

- **Planificación energética ISO 50001 en una granja piscícola continental.**
- **Uso de energías renovables en parques metropolitanos de Bogotá.**
- **Ciudades inteligentes. Conceptos base, involucrados y aplicaciones diseñadas.**
- **Caracterización del tipo de oferta de las soluciones del mercado para desarrollar habilidades blandas.**

Octubre-diciembre de 2023

ISSN 0121-5132

P.V.P. Colombia \$12.000.00



CONSEJO DIRECTIVO DE LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA

PRESIDENTE RICARDO RINCÓN HERNÁNDEZ

VOCALES GERMÁN EDUARDO ACERO RIVEROS
SANDRA XIMENA CAMPAGNOLI MARTÍNEZ
GONZALO JIMÉNEZ ESCOBAR
MARÍA DEL ROSARIO MONTEJO PERRY
ARMANDO PALOMINO INFANTE
JAIRO ALBERTO ROMERO ROJAS
GERMÁN RICARDO SANTOS GRANADOS
MARIANA SANDINO ULLOA
JOSÉ CAMILO VÁSQUEZ CARO
(representante de los profesores)
JAVIER STEVEN AROCA TOVAR
(representante de los estudiantes)

RECTOR HÉCTOR ALFONSO RODRÍGUEZ DÍAZ

SECRETARIA GENERAL CLAUDIA JEANNETH RÍOS REYES

REVISTA DE LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA

DIRECTOR JAIRO ALBERTO ROMERO ROJAS

COMITÉ EDITORIAL GERMÁN ACERO RIVEROS
CLAUDIA JEANNETH RÍOS REYES
PAULA XIMENA RÍOS REYES
GERMÁN RICARDO SANTOS GRANADOS
EDUARDO SARMIENTO PALACIO

DIRECCIÓN EDITORIAL CRISTINA SALAZAR PERDOMO

EDICIÓN **DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN**
JORGE CAÑAS SEPÚLVEDA
CORRECCIÓN DE ESTILO
ELKIN RIVERA GÓMEZ
TRADUCCIÓN Y CORRECCIÓN DE ESTILO EN INGLÉS
DAVID PEÑA CITA

DIRECCIÓN COMERCIAL EDITORIAL ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA

Versión digital disponible en <http://www.escuelaing.edu.co/revista.htm>

AUTOPISTA NORTE AK 45 # 205-59
TEL.: (60-1) 668 3600, EXT. 533
revista@escuelaing.edu.co
BOGOTÁ, D.C., COLOMBIA

LA ESCUELA Y LA REVISTA NO SON RESPONSABLES DE LAS IDEAS Y CONCEPTOS EMITIDOS POR LOS AUTORES DE LOS TRABAJOS PUBLICADOS. SE AUTORIZA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE LOS ARTÍCULOS DE LA REVISTA SI SE CITAN LA FUENTE Y EL AUTOR.

5 / EDITORIAL

El libro en nuestros tiempos

José Camilo Vásquez Caro

7-21

Planificación energética ISO 50001 en una granja piscícola continental

Javier Humberto Narváez Cuenca - Iván Camilo Durán Tovar

En la granja piscícola San Francisco, donde se cultiva tilapia nilótica, se desarrolló la planificación energética con base en la norma ISO 50001, construyendo el perfil de demanda energética y determinando oportunidades de mejora del desempeño energético, mediante la simulación del comportamiento diario del oxígeno disuelto (OD) en estanques, evaluando la alternativa de remplazar el actual monitoreo manual de OD por sistemas de monitoreo automático y continuo, lo que permite reducir los tiempos de operación de la aireación mecánica.

23-31

Uso de energías renovables en parques metropolitanos de Bogotá

Éder Aleixo Romero Pedraza - Javier Andrés Ruiz Garzón - Daniel José González Tristanco

Los parques metropolitanos son extensas áreas del componente urbano de Bogotá que están orientados al uso recreativo, paisajístico y ambiental de la ciudad. Debido a su extensión, es común que no sea posible aprovechar el 100 % de su área, ya que su desarrollo se realiza por etapas, que dependen de la asignación de presupuesto por parte del Distrito Capital.

33-44

Ciudades inteligentes. Conceptos base, involucrados y aplicaciones diseñadas

Fabiola del Toro Osorio - Victoria Eugenia Ospina Becerra

En este artículo se presenta una descripción de una ciudad inteligente como solución para abordar los retos que genera la concentración poblacional a partir de los recursos que actualmente tiene la sociedad, tales como datos, tecnología y colaboración. Particularmente, se orienta a identificar a los involucrados en las iniciativas de las ciudades inteligentes, y para hacer el análisis respectivo se aplican los conocimientos a Colombia.

45-55

Caracterización del tipo de oferta de las soluciones del mercado para desarrollar habilidades blandas

Diego Andrés Rizo Sánchez - Adriana Marcela Zambrano Sánchez - Diana Carolina Cabra Ballesteros

En el presente artículo se analizan las ventajas y desventajas de la oferta, según el tipo de soluciones que hay en el mercado, dedicadas al desarrollo de habilidades blandas, y se concluye que existen diferentes productos y servicios de diversas modalidades (virtual, presencial y mixta), que se consolidan en nueve tipos, los cuales varían entre educación formal e informal, e intensidad horaria.

57 / ALCANCE Y POLÍTICAS

Editorial

El libro en nuestros tiempos

JOSÉ CAMILO VÁSQUEZ CARO

Director del Departamento de Humanidades e Idiomas de la Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

jose.vasquez@escuelaing.edu.co

Termina el 2023, un año en el que estamos viviendo lo que la cultura popular del siglo XX imaginó como el futuro. Medios como el cine y la televisión, y artes como la literatura, plasmaron mundos con carros voladores, viajes a otros planetas y edificios entre las nubes. Otros plasmaron mundos distópicos —de vigilancia y conexión permanente—, la reducción del pensamiento, la homogeneización del ser y la quema de libros. Hoy, muchos de esos mundos están en el pasado; es decir, ese futuro imaginado ya fue.

Comienzo este escrito haciendo alusión a los imaginarios porque, aunque las cosas no necesariamente han surgido así, sí hay elementos que encontramos en nuestra vida en la actualidad. Lo primero tiene que ver con la tecnología. Está claro que no nos movilizamos en carros voladores, pero las velocidades, la inmediatez y la cercanía que nos han brindado las telecomunicaciones han reducido el tamaño del globo. La noción del teletrabajo es, simplemente, fascinante; los límites de los espacios habituales de casa y de trabajo —típicos de nuestra modernidad— se han sobrepasado. El trabajo en casa llegó para quedarse. Podemos hacer comercio con un clic y consumir objetos que nos mandan de lugares que no conocemos ni nos imaginamos. ¿Cuántos no compran por Amazon o por Alibaba? La tecnología siempre ha estado presente, pero el cambio en su dinámica y en su velocidad ha desencadenado una transformación colectiva de nuestra especie.

Los imaginarios distópicos también están presentes en este ahora. No todo es producción, consumo y alegría. Para empezar, esa trinidad es culpable en gran medida de que la Tierra esté llena de basura y desechos.

Me aterra pensar en el legado que les estamos dejando a las nuevas generaciones, no solo en lo referente al estado del planeta sino también en el ejemplo como especie. Simultáneamente, este ciclo está dejando unos consumidores dependientes y vacíos, que necesitan comprar para darle sentido a una existencia impulsada por el deseo de tener y consumir lo que se produce, un placebo momentáneo que termina en los rellenos sanitarios o en los océanos. Y ni hablar de la dependencia a los dispositivos y el consumo de información chatarra. No me imagino qué dirían Orwell, Huxley o Bradbury si estuvieran vivos.

Sin duda, la reducción del lenguaje y el pensamiento que anuncia Orwell en 1984 se están dando en el nivel más cotidiano. Hemos remplazado en nuestro lenguaje escrito del diario vivir palabras específicas por emoticones genéricos. Todos ponemos carita feliz o carita triste, y esto lamentablemente capta nuestro estado de ánimo e incluso algo peor: lo que pensamos. El lenguaje —y, por ende, el pensamiento colectivo— está en reducción en la práctica. El diccionario para las masas será cada día más pequeño, porque el emoticón lo capta todo.

La noción de manipularnos genéticamente y con el bisturí ya no es ciencia ficción, y además ha impactado a la cultura en forma profunda. Nociones de belleza han conducido a que miles de personas se sometan a cirugías que, en el fondo, responden a una dinámica de consumo de lo que se considera bello. Y es que hay miles de paradigmas de lo que es bello, pues nunca antes se había visto la aceptación de tanta diversidad.

Por último, el libro... Leer ya no es la única opción para consumir narrativas e ideas. Actualmente, hay

reels y *tiktoks* que nos resumen ideas ya digeridas. Es un mundo muy eficiente, precisamente porque pone a nuestro alcance un sinfín de datos, ideas e información que, por cierto, no siempre es verídica. Por ejemplo, ChatGPT nos genera textos; inocentes los que creen que el texto de ChatGPT que respondió la pregunta de quién es Hamlet, por ejemplo, obtuvieron una respuesta diferente a la de su vecino e igual entregan el texto como suyo al final de la clase. La tecnología hace más fácil muchas cosas, pero también homogeneiza. Hay que tener cuidado con esto.

Escribo todo esto porque considero menester que el lector se cuestione. Creo que el papel de la educación, en particular la superior, es aportar seres pensantes y críticos a la sociedad. La idea en la educación es repetir y cambiar. Si solo repetimos, nos quedaríamos en la misma situación por siempre, y esa no es la idea.

El cambio cuesta, pero es necesario, porque el mundo, la vida y los seres humanos somos dinámicos. Todos estamos permeados por las maravillas y los horrores del futuro en el presente. Ninguno de nosotros se escapa de la cadena de producción, consumo y alegría, muchas veces seguida por vacíos y tristezas. Piensen en su vida cotidiana y sean conscientes de su lugar en el sistema.

Me gustaría cerrar esta reflexión aplaudiendo una iniciativa de la Escuela. Este semestre se inauguró el Rincón de Tolkien, espacio pensado exclusivamente para leer libros de dos maneras: en silencio, en forma individual, o en voz alta, de manera colectiva. Es maravilloso que se abran espacios que se mueven a otra velocidad y que permiten la reflexión y el diálogo.

El libro es una tecnología de comunicaciones que no podemos ni debemos dejar de lado.

Planificación energética ISO 50001 en una granja piscícola continental

ISO 50001 energy planning in an inland fish farm

JAVIER HUMBERTO NARVÁEZ CUENCA¹ - IVÁN CAMILO DURÁN TOVAR²

1. Magíster en Ingeniería Eléctrica de la Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

2. Doctor en Ingeniería Eléctrica. Profesor asociado del Programa de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

javier.narvaez@mail.escuelaing.edu.co - ivan.duran@escuelaing.edu.co

Recibido: 13/06/2023 Aceptado: 22/07/2023

Disponible en http://www.escuelaing.edu.co/es/publicaciones_revista
<http://revistas.escuelaing.edu.co/index.php/reci>

Resumen

En la granja piscícola San Francisco, donde se cultiva tilapia nilótica, se desarrolló la planificación energética con base en la norma ISO 50001, construyendo el perfil de demanda energética y determinando oportunidades de mejora del desempeño energético, mediante la simulación del comportamiento diario del oxígeno disuelto (OD) en estanques, evaluando la alternativa de reemplazar el actual monitoreo manual de OD por sistemas de monitoreo automático y continuo, lo que permite reducir los tiempos de operación de la aireación mecánica.

Palabras claves: Sistema de gestión de la energía (SGEn), eficiencia energética, piscicultura continental.

Abstract

At the San Francisco Fish Farm, where Nilotic tilapia is cultivated, energy planning has been developed based on the ISO 50001 standard. The energy demand profile was constructed, and opportunities for improving energy performance were identified by simulating the daily behavior of dissolved oxygen (DO) in ponds. An evaluation was conducted to explore the alternative of replacing the current manual DO monitoring with automatic and continuous monitoring systems, enabling the reduction of mechanical aeration operation times.

Keywords: energy management system, energy efficiency, inland fish farming.

