

Apéndice. A. Macroentorno (Análisis PESTEL)

Factor político. El análisis del factor político en un proyecto como el *Sistema Inteligente de Monitoreo en Tiempo Real para el Consumo de Energía y Agua* se enfoca en entender cómo las políticas públicas, normativas y regulaciones vigentes en torno al consumo de energía y agua afectan su implementación, desarrollo, y adopción.

Diversos países han implementado políticas para fomentar la eficiencia energética y la gestión sostenible del agua. En la Unión Europea, por ejemplo, la Directiva de Eficiencia Energética 2012/27/UE establece obligaciones para que los Estados miembros fomenten la eficiencia en el consumo energético en sectores clave (Union Europea, 2023). Esta directiva promueve el uso de tecnologías inteligentes, incluyendo sistemas de monitoreo de energía en tiempo real, y busca reducir el consumo de energía en un 32.5% para 2030. En los Estados Unidos, la *Energy Policy Act* de 2005 y la *Energy Independence and Security Act* de 2007 promueven la eficiencia energética y la gestión del agua, apoyando tecnologías de monitoreo y control (Carvajal, Gil, & Poveda, 2024). Estas políticas incluyen incentivos fiscales para tecnologías que reduzcan el consumo de energía en edificaciones y fomenten el desarrollo de infraestructura que permita un monitoreo efectivo del consumo.

En Colombia Ley 1715 de 2014 incentiva el uso eficiente de la energía y el desarrollo de tecnologías sostenibles. Esta ley fomenta la inversión en sistemas de monitoreo y control inteligente de energía y busca integrar fuentes renovables al sistema nacional, en un esfuerzo por reducir la dependencia de combustibles fósiles y el consumo energético (Funcion Publica, 2014).

En América Latina, la eficiencia *Energética 2030* fomenta el monitoreo de consumo de recursos en edificios públicos y privados a través de tecnologías avanzadas

de medición y control. Este programa, respaldado por el BID, promueve políticas de gestión inteligente del agua y la energía para la reducción de consumo y optimización de recursos, favoreciendo proyectos que implementen sistemas de monitoreo en tiempo real (Banco Interamericano de Desarrollo (BID), 2024).

Los informes de instituciones como la *Agencia Internacional de Energía* (AIE) destacan que el monitoreo inteligente de energía puede reducir el consumo de energía en edificaciones entre un 10% y un 20%. Un estudio de la AIE de 2021, titulado *Digitalización y Energía*, subraya que el desarrollo de tecnología de monitoreo puede contribuir significativamente al ahorro energético global, apoyando el cumplimiento de los objetivos de sostenibilidad para 2030 (Keith, 2023).

Según la *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura* (FAO), el monitoreo inteligente en sistemas de agua permite reducir hasta un 30% el consumo de agua en áreas urbanas, con un impacto positivo en la conservación de este recurso escaso en muchas regiones del mundo. Esto refuerza la importancia de los sistemas inteligentes para el control en tiempo real del agua (Banco Interamericano de Desarrollo, 2017).

Factor económico. En Colombia, la demanda de tecnologías de monitoreo y eficiencia energética ha aumentado significativamente en los últimos años. Según datos del Ministerio de Minas y Energía, en 2022 el país incrementó su inversión en proyectos de eficiencia energética en un 25%, este crecimiento responde a la implementación de la Ley 1715 de 2014, que promueve la reducción del consumo energético en sectores industriales y residenciales, ya la Ley 1429 de 2010, que otorga incentivos tributarios a proyectos de innovación tecnológica (MinEnergía, 2024).

Asimismo, el sector de gestión de agua en Colombia también ha mostrado avances significativos. En 2023, el Departamento Nacional de Planeación (DNP)

reportó que las inversiones en infraestructura de monitoreo y tratamiento de agua aumentaron un 18% respecto al 2022, alcanzando los 74 billones (Departamento Nacional de Planeación (DNP), 2022). Estas inversiones responden a la creciente necesidad de un consumo de agua responsable y la normativa de gestión hídrica en zonas urbanas.

