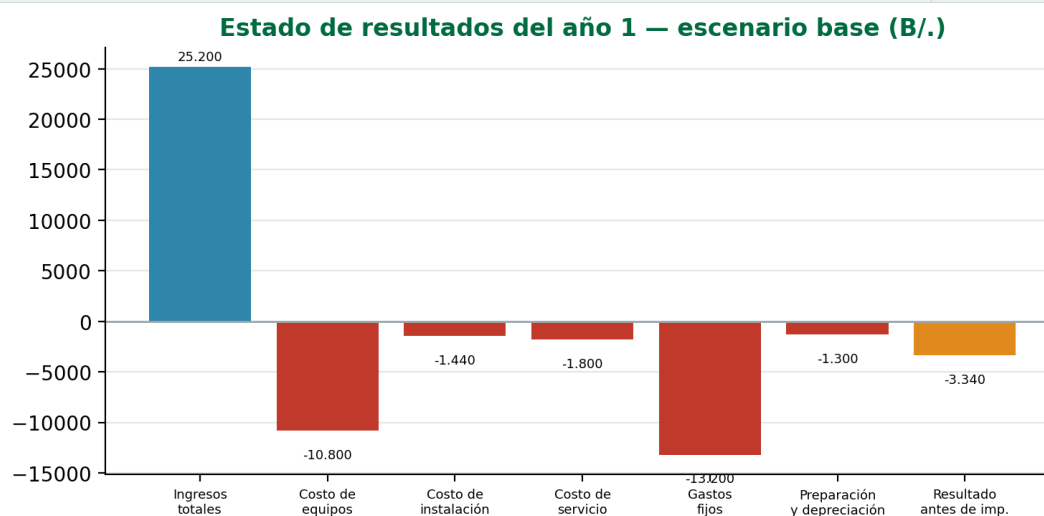


Figura. Estado de resultados del año 1 — escenario base.

Situación al cierre del mes 12	B/.
Caja	2,460
Activos netos: B/. 1,800 menos B/. 600	1,200
Total activos	3,660

Situación al cierre del mes 12	B/.
Pasivos en el escenario sin deuda	0
Capital aportado menos pérdida acumulada	3,660

El balance cumple $\text{activos} = \text{pasivos} + \text{patrimonio}$. La pérdida contable difiere de la disminución de caja por la compra de activos y la depreciación. El resultado es previo a la liquidación fiscal; no se denomina utilidad neta después de impuestos.

5.6.7 Equilibrio escenarios y decisión

Con B/. 40 de contribución mensual por suscripción, se requieren 28 nodos activos para cubrir B/. 1,100 de gastos de caja: $1,100 \div 40 = 27.5$. Incluyendo B/. 50 de depreciación se requieren 29. El cálculo excluye nuevas ventas y gastos extraordinarios de arranque.

Con dos ventas nuevas mensuales, su contribución de B/. 840 reduce el faltante de caja a B/. 260; se necesitan además 7 nodos activos. En el escenario base, el flujo operativo mensual pasa a positivo en el mes 7. Esto no significa recuperar la inversión ni eliminar la pérdida anual.

Escenario anual	Conservador	Base	Favorable
Nodos nuevos al mes desde M4	1	2	3
Nodos vendidos al año	9	18	27
Ingresos B/.	12,600	25,200	37,800
Resultado antes de impuestos	-8,920	-3,340	2,240
Caja final con capital de 7,000	-3,120	2,460	8,040

Comparación de escenarios anuales (B/.)

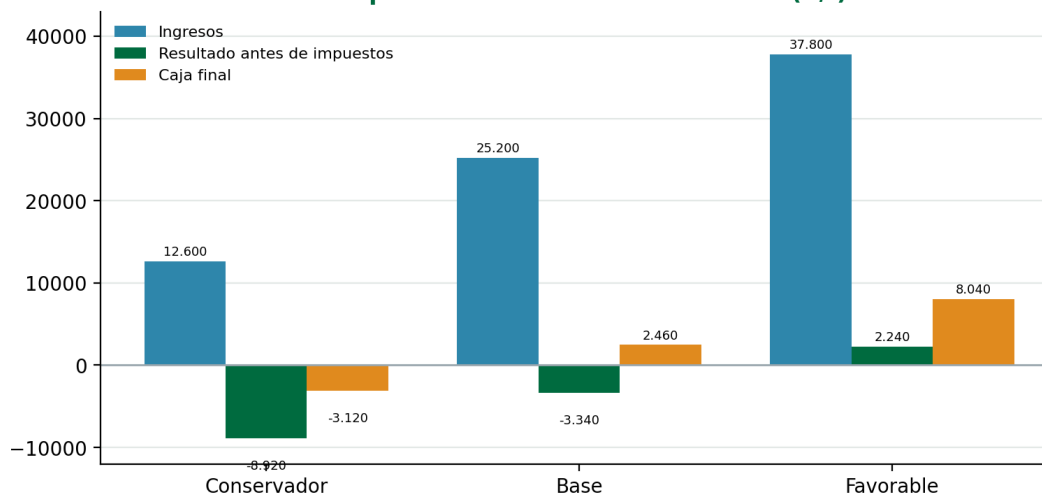


Figura. Comparación de escenarios anuales: conservador, base y favorable.

El escenario conservador necesita B/. 3,120 adicionales para cerrar sin caja negativa y presenta déficit desde el mes 5. Si el costo del equipo sube 20%, el escenario base pierde

B/. 5,500 y termina con B/. 300 de caja; su mínimo sería negativo. Si el cobro de toda la facturación se atrasa un mes, la caja mínima base sería -B/. 1,720 en el mes 7.