INTRODUCCIÓN

La piscicultura continental se lleva a cabo en estanques artificiales, normalmente construidos en zonas rurales. En esta clase de piscicultura, la renovación del agua es restringida por razones de tipo ambiental, para evitar que las sustancias tóxicas producidas por la degradación de los alimentos y los desechos biológicos de los peces lleguen a los ríos. Debido a las condiciones de estanqueidad, se utiliza aireación mecánica con motores eléctricos, principalmente para mantener los estanques en los niveles de oxígeno requeridos para la crianza sana de los peces. La demanda de energía eléctrica por este uso representa el segundo mayor costo, después de la alimentación, razón por la cual es necesario mejorar la eficiencia energética de las granjas piscícolas. La norma internacional ISO 50001 es adecuada para aplicar en la piscicultura, ya que estipula los requisitos para los sistemas de gestión de la energía (SGEn) en organizaciones de toda índole, con el propósito de permitir que mejoren sus desempeños energéticos. Así, en la granja piscícola San Francisco Fish SAS (SFF), ubicada en zona rural del municipio de Tello, en el departamento del Huila, a 30 km de Neiva, su capital, se desarrolló una planificación energética con base en la ISO 50001.

ESTADO DEL ARTE

La revisión del estado del arte para el desarrollo de la planificación energética en una organización permite conocer el contexto y la proyección de las actividades que esta ejecuta, así como la actualidad de las tecnologías aplicables, para establecer un proceso eficiente en sí mismo, eficaz, perdurable en el tiempo y que tenga alto grado de adaptabilidad a los cambios tecnológicos, los cuales se producen cada vez con mayor velocidad.

Eficiencia y gestión energética

En la primera década del presente milenio, la agenda del cambio climático hizo que la energía adquiriera relevancia, hasta que después del 2010, creció el reconocimiento del importante papel que desempeña la eficiencia energética, para alcanzar las metas de mitigación del calentamiento global (Fawks, 2016). La Agencia Internacional de la Energía (IEA, por su sigla en inglés)

establece que las medidas de eficiencia energética adoptadas han tenido gran impacto en la economía mundial, pues se estima que la energía utilizada en el 2017 habría sido 12 % mayor, de no ser por las mejoras en eficiencia aplicadas desde el año 2000, de tal manera que está en el corazón de su agenda de modernización y le otorga el reconocimiento de recurso energético principal (*first fuel*). Así mismo, proyecta que en un escenario en el cual se aplicaran al sector industrial todas las medidas disponibles en esta materia, desde ahora hasta el 2040, el valor agregado por cada unidad de energía podría duplicarse (International Energy Agency, 2017; International Energy Agency, 2018a). Por su parte, el gobierno colombiano, en procura de contribuir a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), meta a la que se comprometió en la COP21, por intermedio del Ministerio de Minas y Energía (MME) y la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), basado en información y análisis de los dos sectores de consumo prioritario (transporte e industria), desarrolló el Plan Indicativo de Eficiencia Energética 2017-2020 (PAI), identificando las características de consumo (energético, tecnologías, procesos, prácticas operacionales, etc.) y las propuestas de eficiencia energética (EE) más costoefectivas, esperando obtener resultados positivos a corto y mediano plazo. El PAI establece que el gobierno nacional promoverá la adopción de sistemas de gestión de la energía compatibles con la ISO 50001 (Unidad de Planeación Minero Energética, 2017).

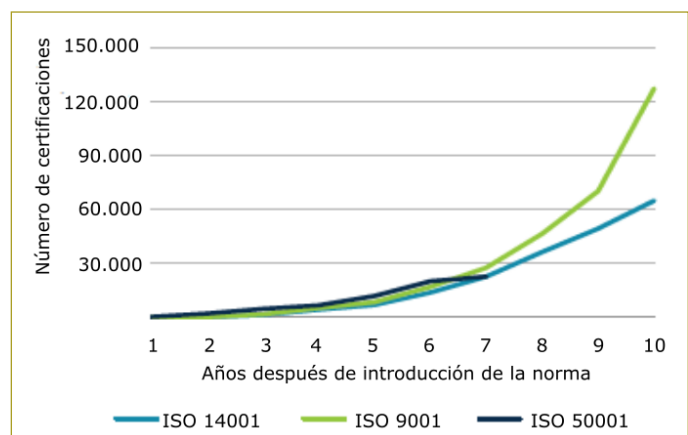


Figura 1. Progreso de certificaciones ISO 50001, comparado con el de otros sistemas de gestión.

Fuente: Energy International Agency, Energy Efficiency: Analysis and Outlooks to 2040, 2018.

Organizaciones europeas reportan ahorros energéticos de un 26 % en promedio, luego de la implementación de SGEN ISO 50001 (International Energy Agency, 2017b). En Estados Unidos, estudios realizados con datos de organizaciones industriales que forman parte del programa Superior Energy Performance (SEP) del US Department of Energy (DOE), les atribuyen a los SGEN ahorros energéticos promedio del 11,1 % después del segundo año de implementación, y ahorros en costos del 10 % (Therkelsen, McKane, Sabouni, Tamm, Rao y Scheihing, 2015).

La importancia de ISO 50001 se ha incrementado desde su primera publicación en el año 2011. Al final del 2017, había registradas cerca de 23.000 certificaciones en el mundo, 13 % más que en el 2016, siendo Alemania el país con mayor número de organizaciones certificadas. La tasa de implementación de los SGEN basados en la norma, según el número de certificados cada año durante los primeros siete años, se comportó de una manera similar a las de otros sistemas de gestión. A continuación se muestra que en el año número 10 después de haber sido publicadas, la ISO 14001 tenía alrededor de 60.000 certificaciones y la ISO 9001, cerca de 120.000 (International Energy Agency, 2018b). Sin embargo, en el año 2018 se reportaron 18.059 certificaciones ISO 50.0001 (figura 1). Esta disminución podría deberse a que la norma se revisó y actualizó ese mismo año. Las políticas que propendan a la adopción de SGEN y otras medidas de eficiencia serán esenciales, particularmente en los sectores menos energético-intensivos, en los que existen altos potenciales de ahorro (International Energy Agency, 2018b).

Actualidad de la piscicultura

La acuicultura se dedica al cultivo de organismos acuáticos, mediante técnicas adecuadas y controladas (Merino, Salazar y Gómez, 2006). Pueden ser crustáceos, como el camarón, moluscos o peces. En el mundo, desde 1961, el crecimiento de consumo de pescado ha duplicado el crecimiento de la población. En el año 2016, el consumo per cápita de pescado llegó a 20,3 kg; de los 171 millones de toneladas de producción pesquera, el 47 % lo aportó la acuicultura (FAO, 2018). En la figura siguiente (figura 2) se muestran las producciones de pesca de captura y acuicultura desde el año 1950, en la cual se evidencia que, a finales del siglo pasado, había un

aplanamiento marcado en la curva del comportamiento de la pesca de captura, que coincide con el crecimiento de la acuicultura en general.

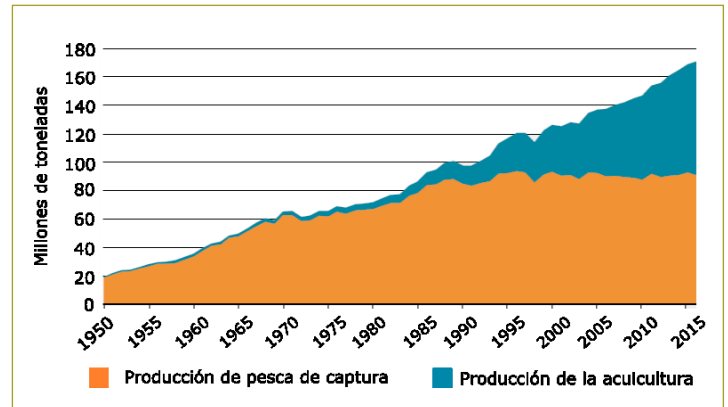


Figura 2. Evolución de la producción mundial de la pesca de captura y la acuicultura.

Fuente: FAO. *El estado mundial de la pesca y la acuicultura*, 2018.

La piscicultura trata exclusivamente del cultivo de peces. Esta actividad se lleva a cabo mediante encerramientos tipo jaulas, en cuerpos de agua de uso público, como el mar, represas y ríos; también se desarrolla en tierra firme, utilizando estanques de tierra, piedra-cemento, concreto o geomembranas (Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca, 2019). La piscicultura que se realiza en estanques en tierra firme se llama comúnmente continental. En Colombia, la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (Aunap) clasifica a las organizaciones piscícolas así (tabla 1).

Tabla 1
Clasificación de acuicultores en Colombia, según Resolución 1607 de 2019

Tipo de acuicultor	Producción [ton]	Espejo de agua [ha]
De subsistencia	< 10	< 0,65
Pequeño	10,1 - 22	0,65 - 1,5
Mediano	22,1 - 240	1,51 - 15
Grande	> 240	> 15

A continuación se muestra cómo la industria acuícola colombiana ha venido creciendo sostenidamente durante la última década. Las cifras sectoriales presentadas por el Ministerio de Agricultura estipulan que en el periodo

2010-2019 la producción aumentó 113 %, pasando de 80.255 a 171.026 toneladas entre tilapia, trucha, cachama, otras especies nativas y camarón, generando 51.308 empleos directos y 153.921 indirectos, con una participación del 0,19 % del PIB nacional y 2,88 % del PIB agropecuario (figura 3).

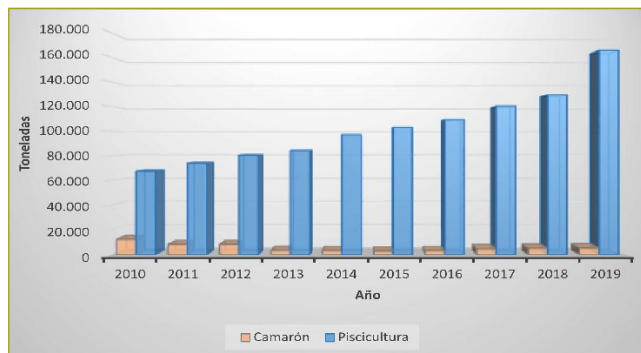


Figura 3. Producción acuícola en Colombia 2010-2019.

Fuente: Ministerio de Agricultura, *Cadena de la acuicultura*, 2019.

Como se puede ver a renglón seguido (tabla 2), las especies más cultivadas en el país, por cuenta de la piscicultura continental, son la tilapia y la trucha, así como también la cachama, aunque en menor medida (Ministerio de Agricultura, 2020).

Tabla 2
Porcentajes, por especies, de producción piscícola en Colombia (2019)

Especie	Producción
Tilapia	58 %
Trucha	16 %
Cachama	19 %
Otras especies	7 %

Fuente: Ministerio de Agricultura, *Cadena de la acuicultura*, 2019.

El desarrollo óptimo de la trucha se da en aguas frías, con temperaturas entre 14 y 16 °C, mientras que las tilapias, o las mojarra, se producen mejor en aguas con temperaturas entre 25 y 30 °C. Estas son resistentes a condiciones adversas, como bajos niveles de oxígeno disuelto y salinidad. En Colombia se cultivan dos especies de tilapias: la tilapia roja (*Oreochromis mossambicus*), que es muy apetecida en el mercado nacional, y la tilapia plateada (*Oreochromis niloticus*), de la cual se obtienen filetes de mayor tamaño y más homogéneos, lo cual es un requerimiento importante para la exportación.

Como en todas las actividades humanas hoy en día, para que la piscicultura sea una actividad socialmente viable y económicamente rentable, sus procesos se deben enfocar en los conceptos de eficiencia en general, así como en los estándares modernos de sostenibilidad. La piscicultura continental tiene importantes restricciones en el uso del agua. Por una parte, ya que esta normalmente proviene de ríos o quebradas, las autoridades competentes limitan los volúmenes de captación; por otra, como el agua residual de la piscicultura queda fuertemente contaminada, existen controles que requieren tratamientos químicos antes de ser vertida nuevamente a los afluentes naturales. Toda vez que los procesos de recuperación de la calidad del agua implican costos adicionales, los piscicultores deben tratar de minimizar los volúmenes de agua utilizados.