La implementación de sistemas de monitoreo en tiempo real podría generar ahorros significativos en los costos operativos de empresas y hogares. Según un estudio del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el monitoreo inteligente del consumo de energía y agua puede reducir hasta en un 15% el consumo de energía y en un 20% el consumo de agua en edificaciones. En Colombia, esto podría representar en sectores como la industria y el comercio, que son los mayores consumidores de estos recursos (DNP, 2017). Además, el Ministerio de Ambiente estima que para 2024, el uso de tecnologías de monitoreo inteligente en empresas y edificios residenciales podría evitar la emisión de CO₂, contribuyendo así a los compromisos de reducción de huella de carbono del país (MinAmbiente, 2024).

El gobierno colombiano ha implementado una serie de incentivos para promover tecnologías sostenibles, el Fondo de Energías Renovables y Gestión Eficiente de la Energía (FENOGE) destinó en 2023 un presupuesto para apoyar a empresas que inviertan en sistemas de monitoreo y eficiencia de recursos, un 15% más que en 2022 (FENOGE, 2023).

Según en 2023 la inversión global anual en cuanto a tecnologías de transición energética se refiere logró un máximo histórico de US\$1,77 billones, lo que significa un aumento del 17 % en comparación con 2022, superando el gasto en suministro de combustibles fósiles en US\$671.000 millones (El espectador, 2024). La incorporación de sistemas de monitoreo inteligente de energía y agua contribuye al Producto Interno

Bruto (PIB) de Colombia al fomentar un consumo más eficiente y sostenible de los recursos. La proyección de demanda energética en Colombia para 2035, basada en un crecimiento estimado del PIB de 1,0% en 2023, 3,3% en 2024, y un promedio de 3,5% entre 2025 y 2035, anticipa una demanda de 117.341 GWh-año. Este pronóstico es menor que el reportado en el análisis de julio, que estimaba una demanda de 121.659 GWh-año para el mismo año. Esta reducción refleja ajustes en las expectativas de crecimiento económico y factores de eficiencia energética, lo que lleva a una proyección ligeramente más conservadora para el consumo de energía (CorfiColombiana Investigaciones economicas, 2023).

Factor social. El empleo es uno de los factores sociales más relevantes en el análisis de proyectos como el de monitoreo de consumo de energía y agua. La implementación de un sistema de monitoreo requiere personal especializado para su instalación, mantenimiento y análisis de datos, lo cual implica la creación de empleos directos en diversas áreas tecnológicas y de ingeniería. Según el informe del Departamento Nacional de Planeación (DNP) en 2022, los sectores relacionados con la eficiencia energética y la gestión de recursos hídricos en Colombia han mostrado un crecimiento notable en la generación de empleo. Este tipo de proyectos no solo promueve la capacitación técnica de los profesionales locales, sino que también abre oportunidades de empleo en zonas rurales y urbanas, donde las necesidades de optimización de consumo energético y de agua son particularmente altas.

El Ministerio de Minas y Energía, el Ministerio de Vivienda y el Fondo Nacional del Ahorro han formado una alianza para financiar la instalación de sistemas solares fotovoltaicos en hogares de estratos 1, 2 y 3, facilitando créditos para mejoramiento de vivienda. Este acuerdo busca promover el uso de energías renovables, reducir las facturas de electricidad y mejorar la calidad de vida, especialmente en la Región Caribe.

Los créditos, con tasas competitivas y flexibilidad en condiciones, se orientan hacia familias de bajos ingresos, apoyando así la transición hacia un consumo energético más sostenible en Colombia (MinEnergía, 2024).

Factor Tecnológico. El componente tecnológico más relevante de este proyecto es la automatización del monitoreo en tiempo real del consumo de energía y agua. La incorporación de tecnologías IoT (Internet de las Cosas) permite recopilar y transmitir datos de manera continua sobre el uso de estos recursos, con sensores inteligentes instalados en puntos críticos de consumo. Según el informe del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de Colombia (2023), los avances en IoT han permitido la creación de sistemas de monitoreo avanzados para gestionar el consumo energético y el uso eficiente del agua, contribuyendo a una gestión más eficiente ya la reducción de pérdidas. Estos sistemas, al estar conectados a plataformas de gestión, permiten a los usuarios finales (hogares, empresas, instituciones) visualizar el consumo en tiempo real y realizar ajustes inmediatos, optimizando así los recursos.