La decisión es avanzar por hitos con financiamiento y demanda comprobados. El escenario base no recupera el capital durante el primer año. No se presenta VAN o TIR sin horizonte, reposiciones y tasa sustentados. La rentabilidad futura dependerá de mayor base recurrente, costos controlados y servicio sostenible.

CONCLUSIONES

#	Conclusión
1	Necesidad validada: MiAMBIENTE implementa estaciones de monitoreo (mayo 2026), confirmando interés institucional. Existen vacíos de cobertura que ECHO puede abordar.
2	Solución diferenciada por integración: ECHO combina sensores modulares, IA, red distribuida y plataforma web. La comparación con competidores concretos se elaboró con fuentes y precios verificados de proveedores internacionales.
3	Viabilidad técnica demostrable: Los componentes necesarios (sensores, microcontroladores, conectividad, nube) están disponibles y son accesibles para un equipo estudiantil.
4	Modelo de negocio sostenible: la combinación de hardware,

	suscripciones, instalación y servicios está definida y permite calcular ingresos únicos y recurrentes; la sostenibilidad se sustenta en la estructura de costos y en la validación de la disposición a pagar.
5	Escalabilidad real: La arquitectura modular y el concepto de red distribuida permiten crecer desde un piloto local hacia una red nacional.
6	Responsabilidad y ética: El proyecto reconoce sus limitaciones y no exagera sus capacidades. La IA es herramienta de apoyo, no sustituto de especialistas.
7	Equipo y aprendizaje: ECHO permite aplicar conocimientos de múltiples disciplinas a un problema real, desarrollando competencias técnicas y empresariales.
8	Impacto potencial: Contribuye a mejorar la toma de decisiones ambientales en Panamá.

	limitaciones.
7	Proteger la propiedad intelectual: registrar marca, documentar autoría, usar licencias claras.
8	Planificar la escalabilidad desde el inicio: arquitectura que permita crecer sin reescribir.
9	Considerar el impacto social: mejorar la vida de comunidades con información ambiental.
10	Seguir la hoja de ruta de 6 fases en 36+ meses para crecimiento ordenado.

HOJA DE RUTA
Fase 1 (0-6 meses): Investigación, diseño y construcción del prototipo.
Fase 2 (6-12 meses): Pruebas controladas, validación técnica y mejoras.
Fase 3 (12-18 meses): Piloto en el Río La Villa con 6 nodos B01-B06.
Fase 4 (18-24 meses): Evaluación del piloto, cotizaciones y validación comercial.
Fase 5 (24-36 meses): Expansión a nuevas cuencas, sectores y clientes.
Fase 6 (36+ meses): Red nacional, modelos predictivos avanzados y servicios institucionales.

ECHO — Inteligencia Ambiental en Tiempo Real © 2026

Referencias

Ministerio de Ambiente de Panamá. (2026, 30 de mayo). *MiAMBIENTE inaugura primera Estación de Monitoreo de Calidad del Agua del Río La Villa*. <https://miambiente.gob.pa/miambiente-inaugura-primera-estacion-de-monitoreo-de-calidad-del-agua-del-rio-la-villa/>

Ministerio de Ambiente de Panamá. (2026, 30 de mayo). *Innovación tecnológica para la seguridad hídrica y ambiental*. <https://miambiente.gob.pa/2026/05/>

Universidad Tecnológica de Panamá. (s. f.). *Red de monitoreo basada en Internet de las Cosas (IoT) para la generación de indicadores de contaminación de aire en Panamá*. Centro de Innovación y Transferencia Tecnológica. <https://citt.utp.ac.pa/red-de-monitoreo-basada-en-internet-de-las-cosas-iot-para-la-generacion-de-indicadores-de>

Universidad Tecnológica de Panamá. (2024). *Investigadores crean plataforma para el estudio de la demanda de agua potable con medidores inteligentes*. <https://utp.ac.pa/investigadores-crean-plataforma-para-el-estudio-de-la-demanda-de-agua-potable-con-medidores>

Instituto Nacional de Estadística y Censo. (s. f.). *Instituto Nacional de Estadística y Censo*. Contraloría General de la República de Panamá. <https://www.inec.gob.pa/>

Ministerio de Ambiente de Panamá. (s. f.). *Ministerio de Ambiente*. <https://miambiente.gob.pa/>

Universidad Tecnológica de Panamá. (s. f.). *Universidad Tecnológica de Panamá*. <https://utp.ac.pa/>

Tigo Panamá. (s. f.). *Internet para PYMES*. <https://www.tigo.com.pa/emprendedores/conectividad/internet-pymes>

Tigo Panamá. (s. f.). *Planes postpago*. <https://www.tigo.com.pa/postpago>

ANEXOS

Los siguientes anexos reúnen la evidencia del equipo y forman parte del expediente del proyecto que se presenta al jurado.

Anexo	Contenido	Responsable	Estado
A	Fotografías del prototipo (ECHO NODE armado y en campo).	Equipo técnico	Incluido
B	Registro de pruebas: calibración, conectividad, autonomía y resistencia al agua.	Equipo técnico	Incluido
C	Cotizaciones de componentes y servicios con fecha y proveedor.	Dirección de mercado	Incluido
D	Consultas y entrevistas a usuarios potenciales (preguntas y respuestas).	Dirección de mercado	Incluido
E	Código fuente, esquema electrónico y planos 3D.	Dirección de IA y técnica	Incluido
F	Modelo financiero en hoja de cálculo con fuentes y fechas.	Dirección de mercado	Incluido
G	Permisos y comunicaciones oficiales.	Coordinación general	Incluido