Brechas tecnológicas en agricultura

Las innovaciones tecnológicas están creando grandes oportunidades para el mejoramiento de la eficiencia energética. En Colombia, desde finales del milenio pasado, se comenzó a implementar tecnología de automatización y de sistemas (*Supervisory Control and Data Acquisition*, Scada). En las fábricas de procesamiento de bebidas y alimentos, por ejemplo, o en las plantas del sector de hidrocarburos, entre otros, hoy día las operaciones no podrían imaginarse siquiera sin la utilización de sensores electrónicos, el control mediante interfaces hombre-máquina, ni computadores y tecnología de comunicación para disponer de la información digital correspondiente a los procesos productivos. Por el contrario, en la generalidad del sector agrícola, el aprovechamiento de tecnologías disponibles para conseguir operaciones más eficientes es muy bajo.

De cara al futuro, la urgencia por la sostenibilidad global obliga a que la agricultura sea repensada para revertir esta situación. Es así como la FAO sostiene que, durante este decenio que comienza, se vislumbra una “revolución agrícola digital” en el contexto de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), para aprovechar el potencial que tiene la agricultura de satisfacer necesidades de la población, de tipo alimentario, de empleo, de generación de riqueza y cuidado del medio ambiente.

Las innovaciones y tecnologías digitales pueden ser parte de la solución. La denominada “cuarta revolución

industrial” (industria 4.0), que integra tecnologías como la cadena de bloques, internet de las cosas, inteligencia artificial y realidad inmersiva, ofrece oportunidades para integrar a los agricultores en un sistema digital, que permita monitorear las cadenas de valor en tiempo real y en forma hiperconectada, con capacidad de hacer gestión más detallada y precisa (Trendov, Varas y Zeng, 2019).

Para el caso concreto de la piscicultura, se presenta entonces la oportunidad de integrar las actuales tecnologías de medición de la energía y de los parámetros de calidad del agua en los estanques, con tecnologías de comunicaciones para acceso remoto de información. Al utilizarlas en el marco de la norma ISO 50001, junto a métodos de análisis de información adecuados, es posible configurar sistemas de gestión altamente estandarizados, compactos y de fácil implementación.

Sistemas de gestión de la energía ISO 50001

La norma ISO 50001 es el documento en el que se especifican los requisitos para un sistema de gestión de la energía (SGEn) de una organización, que le permiten establecer los sistemas y procesos necesarios para mejorar continuamente la eficiencia en el uso de la energía, en favor de la competitividad y reducción de GEI. Esta define un sistema de gestión de la energía, como el conjunto de elementos de una organización interrelacionados para establecer la política energética, con objetivos y metas energéticas, así como los planes de acción y los procesos para darle cumplimiento (Icontec, 2019). Como aparece en el esquema siguiente (figura 4), la norma está basada en el modelo PHVA (Planear

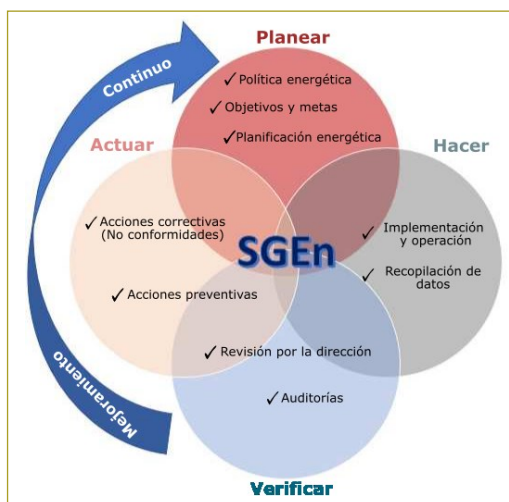


Figura 4. Esquema de SGEn ISO 50001 en ciclo PHVA.

Fuente: Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 50001 (primera actualización).

- Hacer - Verificar - Actuar), utilizado en los estándares ISO 9001 e ISO 14001 para los sistemas de gestión de la calidad y ambiental, respectivamente, ampliamente conocidos por la industria y el comercio colombianos, lo cual favorece su implementación en el país.

El proceso medular de un SGEn ISO 50001 es la planificación energética, toda vez que en él se procesa la información referente al uso que la organización hace de la energía, con el propósito de diagnosticar su desempeño y obtener planes de acción que conduzcan a la eficiencia. Se puede describir como el conjunto de actividades que conforman un proceso, el cual toma como entrada las condiciones actuales del empleo de la energía en una organización, y las transforma en planes de acción para mejorar su desempeño energético (figura 5).

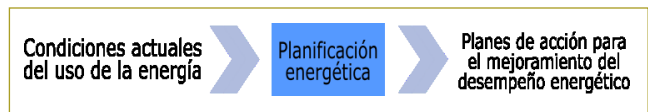


Figura 5. Esquema de proceso de una planificación energética.

Fuente: Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 50001 (primera actualización).

Aunque el significado de “eficiencia energética” puede considerarse intuitivo, una definición que goza de bastante aceptación es la del Lawrence Berkeley National Laboratory: “Utilizar menos energía en la prestación de igual servicio” (OCDE/IEA, 2016). La Directiva de Eficiencia Energética de la Unión Europea la considera como la relación entre el resultado en desempeño, bienes, servicios o energía, y una cantidad determinada de energía de entrada. Emplear la energía de una manera eficiente implica reducir su demanda, para obtener menores costos de consumo, disminuir las emisiones de GEI y otros contaminantes, bajar los requerimientos de inversiones en infraestructura y aumentar la seguridad energética de la sociedad en general (Erbach, 2017).

Un indicador conveniente a la hora de analizar el desempeño energético de un sistema productivo es la intensidad energética, que es la relación entre la energía consumida y la producción.

MARCO TEÓRICO

Factores que afectan el comportamiento diario de OD en los estanques

El problema que se presenta en la piscicultura es que la tasa de consumo de oxígeno debido a las actividades biológicas que tienen lugar en los estanques es mayor que la tasa de recuperación por medio del intercambio químico con la atmósfera. Por esta razón, las fuentes naturales de oxígeno se deben complementar utilizando aireación mecánica. La energía necesaria debido a este uso se podría reducir si se evita la operación de los aireadores cuando el nivel de oxígeno disuelto (OD) es superior al mínimo límite requerido. Para estimar este ahorro potencial, se requiere construir las curvas de OD a lo largo del día, para cada semana de los ciclos productivos. Aunque la dinámica del oxígeno disuelto en los estanques depende de procesos que están influenciados por muchas variables físicas, químicas y biológicas, que la hacen realmente compleja, el análisis se puede simplificar considerando los aportes y consumos de los principales factores que influyen.

En condiciones de estanqueidad total, es decir, sin que se lleve a cabo el proceso de recambio de agua, la curva de $OD_i(t)$ en un intervalo de tiempo determinado queda definida por la ecuación (1), en la que para cada instante t , OD_F es el oxígeno disuelto neto generado por el fitoplancton, OD_V es el oxígeno que aporta el viento, OD_S el oxígeno consumido por el sedimento, y OD_{Bn} el oxígeno que consumen los peces de acuerdo con la masa corporal en la semana n . Cada componente de la ecuación está dado en unidades de masa de O_2 sobre volumen.

$$OD_i(t) = OD_F(t) + OD_V(t) - OD_S(t) - OD_{Bn}(t) \quad (1)$$

El factor que más aporta al OD en los estanques es la producción neta de oxígeno a causa del fitoplancton, la cual es máxima cuando la densidad poblacional del fitoplancton es intermedia. Para poblaciones con densidades bajas, las tasas de fotosíntesis por unidad de biomasa son altas debido a que la cantidad de luz es mayor; sin embargo, hay poco fitoplancton para desarrollar fotosíntesis.

Por otra parte, para densidades altas, debido a la turbidez del agua, hay menos luz a profundidades cercanas a la superficie y, además, mayores consumos de oxígeno. En la figura siguiente (figura 6) se muestran las

variaciones de las concentraciones de OD en estanques con diferentes densidades de fitoplancton durante un periodo de 24 horas, que ya incluyen las afectaciones por el viento y la sedimentación.

Se observa que las concentraciones de OD son menores cuando empieza la mañana y su valor se va incrementando gradualmente hasta un máximo que ocurre al final de la tarde, y luego decrece durante la noche (Boyd y Lichtkoppler, 1979).

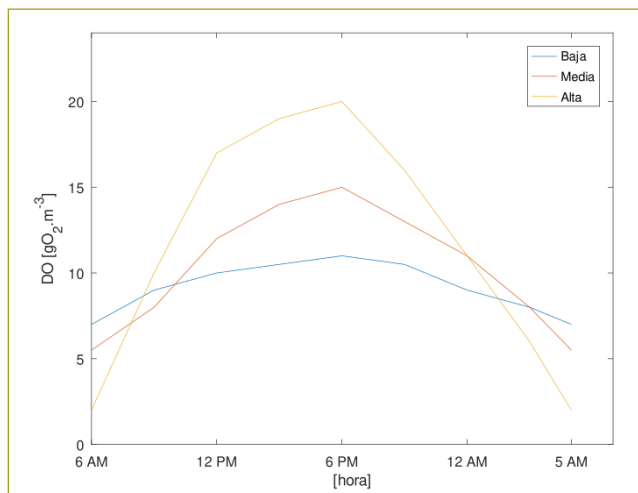


Figura 6. Curva de OD para densidades bajas de fitoplancton. Fuente: Boyd y Tucker (1998). *Pond aquaculture water quality management*.

El recambio de agua también incide en el OD, según los caudales que se manejen, aunque estos son menores debido a las restricciones al uso del agua. Teniendo en cuenta la variación de OD en el estanque por cuenta de los recambios de agua diarios, donde hay diferencia de OD en los flujos de entrada y salida, la variación de la masa de oxígeno $O(t)$ queda definida por la ecuación (2) en $[gO_2/h]$:

$$\frac{dO(t)}{dt} = Q_e \cdot DO_e - Q_s \cdot DO(t) + V_k \cdot \frac{dDO_i(t)}{dt} \quad (2)$$

Donde $O(t)$ es la cantidad de oxígeno en el instante t , expresado en $[gO_2]$, con el oxígeno disuelto dado en $[mgO_2/L]$; DO_e es el del agua que entra; $DO(t)$ es el resultante de la mezcla del agua nueva con la que yace en el estanque antes del recambio, y $OD_i(t)$ es el que se mantiene en el estanque afectado por fitoplancton, viento, sedimento y respiración de los peces, determinado por la ecuación (1); Q_e y Q_s son los caudales de entrada

y salida, respectivamente; V_k es el volumen del estanque dado en $[m^3]$, que permanece constante.

En razón de que, durante el recambio, el caudal de entrada es igual al de salida, haciendo $Q_e = Q_s = Q$, la ecuación (2) en $[gO_2/h]$ queda así:

$$\frac{dO(t)}{dt} = Q \cdot DO_e + V_k \cdot \frac{dDO_i(t)}{dt} - Q \cdot DO(t) \quad (3)$$

Por otro lado, se tiene que para todo instante t , la cantidad de oxígeno en el estanque es igual al producto del OD , por el volumen del estanque. Entonces:

$$O(t) = DO(t) \cdot V_k \quad [gO_2] \quad (4)$$

Derivando, y teniendo en cuenta que V_k es constante:

$$\frac{dO(t)}{dt} = \frac{dDO(t)}{dt} \cdot V_k \quad [gO_2] \quad (5)$$

Igualando las ecuaciones (3) y (5), se obtiene la ecuación (6) en $[gO_2/m^3h]$, donde $dDO_i(t)/dt$ es la tasa de cambio del OD en el estanque por los demás factores diferentes del recambio.

$$\frac{dDO(t)}{dt} + \frac{Q}{V_k} \cdot DO(t) = \frac{Q \cdot DO_e}{V_k} + \frac{dDO_i(t)}{dt} \quad (6)$$

METODOLOGÍA

La ISO 50001, al ser pensada para cualquier tipo de organización, brinda libertad sobre la forma de construir un SGen, en el sentido de que es la organización la que, en el proceso de planificación, define su desempeño energético, fija sus propias metas energéticas y también la forma de demostrar su cumplimiento con la mejora del desempeño definido. Por lo tanto, es indispensable que los esfuerzos invertidos en la planificación se canalicen para conseguir SGen acordes con los tamaños y contextos de las organizaciones, con las premisas de que sean realizables y realistas, considerando los recursos materiales y humanos disponibles, así como también que su implementación y mantenimiento sean eficientes en sí mismos; de esta manera, la estructuración de los requisitos estipulados en la ISO 50001 y el modelo PHVA

constituyen el marco metodológico de la planificación energética desarrollada en SFF.