El proyecto también se beneficia de tecnologías que mejoran la eficiencia en el uso de los recursos. En el caso del agua, las tecnologías de monitoreo permiten detectar fugas o consumos excesivos en la red, lo que facilita la reducción de pérdidas. La implementación de sistemas de tecnología de medición inteligente (medidores inteligentes) y sensores de humedad en redes de distribución permite identificar áreas de alta pérdida y actuar sobre ellas de manera temprana, minimizando desperdicios. Según el informe del DANE sobre gestión de recursos hídricos (2023), el 35% del agua que se distribuye en Colombia se pierde debido a problemas en la infraestructura, por lo que el uso de tecnología avanzada es clave para abordar este reto.

A pesar de los beneficios, existen desafíos tecnológicos asociados con la implementación de estos sistemas. Uno de los principales obstáculos es la

infraestructura tecnológica limitada en algunas zonas rurales de Colombia, lo que puede dificultar la instalación y mantenimiento de sensores avanzados. Según un informe del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC, 2023), la conectividad a Internet en áreas rurales sigue siendo un desafío, lo que puede afectar el acceso a los sistemas de monitoreo en tiempo real, particularmente en áreas apartadas. o con infraestructura de telecomunicaciones insuficiente.

De tal manera que en Colombia se está avanzando con la implementación de las redes inteligentes con el fin de mejorar la prestación de servicio al usuario final implementando avances tecnológicos que permitan la comunicación directa entre un prototipo y el usuario o entidad. De acuerdo con un estudio comisionado por Microsoft a IDC, en Sudamérica Hispana, el 55% de las grandes empresas de la región ya han implementado herramientas específicas de inteligencia artificial en diversas áreas de su negocio. Como resultado, el entorno empresarial no solo ha mejorado sus resultados comerciales y ha aumentado la productividad, sino que también ha avanzado en la creación de nuevos modelos de negocio que involucran tanto a clientes como a empleados. El estudio consultó a 320 organizaciones con más de 1.000 empleados en Argentina, Chile, Colombia y Perú. El 48% de estas empresas afirman que el gran beneficio que perciben de la Inteligencia Artificial (IA) está en la mejora de la productividad a partir de los resultados operacionales. Esto se refleja en la generación de nuevas fuentes de ingresos, ahorros y eficiencia, así como en un mayor compromiso hacia los clientes. En Colombia, el 82% de las organizaciones encuestadas planean incrementar su presupuesto destinado a la inteligencia artificial en los próximos 2 años, el porcentaje más grande en la región. Además, el 44% ya han reajustado sus gastos en ciertas áreas o proyectos, o tienen planes de hacerlo en el mismo periodo, con el objetivo de reasignar estos recursos a iniciativas de IA.

En el sector privado de Colombia, este proceso ya está en marcha. El 55% de las organizaciones encuestadas afirman que se guían por normas, políticas y procesos para hacer cumplir estas reglas. Además, el 28% ya cuenta con un órgano de gobernanza que supervisa la adopción y uso responsable de la IA, una cifra superior al promedio mundial de 21%. El mercado de la IA en el país ha experimentado un crecimiento del 25,1%, con los sectores de salud, comercio y finanzas liderando este aumento (Microsoft, 2024).

El plan nacional de desarrollo 2022-2026, también continúa avanzando con la universalización del servicio de energía eléctrica a través de la ampliación de cobertura mediante soluciones asociadas a la conexión al Sistema Interconectado Nacional (SIN), de aquellas zonas no interconectadas donde sea viable dicho mecanismo, incluyendo medidas que permitan su sostenibilidad de largo plazo a través del cobro de la inversión.

El Gobierno Nacional fortalecerá la industria digital del país a través del desarrollo de una estrategia que involucre aspectos técnicos, de financiamiento, cultura empresarial, emprendimiento e innovación. Como componente de la Política de Reindustrialización, se incrementará la innovación empresarial a partir del escalamiento de capacidades, condiciones y servicios de extensión tecnológica que permitan el cierre de brechas tecnológicas para el desarrollo productivo regional, incluyendo el uso de datos y de tecnologías digitales emergentes, también se impulsarán programas institucionales para el fortalecimiento de infraestructuras de investigación, desarrollo tecnológico e innovación y la dinamización de actores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI) con el propósito de aumentar la calidad e impacto del conocimiento en la sociedad (Departamento Nacional de Planeación - DNP, 2023).