Por su parte, la dinámica de los procesos productivos que se llevan a cabo, al igual que los criterios de operación que se manejan y el “saber hacer” de la granja piscícola, dieron las pautas para la construcción de los procedimientos que se consideraron más adecuados para la organización a corto plazo. La planificación energética es el proceso principal de la ISO 50001, que interactúa con los demás componentes del sistema de gestión para mantener un mejoramiento continuo.

Una vez asegurado el liderazgo, establecida la política energética y comprendido el contexto de la organización, la norma requiere que en la planificación se lleve a cabo la revisión energética, que consiste en identificar los tipos de energía utilizados y, mediante análisis, evaluar sus usos actuales y pasados, determinando los usos significativos de la energía (USE).

La planificación requiere determinar indicadores energéticos para hacer seguimiento a los USE, así como establecer líneas base que sirvan como referencia para posteriores revisiones al desempeño. También hay que definir un plan de recopilación de datos y determinar oportunidades para mejorar el desempeño energético. Con los resultados se especifican los objetivos y metas del SGen, y además se establecen los planes de acción para alcanzarlos.

A continuación, se presenta la metodología seguida (figura 7).

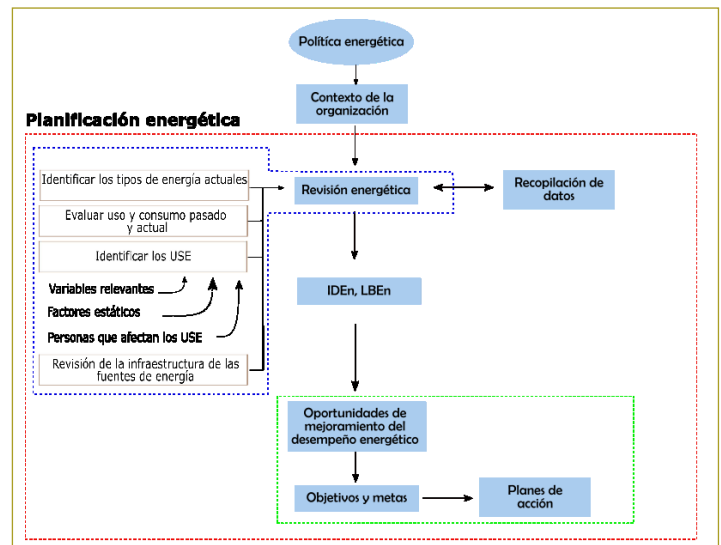


Figura 7. Diagrama de flujo que describe la metodología para el desarrollo de la planificación energética en SFF.

Fuente: Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 50001 (primera actualización).

En SFF se llevan a cabo actividades propias de la piscicultura de la especie tilapia nilótica, desarrollando dos tipos de proceso: alevinaje y engorde. Los procesos de alevinaje tienen una duración de siete semanas y se llevan a cabo en estanques con mayor infraestructura que los de engorde, recubiertos con mallas de nailon para proteger la producción, puesto que cuando los peces están muy pequeños, son más vulnerables a las aves de presa. Los peces con biomasa en el rango de 3-5 g se depositan en un estanque y se crían hasta que alcanzan biomasa alrededor de 30 g, para luego trasladarlos a otro estanque donde entran al proceso de engorde o se venden a otras piscícolas. A diferencia de los procesos de alevinaje, en los cuales la duración de los ciclos se ajusta a la programación, en los procesos de engorde existen mayores oscilaciones en los tiempos planeados, ocasionadas por las condiciones del mercado. No obstante, se busca que estos ciclos sean desarrollados hasta obtener peces con biomasa entre 500 g y 600 g.

El área total de las instalaciones de la granja piscícola es de 120.198 m². Actualmente, dispone de once estanques de producción, construidos en tierra; además, tiene un estanque adicional, utilizado como sumidero de las aguas residuales. El agua se toma de un canal de riego cuya fuente es el río Fortalecillas, afluente del río Magdalena. Las aguas residuales deben depositarse en el sumidero, donde se realiza un proceso de decantación antes de vertirlas nuevamente al canal de riego.

REVISIÓN ENERGÉTICA

La revisión energética se enfocó en la caracterización de la demanda para cada uno de los tipos de procesos productivos, alevinaje y engorde, para determinar sus desempeños actuales en términos de energía consumida por unidad de producción, es decir, de intensidad energética.

La infraestructura eléctrica está conformada por un transformador de media a baja tensión de 112,5 kVA, con respaldo de un generador diésel. Hay ramales aéreos para distribución de baja tensión que alimentan los tableros de los aireadores localizados cerca de los estanques, desde donde el operador de la granja piscícola los enciende y apaga manualmente. Para el proceso de pesca, se utiliza una grúa con un motor eléctrico de 3 HP para alzar la red con los peces capturados hasta las compuertas de un camión cisterna que se parquea sobre

la vía de acceso. Además, la energía se utiliza para la iluminación, cargas menores para actividades de mantenimiento y una unidad de vivienda en el interior de la granja piscícola donde reside el operador con su familia.

En SFF, la energía eléctrica se utiliza exclusivamente para actividades relacionadas con la producción piscícola, ya sean operativas o administrativas. La identificación de las cargas instaladas, así como sus condiciones de operación, se hizo mediante descripción del operador de la granja piscícola. Posteriormente, los parámetros nominales de las cargas se verificaron midiendo con analizador de redes y una pinza voltiamperimétrica que tiene funcionalidad de medición de energía para periodos cortos. En la figura siguiente se muestran las cargas que componen la demanda (figura 8).

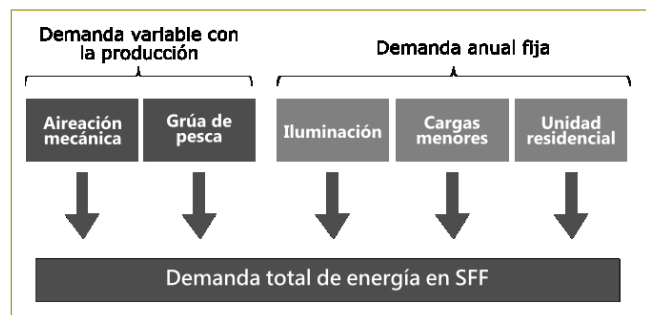


Figura 8. Esquema de las cargas que componen la demanda en SFF.

Fuente: Elaboración propia.

Evaluación de consumos

En virtud de que no existe submedición, los usos de la energía se deben estimar de acuerdo con mediciones de potencias nominales y criterios de operación. La demanda de iluminación corresponde a 12 reflectores tipo LED que funcionan todos los días desde las 6:00 p.m. hasta las 6:00 a.m.; con mediciones se verificó que la potencia nominal es de 140 W, en tanto que el consumo por las cargas menores se calculó de acuerdo con un promedio mensual estimado por el operador. Además, se determinó que el consumo de la vivienda es acorde con la demanda típica de una unidad residencial de la zona rural. Para el caso de la grúa de pesca, se midió la energía consumida durante una actividad de pesca mientras se cargaba un camión cisterna y de acuerdo con la biomasa izada el factor de consumo fue de 1 [Wh/kg].

En cuanto a la aireación mecánica (AM), para mantener la cantidad de oxígeno requerida en los estanques los

aireadores operan durante los tiempos en que los valores de OD bajan a niveles críticos. De este modo, la variable que determina su funcionamiento es el oxígeno disuelto; si el valor medido en un estanque es menor de 3 [mg/L], entonces se activa la aireación mecánica (figura 9).

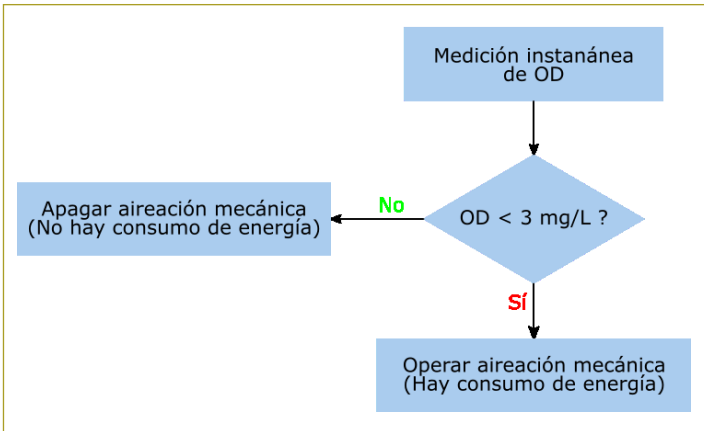


Figura 9. Criterio para activación de aireación mecánica.
Fuente: Elaboración propia.

Los aireadores utilizados son de tipo *splash*, con capacidades de 2 HP, cuya cantidad depende del tamaño del estanque, densidad de siembra y etapa del proceso productivo. En un estanque con cinco aireadores, se verificó que sus potencias de operación variaban desde 1,48 kW hasta 1,79 kW, así que para los cálculos se decidió utilizar un promedio de 30 aireadores, los cuales se pusieron en funcionamiento en un momento determinado. La potencia registrada fue de 45,3 kW, lo que dio como resultado una potencia promedio de 1,51 kW por aireador.

Se verificó que el factor de potencia de los aireadores es 0,7, por lo cual se dispone de un banco de condensadores en el barraje principal, para compensar la energía reactiva total aportada por los aireadores. Para ambos tipos de proceso, se calculó el índice de consumo (IC), es decir, el consumo promedio de energía en un periodo sobre la producción promedio en el mismo periodo. Para el cálculo de las biomasa se tuvo en cuenta el crecimiento de la biomasa registrado en un ciclo de alevinaje y en otro de engorde, considerando las tasas de supervivencia constantes durante toda la duración de los ciclos. El de alevinaje se desarrolló en el estanque 3 con 300.000 alevinos iniciales, densidad de siembra de 72,1 pez/m² y tasa de supervivencia de 80 %. El de engorde se desarrolló en el estanque 5 con 87.000 peces iniciales, densidad de siembra de 8,8 pez/m² y tasa de supervivencia de 90 %. En las tablas siguientes (tablas 3 y 4) se muestran las esti-

maciones realizadas para los ciclos de alevinaje y engorde, obteniéndose índices de consumo de 0,233 kWh/kg y 0,383 kWh/kg, respectivamente.

Tabla 3
Estimación de índices de consumo en un ciclo de alevinaje utilizando los criterios de operación

Semana	Biomasa [kg]	Número de aireadores	Tiempo semanal [h]	Energía semanal [kWh]	Energía semanal [kWh]	Índice de consumo [kWh/kg]
1	1,832	1	84	127	127	0,069
2	2,687	1	84	127	254	0,094
3	4,101	2	84	254	507	0,124
4	5,580	2	84	254	761	0,136
5	6,661	3	84	381	1.142	0,171
6	7,457	3	84	381	1.522	0,204
7	8,160	3	84	381	1.903	0,233

Tabla 4
Estimación de índices de consumo en un ciclo de engorde utilizando los criterios de operación

Semana	Biomasa [kg]	Número de aireadores	Tiempo semanal [h]	Energía semanal [kWh]	Energía semanal [kWh]	Índice de consumo [kWh/kg]
1	5.616	2	84	254	254	0,045
2	7.664	2	84	254	507	0,066
3	9.428	2	84	254	761	0,081
4	10.750	3	84	381	1.142	0,106
5	11.902	3	84	381	1.522	0,128
6	13.140	3	84	381	1.903	0,145
7	14.250	3	84	381	2.283	0,160
8	15.044	4	84	507	2.790	0,185
9	15.889	4	84	507	3.298	0,208
10	17.173	4	84	507	3.805	0,222
11	18.826	4	84	507	4.313	0,229
12	20.678	5	84	634	4.947	0,239
13	22.616	5	84	634	5.581	0,247
14	24.528	6	84	761	6.342	0,259
15	26.258	6	84	761	7.103	0,271
16	27.785	6	84	761	7.864	0,283
17	29.672	7	84	888	8.752	0,295
18	32.350	7	84	888	9.640	0,298
19	35.189	8	84	1.015	10.655	0,303
20	37.446	8	84	1.015	11.669	0,312
21	38.937	9	84	1.142	12.811	0,329
22	39.807	9	84	1.142	13.952	0,351
23	40.960	9	84	1.142	15.094	0,369
24	43.181	9	84	1.142	16.236	0,376
25	45.830	10	84	1.268	17.504	0,382

Consumo pasado y USE

Para evaluar el consumo de energía pasado, por la misma razón de que en la granja piscícola actualmente no existe submedición, se hicieron dos cosas. Por una parte, se recurrió a la facturación efectuada en los años 2017-2019 por el operador de red, que es Electrohuila, considerando que las veces que hubo cortes en el suministro por medio de la red externa se operó con el generador diésel de respaldo, teniendo en cuenta un factor de 90 % en la confiabilidad de las redes de esta empresa.

Por otra parte, tomando la información histórica de la biomasa cosechada en cada proceso durante el periodo 2017-2019, para estimar la demanda por concepto de grúa de pesca se utilizó el factor de consumo medido; para la AM se tomaron los índices de consumo estimados al final de cada ciclo y se consideraron las cargas fijas. Se encontró que los resultados obtenidos de las dos formas son aceptablemente aproximados para los años 2017 y 2019, y se corroboró que la AM es por mucho el uso de la energía que demanda el mayor consumo, representado con el 92,5 % del total de energía utilizada durante el periodo analizado 2017-2019 (figura 10) y se determinó como el USE en la planificación desarrollada.

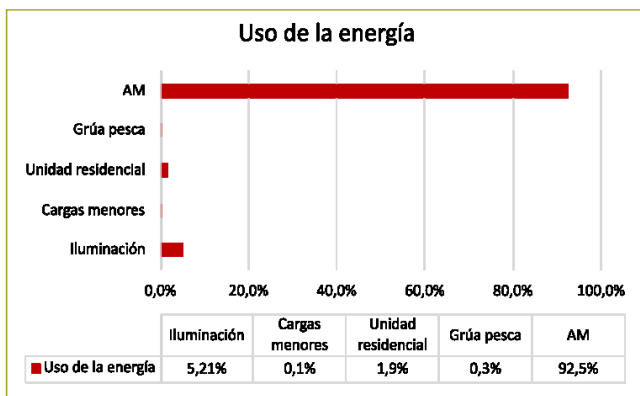


Figura 10. Usos principales de la energía eléctrica en SFF, de acuerdo con la producción y los consumos de energía registrados en el periodo 2017-2019.

Fuente: Elaboración propia.

Indicadores de desempeño (IDEn) y líneas base (LBEn)

Los indicadores de desempeño energético (IDEn) son unidades o medidas del desempeño energético que la organización debe definir en su SGEN, de acuerdo con los procesos productivos y apropiados para hacerles seguimiento. En el caso de SFF, como el requerimien-

to de energía eléctrica asociado a la AM depende de la etapa de crecimiento de los peces, y debido a que siempre hay producciones que van en etapas distintas en cada estanque, por lo cual sus tasas de consumo de oxígeno también difieren, no son recomendables IDEn que abarquen más de un estanque.

Adicionalmente, las condiciones que se presentan en cada ciclo productivo se pueden considerar particulares debido a las múltiples variables involucradas, como las climáticas, o tipos de comida, factores biológicos propios de la procedencia de los alevinos sembrados, enfermedades o tasas de supervivencia no esperadas. Así, para el desarrollo de la planificación energética se consideró apropiado definir los índices de consumo de cada ciclo.

La norma requiere que, cuando existan variables relevantes que puedan afectar la equivalencia de las condiciones específicas en dos periodos que sean objeto de comparación, se debe efectuar una normalización de las LBEn. Para esto, se pueden utilizar las variables relevantes que no son controlables. Como los IDEn definidos dependen de una determinada densidad de siembra que puede variar en cada ciclo, se decidió normalizarlos dividiéndolos por el valor de la densidad de siembra y multiplicándolos por 1000, de tal modo que los IDEn normalizados están dados en unidades de $[kWh.m^2/kg.pes]$. A continuación, se describen los IDEn definidos:

- $IE_nBa_i = (Ea_i)/(Ba_i)$ es el índice de consumo energético en ciclo de alevinaje, definido como la relación entre la energía eléctrica consumida en un ciclo productivo de alevinaje i , Ea_i , y la producción de biomasa en ese mismo ciclo Ba_i . Sus unidades están dadas en $[kWh/kg]$.
- $IE_nBe_i = (Ee_i)/(Be_i)$ es el índice de consumo energético en ciclo de engorde, definido como la relación entre la energía eléctrica consumida en un ciclo productivo de engorde i , Ee_i , y la producción de biomasa en ese mismo ciclo Be_i . Sus unidades están dadas en $[kWh/kg]$.

La herramienta de comparación de las variaciones ocurridas en el desempeño, conforme a los resultados obtenidos en las revisiones energéticas, son las líneas base que se construyen con valores de los IDEn en condiciones específicas. En las figuras siguientes (figuras

11 y 12) se representan las líneas base con sus respectivas normalizaciones, para ambos tipos de proceso. En razón de que en SFF se continúan buscando densidades de siembra que resulten óptimas financieramente, se estimaron valores para cada uno de los IDEn en rangos de densidades de siembra que son usuales en la granja piscícola. Sin embargo, todas las curvas representadas corresponden a un mismo desempeño energético, determinado por los criterios de operación actuales, con los que se calcularon. Se tiene que los valores de los indicadores se incrementan a medida que los procesos productivos avanzan en el tiempo, puesto que el consumo de energía aumenta a una tasa mayor que la de crecimiento de la biomasa.

Por otra parte, se observa también que las curvas se desplazan hacia arriba a medida que crecen las densidades de siembra, ya que mayores poblaciones de peces requieren mayores cantidades de oxígeno y, en consecuencia, mayor número de aireadores operando.

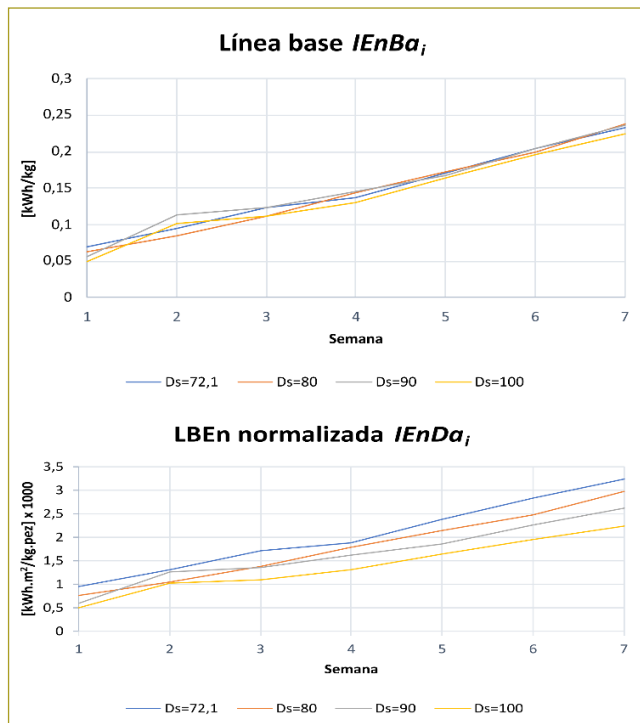


Figura 11. LBEn para los IDEn definidos, que equivalen a un mismo desempeño energético con diferentes valores de D_s en ciclos de alevinaje.

Fuente: Elaboración propia.

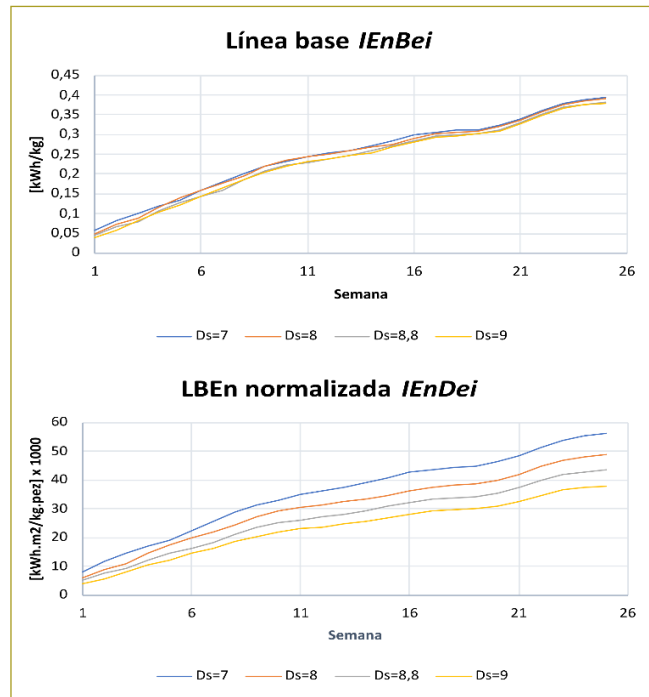


Figura 12. LBEn para los IDEn definidos, que equivalen a un mismo desempeño energético con diferentes valores de D_s en ciclos de engorde.

Fuente: Elaboración propia.

Recopilación de datos

Para hacer seguimiento a los IDEn definidos para el desarrollo de la planificación energética en SFF, se necesita que en cada ciclo productivo se mida la energía consumida y se registre la producción. Para esto, se requiere que se implemente submedición en cada uno de los tableros de arrancadores y que desde un mismo tablero no se alimenten aireadores de estanques distintos. Considerando que quincenalmente se hacen mediciones muestrales de la biomasa de los peces, en los mismos periodos se deberá registrar la energía consumida en los tableros asociados al ciclo productivo. En un formato único para determinado ciclo, deberá apuntarse el consumo de energía, biomasa de la muestra de peces y estimación de la población de acuerdo con el factor de supervivencia observado. Estos datos también se deberán registrar en caso de un evento especial en el ciclo que afecte el consumo de energía, como por ejemplo una pesca parcial o picos de mortalidad. Dicho formato deberá contener, en su encabezado, la información correspondiente a la fecha de inicio, densidad de siembra, cantidad de peces sembrados, y al final, también deberá registrarse la biomasa obtenida en la pesca. Los valores

que se registren al final de cada ciclo serán los utilizados para el cálculo de los IDEn definidos.

Oportunidades de mejoramiento

Las oportunidades de mejoramiento del desempeño en la planificación están basadas en reducir las brechas tecnológicas en el monitoreo del OD (y así controlar de manera directa la variable relevante). Se identificó que las mediciones actuales de tipo manual, que se realizan a los niveles de OD en los estanques, pueden resultar afectadas en su precisión por diferentes factores, ya que las condiciones del agua en un punto específico son susceptibles de cambios entre los momentos de medición debido al movimiento de los peces, los recambios de agua, la lluvia o el viento. Así, se propone implementar un sistema de monitoreo automático que tome mediciones en intervalos de tiempo aceptablemente reducidos; aun cuando el punto de medición seguiría siendo estático, se obtendrían tendencias más ajustadas del comportamiento del OD a lo largo del día.

Al hacer un sondeo de mercado en el sector de la piscicultura en Colombia, se encuentran disponibles equipos de marcas reconocidas, que permiten supervisión continua, así como generar registros históricos mediante aplicaciones dedicadas con *software* de supervisión. Así mismo, es posible utilizar sondas de medición conectadas físicamente a dispositivos de comunicaciones inalámbricos, que emplean tecnología satelital o GPR para hacer llegar los datos a internet, desde donde se pueden visualizar en PC o teléfonos inteligentes y mejorar el control de los tiempos de operación de la AM, así como obtener información requerida para relacionarla con los de la submedición de energía y buscar el mejoramiento continuo mediante la implementación de un SGEN ISO 50001, como se representa a continuación (figura 13).

RESULTADOS

Los ahorros potenciales de energía que se podrían conseguir mediante la implementación de un sistema de monitoreo automático se calcularon analizando el comportamiento diario del OD en los estanques, con base en los aportes y consumos de los principales factores que lo afectan. SFF tiene autorizado actualmente un suministro de agua de 18 L/s por parte de las autoridades ambientales, y dentro de lo que esta limitación



Figura 13. Esquema propuesto de SGEN.

Fuente: Elaboración propia.

implica, de todas maneras, diariamente se procura hacer recambios menores de agua con el objeto de desgasificar los estanques de sustancias nocivas, limpiar sedimentación y evitar colores verdosos.