Según el ministro de desarrollo y ambiente (Minambiente), Carlos Eduardo Correa, afirma que el sector ambiental se apropia de la tecnología debido a entidades de

la cartera ambiental dieron a conocer los avances en materia tecnológica que se han llevado a cabo para facilitar la generación de datos e información que permita tomar decisiones en el país, una apuesta a la reinversión a través del uso de tecnologías digitales aplicadas al sector ambiental y que busca fortalecer el Sistema de Información Ambiental de Colombia. la transformación digital que ha tenido el sector ambiental, los aplicativos e iniciativas que han permitido generar datos e información alrededor del medio ambiente que apoyen la gestión y la investigación en el país.

Dentro de los grandes avances tecnológicos que ha tenido el sector ambiental se destacan algunos como: el Contador de árboles y la aplicación de Negocios Verdes. Una opinión de correo fue “Desde Minambiente tenemos un gran reto de generar educación ambiental para todos los colombianos. Esta transformación digital que estamos desarrollando será de gran importancia para llevar estos proyectos adelante” (Correa, 2020).

Factor ecológico. Uno de los principales beneficios ecológicos de implementar un sistema de monitoreo en tiempo real es la reducción del consumo innecesario de energía y agua. La capacidad de detectar de forma instantánea y precisa el consumo permite a los usuarios y las organizaciones ajustar su uso, evitando derroches y mejorando la eficiencia en el consumo. Según el informe de la Agencia Internacional de la Energía (AIE, 2023), el sector energético mundial tiene un impacto significativo sobre el cambio climático, representando más del 70% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero.

En cuanto al agua, el uso excesivo y la contaminación del recurso son algunos de los mayores problemas ecológicos globales. Según el informe de la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2022) , 1 de cada 3 personas en el mundo enfrenta escasez de agua, mientras que cerca del 80% de las aguas residuales globales son vertidas sin

tratamiento adecuado. Un sistema inteligente de monitoreo permite identificar fugas, desperdicios y usos ineficientes, lo que a su vez fomenta prácticas de consumo más responsable, contribuyendo al cuidado y conservación del recurso hídrico.

El impacto positivo del monitoreo del consumo de agua y energía también se extiende a la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad. La reducción del consumo de agua y energía contribuye indirectamente a la preservación de hábitats naturales y especies en peligro de extinción. Por ejemplo, el consumo excesivo de agua en zonas urbanas puede afectar negativamente los ecosistemas acuáticos, reduciendo los caudales de ríos y lagos y afectando la fauna y flora que depende de estos cuerpos de agua. Un control adecuado de los recursos permite evitar estos impactos negativos. En Colombia, un país megadiverso, la preservación de sus ecosistemas acuáticos es clave para mantener la biodiversidad de especies que habitan en sus vastos sistemas fluviales.

Factor legal. El factor legal también abarca aspectos relacionados con la protección de datos personales. Dado que un sistema inteligente de monitoreo de consumo de energía y agua recopila y gestiona grandes cantidades de información, incluidos los datos personales de los usuarios, es esencial cumplir con la Ley Estatutaria 1581 de 2012 sobre protección de datos personales en Colombia. Esta ley establece las condiciones bajo las cuales las empresas y entidades pueden recolectar, almacenar y procesar datos personales, exigiendo el consentimiento explícito de los usuarios medidas para el uso de sus datos y la implementación de seguridad para proteger esta información (Función pública, 2013).

En cuanto a la parte tecnológica, el Código de Comercio y las regulaciones relacionadas con la propiedad intelectual en Colombia, tales como la Ley 23 de 1982 sobre derechos de autor y la Ley 1286 de 2009 sobre propiedad industrial, son relevantes en la protección de las innovaciones tecnológicas relacionadas con el sistema

de monitoreo (Funcion Publica, 1982). Esto incluye el registro de patentes y derechos de autor para las tecnologías que puedan desarrollarse durante el proyecto. La Ley 1341 de 2009 , que regula el uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), también establece el marco para el uso y la protección de la infraestructura tecnológica, especialmente en lo relacionado con el acceso a la información, la Gestión de datos y la interoperabilidad entre sistemas (Funcion Publica, 2009).

El Sistema de Gestión de la Energía (SGE) , establecido bajo la Ley 1715 de 2014, ofrece incentivos fiscales y financieros para las empresas que implementen tecnologías limpias, lo cual representa una oportunidad para el proyecto de monitoreo de consumo de energía y agua. Además, el Sistema de Información sobre Energía y Agua (SIEA) proporciona datos útiles para el diseño y ejecución de proyectos de eficiencia energética, lo que puede facilitar el desarrollo e implementación del sistema propuesto.