En razón de esto, en los análisis realizados se tomaron de una figura anterior (figura 6) los datos correspondientes a producción de oxígeno por poblaciones de fitoplancton de bajas densidades. Utilizando hoja de cálculo, se tiene que la tendencia de la curva sigue la ecuación (7) en $[mg\ O_2/L]$ con $R^2 = 0,9785$. Es importante subrayar que esta curva corresponde a producciones en días soleados y que incluye las afectaciones por el viento y la sedimentación.

$$OD_f\ vs(t) = -0,023t^2 + 0,573t + 7,245 \quad (7)$$

La tasa de respiración de los peces utilizada fue la determinada por Schroeder con su fórmula general en función de la biomasa individual de un pez, que aunque aproximada, es útil para determinar el consumo de oxígeno a temperaturas en el rango 20-30 °C, donde W es la masa de un pez dada en g (Boyd y Tucker, 1998).

$$\text{Consumo_oxígeno} = W^{0,82} [mgO_2 / \text{pez.h}] \quad (8)$$

Resolviendo la ecuación (6) con los datos de la tabla siguiente (tabla 5), y utilizando GNU Octave, se hicieron simulaciones para obtener en cada semana el instante en que el OD llega al límite mínimo establecido, lo que permite calcular el tiempo en que estrictamente se requiere poner en funcionamiento los aireadores. El sistema automático de monitoreo de OD señalaría

estos momentos. En las figuras siguientes (figuras 14 y 15), se muestran las curvas resultantes de la dinámica de OD para un día típico en ambos tipos de proceso.

Tabla 5
 Datos utilizados en simulaciones con GNU Octave de dinámica de OD en un día típico

Parámetro	Unidad	Valor
Densidad de siembra P. Alevinaje	[pez/m ²]	72,1-100,0
Densidad de siembra P. engorde	[pez/m ²]	7,0-10,0
Profundidad promedio de estanque	[m]	1,8
Caudal de recambio	[m ³ /h]	36
Temperatura de estanque	[°C]	29
Presión atmosférica en Tello	[atm]	0,9968
OD agua de suministro	[mg O ₂ /L]	5
Inicio de recambio	[Hora]	6:00 p.m.
Final de recambio	[Hora]	6:00 a.m.
Densidad de fitoplancton	-	Baja

Ahora, tomando los tiempos de AM estrictamente requeridos, pero manteniendo el criterio actual para la determinación del número de aireadores, se calcularon nuevamente los IC. No obstante, las reducciones de tiempo calculadas se han obtenido considerando la curva de aporte neto de OD por el fitoplancton en días despejados, razón por la cual es necesario aplicar un factor de corrección que contemple los días nublados, durante los cuales el aporte del fitoplancton es menor.

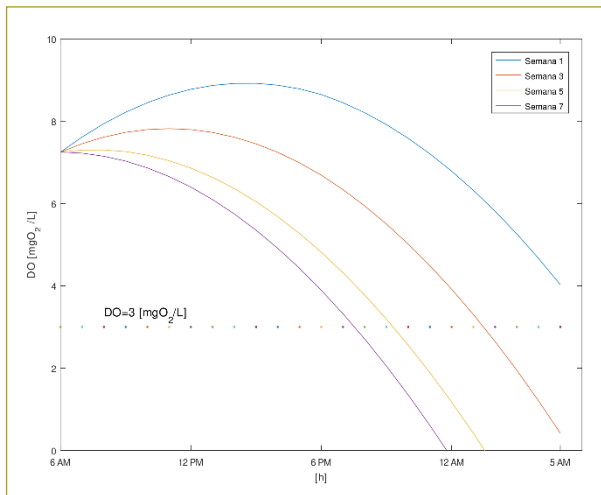


Figura 14. Dinámica de OD durante un día típico, para diferentes semanas en el proceso de alevinaje.

Fuente: Elaboración propia.

Para esto, se recurrió a la información meteorológica disponible en The Power Project (NASA Prediction of Worldwide Energy Resources), tomando en cada mes la cantidad de días totalmente despejados o parcialmente nublados, de acuerdo con las probabilidades de ocurrencia correspondientes a la hora 012 GMT en la ubicación de SFF. Así, se estima que en el año hay 134 días, en los cuales es factible la reducción de tiempo de operación de los aireadores; por ende, el ahorro en el consumo de energía proyectado se restringe a un 36,7 %.

Finalmente, resulta que en los procesos de alevinaje podrían conseguir ahorros hasta de 14,3 % con $D_s = 72,1 \text{ pez/m}^2$ y en los de engorde de 14,8 % con $D_s = 7 \text{ pez/m}^2$.

CONCLUSIONES

En la granja piscícola SFF, ubicada en el municipio de Tello (Huila), en la que se cultiva tilapia nilótica, se desarrolló la planificación energética basada en la norma ISO 50001, con el objetivo de encontrar mecanismos que permitan reducir los costos asociados al consumo de energía, ocasionados principalmente por la utilización de aireación mecánica en los estanques de producción, que funciona con motores eléctricos. Esta iniciativa se originó atendiendo a la necesidad que hoy en día tienen las organizaciones de adoptar un rol activo sobre sus propios requerimientos energéticos; en consecuencia, con los cambios de paradigmas que

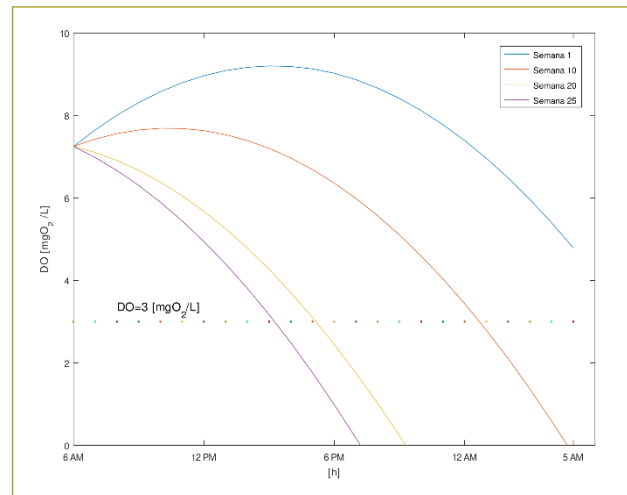


Figura 15. Dinámica de OD durante un día típico, para diferentes semanas en el proceso de engorde.

Fuente: Elaboración propia.

están aconteciendo a escala global respecto a la gestión de la energía, con el propósito de que los aparatos productivos sean competitivos, al mismo tiempo que sostenibles. Mediante la construcción de las líneas base de los indicadores de desempeño definidos en la planificación energética desarrollada, se obtuvo la caracterización de la demanda, que permitiría hacer proyecciones en consumos de acuerdo con la producción planeada, al igual que hacerles seguimiento. Se identificó la AM como el uso más significativo que se hace de la energía en SFF, con el OD como la variable relevante que provoca su consumo.

Conseguir mejoras en el desempeño de la AM produciría impactos significativos en el incremento de la eficiencia energética de la granja piscícola. El método actual de medición manual e instantánea de OD no permite el aseguramiento de la operación de los aireadores estrictamente cuando es necesario y el número de mediciones diarias queda limitado por la disponibilidad del recurso humano, que también debe atender muchas otras actividades; por lo tanto, se dificulta hacer seguimiento a las variaciones del OD, ya que pocas mediciones distanciadas en el tiempo quedan afectadas por variaciones en la homogeneidad del agua que no se pueden controlar, entre los instantes de cada medida. Los planes de acción resultantes de la planificación energética en SFF están basados en el aprovechamiento de las mejores tecnologías actualmente disponibles en el mercado para la medición del OD.

Como resultado de simulaciones analíticas de la variación diaria del OD, considerando los volúmenes productivos y criterios de operación actuales en SFF, así como el crecimiento de la biomasa verificada en un ciclo de alevinaje con $72,1 \text{ pez}/\text{m}^2$ sembrados, y en otro de engorde con $8,8 \text{ pez}/\text{m}^2$, se tiene que podrían conseguirse ahorros en el consumo de energía hasta de 14,3 % en procesos de alevinaje y de 14,8 % en los de engorde.

El potencial de reducciones de tiempo de AM se reduce a medida que aumentan las densidades de siembra, puesto que, en poblaciones mayores, los tiempos requeridos de AM superan los considerados para las densidades de siembra que actualmente se manejan en SFF. En virtud de que las simulaciones analíticas se hicieron suponiendo un mismo comportamiento del crecimiento de la biomasa con diferentes valores de las densidades de siembra, y considerando las obser-

vaciones hechas por el personal operativo de la granja piscícola, en el sentido de que es posible que el crecimiento de la biomasa disminuya cuando se incrementa el tamaño de las poblaciones, cabe suponer, que en ese caso, los índices de consumo de energía sean menores que los obtenidos en las simulaciones; sin embargo, incluso en ese caso, también se debe tener en cuenta que la cantidad de aireadores y sus tiempos de operación también se reducirían, ya que el requerimiento de oxígeno de los peces depende sus biomasa.

La tecnología disponible actualmente en el mercado ofrece sistemas de medición capaces de registrar medidas en intervalos de cinco minutos o menos, que permitirían construir con mucho mayor precisión las tendencias del comportamiento del OD durante todos los días de los ciclos de producción, facilitando ajustes en los tiempos de operación de los aireadores, buscando que el consumo de energía se efectúe estrictamente cuando es requerido. Se realizó la evaluación técnica y económica a un sistema de monitoreo continuo de OD, que incluye una estación de monitoreo en cada uno de los once estanques de producción. Cada estación consiste en una sonda de medición de OD y otra de temperatura, que deben sumergirse en el agua. Los datos registrados son subidos a la nube y administrados en una plataforma web accesible en PC o teléfono inteligente.

Al observar los análisis y evaluaciones desarrollados en la planificación energética para SFF, se recomienda tener en cuenta para los planes de acción, priorizar la implementación del control de la AM con monitoreo continuo de OD, ya que se lograría un impacto sobre la eficiencia energética como tal de la granja piscícola, lo cual contribuiría a mitigar los riesgos asociados a los incrementos en las tarifa de energías, así como los causados por las restricciones en el uso del agua, que se prevé que aumenten a corto plazo debido a los efectos del calentamiento global. Se necesita también la submedición de energía eléctrica, mediante la instalación de medidores en los tableros de los aireadores, para poder hacer seguimiento al desempeño energético de cada ciclo de producción.

En resumen, es recomendable un SGEN en SFF, debido a que el consumo de energía eléctrica es un componente de peso en los costos totales de producción.

REFERENCIAS

- Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (2019). Aunap. Resolución 1607 del 25 de julio de 2019. Disponible en [https://www.aunap.gov.co/2021/11/16/acuicultura-de-subsistencia-un-paso-adelante-para-fortalecer-la-actividad/#:~:text=Por %20medio %20de %20la %20Resoluci %C3 %B3n,en %20el %20uso %20 del %20agua](https://www.aunap.gov.co/2021/11/16/acuicultura-de-subsistencia-un-paso-adelante-para-fortalecer-la-actividad/#:~:text=Por%20medio%20de%20la%20Resoluci%C3%B3n,en%20el%20uso%20del%20agua).
- Boyd, C. y Lichtkoppler, F. (1979). Water quality management in fish culture. *Research and Development Series*, 22, 7-9. Disponible en <https://aurora.auburn.edu/bitstream/handle/11200/1088/0192FISH.pdf?sequence=1>.
- Boyd, C. y Tucker, C. (1998). *Pond aquaculture water quality management*, 75-84. Kubler Academics Publishers. Disponible en <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4615-5407-3>.
- Erbach, G. (2017). Understanding energy efficiency. *European Parliament Research Service* (EPRS), 1. Disponible en [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568361/EPRS_BRI\(2015\)568361_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568361/EPRS_BRI(2015)568361_EN.pdf).
- FAO (2018). El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Cumplir los objetivos de desarrollo sostenible. Roma, no. CC BY-NC-SA 3.0 IGO, p. vii. Disponible en <https://www.fao.org/publications/home/fao-flagship-publications/the-state-of-world-fisheries-and-aquaculture/es>.
- Fawks, S. (2016). *A brief history of energy efficiency. Only Eleven Percent. Blog*. Disponible en <https://www.onlyelevenpercent.com/a-brief-history-of-energy-efficiency/>.
- Icontec (2019). Norma técnica colombiana NTC-ISO 50001 (primera actualización). Requisitos con orientación para uso, 2019. Adopción idéntica por traducción de la ISO 50001: 2018.
- International Energy Agency (2017a). Energy efficiency 2017. *Market Report Series*, 11. Disponible en <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2017>.
- International Energy Agency (2017b). Energy efficiency 2017. *Market Report Series*, 76. Disponible en <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2017>.
- International Energy Agency (2018a). Energy efficiency 2018: analysis and outputs. *Market Report Series*, 99. Disponible en <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2018>.
- International Energy Agency (2018b). Energy efficiency 2018: analysis and outputs. *Market Report Series*, 110-112. Disponible en <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2018>.
- Merino, C., Salazar, G. y Gómez, D. (2006). *Guía práctica de la piscicultura en Colombia*, 1. Incoder. Disponible en <https://www.aunap.gov.co/documentos/OGCI/Guia-Practica-de-Piscicultura-en-Colombia.pdf>.
- Ministerio de Agricultura (2020). *Cadena de la acuicultura*. Presentación, 4 y 11, primer trimestre 2020. [https://sioc.mnagricultura.gov.co/Acuicultura/Documentos/2020-12-30 %20 Cifras %20Sectoriales.pdf](https://sioc.mnagricultura.gov.co/Acuicultura/Documentos/2020-12-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf).
- OCDE/IEA (2016). *Indicadores de eficiencia energética: fundamentos estadísticos*, 18-19. Disponible en <https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00332.pdf>.
- Therkelsen, P., McKane, A., Sabouni, R., Tamm, Y., Rao, P. y Scheihing, P. (2015). Development of an Enhanced Payback Function for the Superior Energy Performance Program. ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Industry, Buffalo, NY, 7. Disponible en <https://www.osti.gov/servlets/purl/1237331>.
- Trendov, N. M., Varas, S. y Zeng, M. (2019). Tecnologías digitales en la agricultura y zonas rurales. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (pp. 1-2). Roma. Disponible en <https://www.fao.org/3/ca4887es/ca4887es.pdf>.
- Unidad de Planeación Minero Energética (2017). Plan de acción indicativo de eficiencia energética, 2017-2022, p. 12.

Uso de energías renovables en parques metropolitanos de Bogotá

Use of renewable energy in metropolitan parks of Bogota

ÉDER ALEIXO ROMERO PEDRAZA¹ - JAVIER ANDRÉS RUIZ GARZÓN² - DANIEL JOSÉ GONZÁLEZ TRISTANCHO³

1. Magíster en Ingeniería Eléctrica de la Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.
2. Magister en Renewable Energy and Environmental Modelling. Profesor asistente del Programa de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.
3. Magíster en Ingeniería Electrónica. Profesor asociado del Programa de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

eder.romero@mail.escuelaing.edu.co - javier.ruiz@mail.escuelaing.edu.co - daniel.gonzalez@escuelaing.edu.co

Recibido: 15/06/2023 Aceptado: 26/07/2023

Disponible en http://www.escuelaing.edu.co/es/publicaciones_revista
<http://revistas.escuelaing.edu.co/index.php/reci>

Resumen

Los parques metropolitanos son extensas áreas del componente urbano de Bogotá que están orientados al uso recreativo, paisajístico y ambiental de la ciudad. Debido a su extensión, es común que no sea posible aprovechar el 100 % de su área, ya que su desarrollo se realiza por etapas, que dependen de la asignación de presupuesto por parte del Distrito Capital.

Las áreas que no son aprovechadas podrían contribuir al desarrollo energético sostenible de estos lugares, mediante el uso de recursos energéticos existentes en sitio como la energía solar y eólica. Verificar esto es posible por medio de estudios de factibilidad de implementación de energías renovables mediante herramientas de optimización y factibilidad financiera, que en este caso se utilizaron para analizar cuatro parques situados en las localidades de Barrios Unidos, Kennedy, Tunjuelito y San Cristóbal.

Los sistemas seleccionados incluyen paneles solares de silicio cristalino y turbinas eólicas de eje vertical de pequeña escala. Con base en esta elección, se presenta la disponibilidad de irradiación promedio mensual y velocidades de viento en sitio, además de los perfiles de demanda de energía eléctrica de los parques.

Finalmente, con los resultados de los análisis hechos, se determinó si el aprovechamiento de estas energías representa una opción para considerar en parques metropolitanos.

Palabras claves: recursos renovables, irradiancia, velocidad de viento, perfil de carga, excedentes de energía, autoconsumo, parques metropolitanos.

Abstract

Metropolitan parks are extensive areas of the urban component of Bogotá that are oriented to the recreational, landscape, and environmental use of the city. Due to their extension, it is common not to be possible to take advantage of 100 % of their area, since their development is carried out in stages that depends on the estimated budget by the capital district.

Free areas could contribute to the sustainable energy development of parks, by using existing energy resources on site such as solar and wind energy. Verifying this is possible through feasibility studies for the implementation of renewable energy using optimization and financial feasibility tools; in this case four parks located in Barrios Unidos, Kennedy, Tunjuelito, and San Cristóbal were used for the analysis.

Selected systems include crystalline silicon solar panels and small-scale vertical axis wind turbines. Based on this choice, the monthly average irradiation availability and on-site wind speeds is presented, in addition to the electricity demand profiles of the parks.

Finally, with the analysis of the results, it was determined whether the use of these energies represents an alternative to consider in metropolitan parks.

Keywords: renewable resources, solar radiation, wind speed, load profile, energy surplus, self-consumption, metropolitan parks.

INTRODUCCIÓN

EN la actualidad, el ser humano se ha encaminado hacia un desarrollo sostenible que busca mejorar el bienestar social, reduciendo el deterioro del medio ambiente y la necesidad de agotar la base de recursos naturales del planeta, a los cuales tienen derecho las futuras generaciones. Una forma de hacerlo es incentivando la inversión en adaptación de generación de energía eléctrica, por medio del uso de fuentes no convencionales de energía, especialmente las de carácter renovable. Este tipo de energías tienen la ventaja de que se pueden aprovechar en el mismo lugar donde se producen (Carta, Calero, Colmenar y Castro, 2009).

En Colombia, en el marco legislativo, existen tanto la Ley 1715 de energías renovables, publicada en mayo del 2014 por el Ministerio de Minas y Energía (Ministerio de Minas y Energía, 2014), como la Ley 2099 de 2021 de transición energética (Ministerio de Minas y Energía, 2021). En estas leyes, se contemplan las líneas de cumplimiento de la gestión eficiente de la energía y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Por otra parte, en el marco regulatorio colombiano, existe la Resolución 174 de 2021 (Comisión de Regulación de Energía y Gas [CREG], 2021), que modifica la Resolución 030 de 2018 de la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG, 2018), encargada de regular la autogeneración a pequeña escala (hasta 5 [MW]) y generación distribuida.

En esta resolución, se describen mecanismos para que usuarios residenciales, comerciales y pequeños industriales generen energía eléctrica, principalmente para atender sus propias necesidades y para que puedan vender los excedentes energéticos al Sistema Interconectado Nacional (SIN).

En Bogotá, existen parques de gran extensión, denominados “de escala metropolitana” (Instituto Distrital de Recreación y Deporte [IDRD], 2022), donde se brinda a los ciudadanos espacios en los cuales pueden desarrollar actividades recreativas y culturales. En estos parques, que representan parte de la estructura ecológica de la ciudad, se utiliza energía eléctrica para que puedan prestar algunos de sus servicios. Debido a su extensión, poseen zonas que actualmente no tienen ninguna funcionalidad y en las cuales existe disponibilidad de recursos energéticos renovables, tales como la radiación solar y la velocidad del viento.

Estudiar el aprovechamiento de dichos recursos en estos parques pretende validar si es factible la im-

plementación de sistemas de energías renovables que aporten al desarrollo sostenible en estas áreas y que de ninguna manera implique afectar las reservas ecológicas de la ciudad.

DISPONIBILIDAD DEL RECURSO

Bogotá se encuentra dividida en 20 localidades (figura 1). En algunas de ellas, la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA), entidad que promueve, orienta y regula la sustentabilidad ambiental de la ciudad, tiene instaladas trece estaciones que forman la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá (RMCAB) (Secretaría Distrital de Ambiente, 2023).



Figura 1. Localidades de Bogotá.

En general, las estaciones pertenecientes a la RMCAB están en capacidad de llevar registros de variables meteorológicas como la velocidad del viento, parámetro medido en todas ellas, y la irradiación solar, medida únicamente en cinco de ellas. Cinco de estas estaciones en la ciudad están situadas en las localidades de Barrios Unidos, Kennedy, Tunjuelito, San Cristóbal y Suba, localidades que se establecen como las áreas de análisis para la cuantificación de los recursos solar y eólico disponibles.

En las tablas siguientes se presenta el valor promedio de irradiación mensual para cada una de las localidades (tabla 1) y se registra el valor mensual promedio de velocidad de viento medido a diez metros sobre el nivel del suelo (tabla 2). Los valores obtenidos corresponden a un periodo que va desde el 1.º de agosto de 2016 hasta el 31 de julio de 2018.

Tabla 1
Irradiación (promedio mensual) [kWh/m²/día]

Localidad / Mes	Barrios Unidos	Kennedy	Tunjuelito	San Cristóbal	Suba
Enero	4,31	4,30	3,70	4,89	5,00
Febrero	4,45	4,88	4,30	5,32	5,66
Marzo	3,65	4,04	3,65	4,55	4,61
Abril	3,46	3,59	3,29	4,20	4,07
Mayo	3,52	3,36	3,39	4,16	3,87
Junio	3,67	3,47	3,69	4,47	3,72
Julio	4,11	3,96	3,93	4,86	4,00
Agosto	4,36	4,11	3,98	5,21	4,55
Septiembre	4,62	4,56	4,20	5,90	5,03
Octubre	4,09	4,06	3,57	5,02	4,36
Noviembre	3,63	3,59	3,31	4,26	4,28
Diciembre	4,11	4,07	3,62	4,91	5,05
Promedio	4,00	3,99	3,72	4,81	4,51

Tabla 2
Velocidad de viento (promedio mensual) [m/s]

Localidad / Mes	Barrios Unidos	Kennedy	Tunjuelito	San Cristóbal	Suba
Enero	1,2	2,2	1,1	1,8	0,8
Febrero	1,3	2,3	1,3	1,7	0,9
Marzo	1,1	2,2	1,1	1,4	0,8
Abril	1,1	2,2	1,1	1,4	0,8
Mayo	1,0	2,1	1,0	1,4	0,8
Junio	1,1	2,4	1,0	1,4	1,0
Julio	1,3	2,7	1,2	1,5	1,2
Agosto	1,3	2,5	1,1	1,5	1,0
Septiembre	1,3	2,6	1,2	1,5	1,0
Octubre	1,1	2,3	1,1	1,6	0,8
Noviembre	1,0	1,9	1,0	1,4	0,6
Diciembre	1,2	2,1	1,1	1,7	0,8
Promedio	1,2	2,3	1,1	1,5	0,9

PERFILES DE CARGA

Establecer el perfil de demanda de energía eléctrica en un sistema permite entender el comportamiento y la cantidad de energía requerida en un periodo, así como también interpretar variaciones en la demanda, de acuerdo con diferentes usos que se le dan a la energía eléctrica.

Con el fin de determinar el perfil de carga, se instaló un analizador de redes en los tableros de distribución

de los parques metropolitanos, ubicados en las localidades, para las cuales fue posible cuantificar la disponibilidad del recurso mensual; estos son el Parque Recreodeportivo El Salitre (PRD) en Barrios Unidos, el Parque Metropolitano Cayetano Cañizares en Kennedy, el Parque Metropolitano El Tunal en Tunjuelito y el Parque Deportivo Primero de Mayo en San Cristóbal. Actualmente, en la localidad de Suba, cerca de la estación RMCAB, no existe un parque metropolitano del cual se pueda establecer el perfil de carga.

A renglón seguido, se presentan los resultados de las mediciones efectuadas.

• Parque Recreodeportivo El Salitre (PRD)

El perfil de carga asociado al parque para los días entre semana (figura 2) muestra un pico de energía demandada desde las 18:00 hasta las 22:00 horas, resultante de la alta demanda de energía para iluminar escenarios especiales tales como canchas de fútbol y pistas de patinaje.

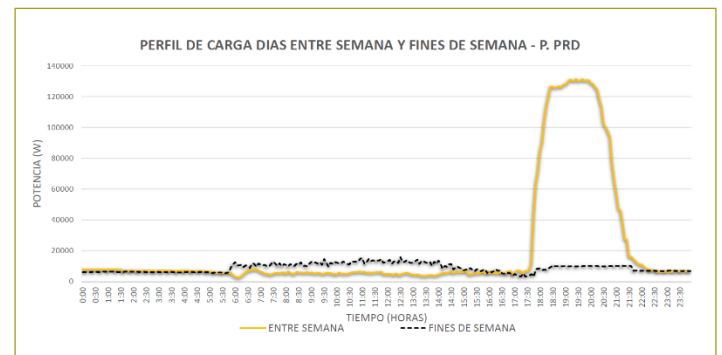


Figura 2. Perfil de carga del PRD El Salitre.

El perfil de carga asociado a los fines de semana permite visualizar los consumos base del parque, tales como la carga de alumbrado nocturno, y a partir de las 6:00 horas, demanda energética debido al uso de instalaciones como coliseos y zonas administrativas; los escenarios especiales no se utilizan en esos días.

• Parque Cayetano Cañizares

Los perfiles asociados al parque para los días entre semana y fines de semana (figura 3) muestran una alta demanda de energía para alumbrado nocturno, que va desde las 18:00 hasta las 5:30 horas todos los días. El resto de la franja horaria presenta un consumo variable, producto del uso de las zonas administrativas e instalaciones internas del parque.

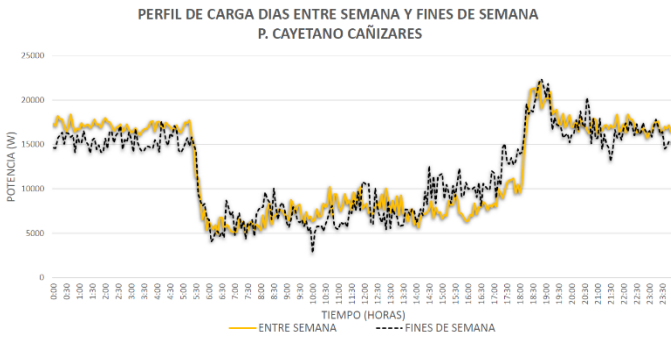


Figura 3. Perfil de carga del Parque Cayetano Cañizares.

• **Parque Metropolitano El Tunal**

Los perfiles asociados al parque para los días entre semana y fines de semana (figura 4) demuestran que la demanda de energía eléctrica se incrementa a partir de las 5:30 horas, y a lo largo del día se genera un consumo variable como resultado del uso de zonas administrativas e instalaciones interiores.

El parque cierra sus instalaciones a partir de las 17:45 horas, y en el perfil se evidencia un consumo base destinado al alumbrado nocturno para temas de seguridad.

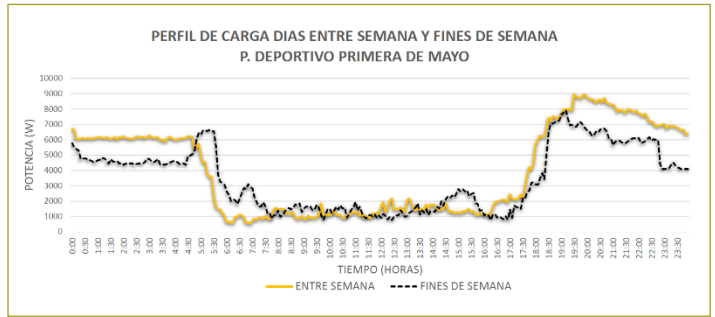


Figura 5. Perfil de carga del Parque Deportivo Primero de Mayo.

METODOLOGÍA

La metodología planteada para establecer la viabilidad del uso de energías renovables en parques metropolitanos de la ciudad de Bogotá (Romero, 2020) se puede ver en el diagrama de la figura siguiente (figura 6), en la que se resume el procedimiento que hay que seguir una vez estimados los recursos disponibles en sitio y los perfiles de carga eléctrica asociados a cada parque objeto de estudio.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a medida que se desarrolla el orden metodológico.

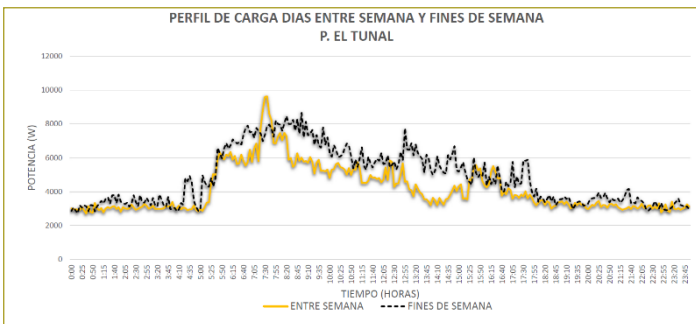


Figura 4. Perfil de carga del Parque El Tunal.

• **Parque Deportivo Primero de Mayo**

Los perfiles asociados al parque para los días entre semana y fines de semana (figura 5) muestran una alta demanda de energía para alumbrado nocturno, desde las 18:00 hasta las 5:30 horas. En el resto del día se puede apreciar un consumo variable, producto de las instalaciones internas, como un coliseo que contiene zonas administrativas y un área multideportiva dentro de este.

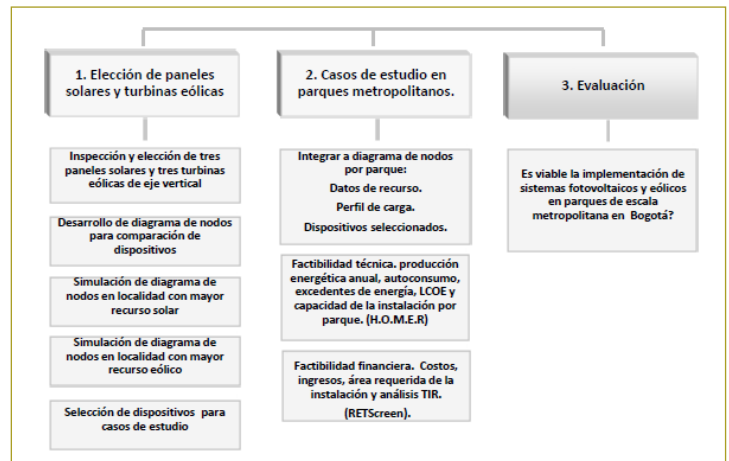


Figura 6. Metodología propuesta.

Elección de paneles solares y turbinas eólicas

Para el escenario de análisis propuesto, se desarrolló una comparación entre diferentes tecnologías de generación renovable, por medio de simulaciones para el diagrama de nodos (figura 7), en el que se consideraron dos casos de análisis. El primero, utilizando la disponibilidad de recursos de la localidad de San Cristóbal (la de mayor

recurso solar) y el segundo, la estimada para la localidad de Kennedy (la de mayor recurso eólico), con base en los resultados de tablas anteriores (tablas 1 y 2).

aprecia que el dispositivo de menor LCOE es el panel de tipo policristalino.

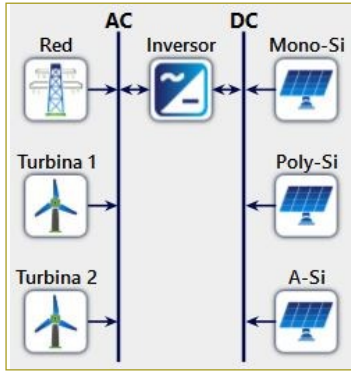


Figura 7. Diagrama de nodos en la elección de dispositivos.

Los dispositivos utilizados fueron paneles de silicio policristalino (Poly-Si), monocristalino (Mono-Si), amorfo (A-Si) y turbinas eólicas de imanes permanentes (PMG) y levitación magnética (MagLev). Con base en la elección de dispositivos que se van a utilizar, se establecieron como variables comparativas entre las diferentes tecnologías el costo nivelado de energía (LCOE) y la respectiva cantidad de energía eléctrica generada. En relación con los valores económicos de los dispositivos utilizados, estos se extrajeron de los costos de la energía eólica (International Renewable Energy Agency- Wind, 2020) y los costos de la energía solar (International Renewable Energy Agency-Solar, 2020), de datos y estadísticas del Irena entre los años 2010 y 2019.

A renglón seguido, se presentan los resultados obtenidos para las variables de análisis de dispositivos (tablas 3 y 4).

Tabla 3

Resultados obtenidos en la localidad de San Cristóbal

S6U-330P Poli-Si	E20-327 Mono-Si	U-SA110 (X3) A-Si	Typmar 600 MagLev	DS-700 PMG	LCOE (\$)	Generación [kWh/año]
X					0,0112	453
X		X			0,0158	884
X	X				0,0179	905
X	X	X			0,0188	1.337
		X			0,0207	429
	X	X			0,0227	882
	X				0,0247	452
X	X	X		X	0,0641	1.481
X		X	X		0,072	1.028
X		X		X	0,0815	1.049

Tabla 4

Resultados obtenidos en la localidad de Kennedy

S6U-330P Poli-Si	E20-327 Mono-Si	U-SA110 (X3) A-Si	Typmar 600 MagLev	DS-700 PMG	LCOE (\$)	Generación [kWh/año]
X					0,0197	369
X		X			0,0255	717
X	X				0,028	737
X	X	X			0,0292	1.083
		X			0,0318	346
	X	X			0,0341	715
	X				0,0363	368
X	X	X		X	0,0687	1.397
X		X		X	0,0801	1.031
X	X			X	0,0808	1.051

Casos de estudio en parques metropolitanos

A renglón seguido, se presentan los diagramas de nodos propuestos para cada parque metropolitano (figuras 8, 9, 10 y 11). En dichos diagramas se vinculó toda la información obtenida de recursos y de los dispositivos analizados, ya que de acuerdo con los resultados de tablas anteriores (tablas 3 y 4), se evidenció la necesidad de evaluar las posibles configuraciones de los dispositivos contemplando la carga del parque, aun cuando se

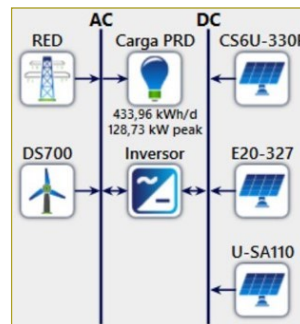


Figura 8. Diagrama de nodos PRD El Salitre.

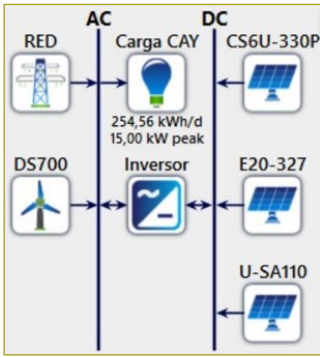


Figura 9. Diagrama de nodos del Parque Cayetano Cañizares.

Figura 10. Diagrama de nodos del Parque El Tunal.

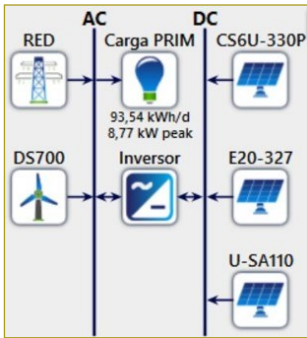
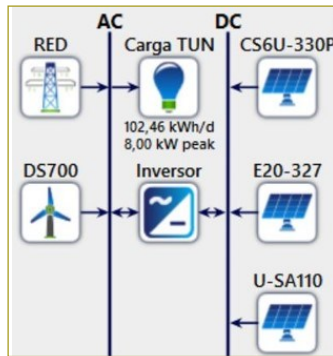


Figura 11. Diagrama de nodos del Parque Deportivo Primero de Mayo.

Los costos de la energía eléctrica utilizados para cada caso se estimaron con base en las tarifas de energía eléctrica reguladas por la CREG para el mes de noviembre de 2019 (CREG, 2019), donde el costo unitario de prestación del servicio ($\$/kWh$), nivel de tensión I, se estimó en 528,0388 pesos, equivalentes a 0,1508 dólares, y para el nivel II se estimó en 422,1959 pesos, equivalentes a 0,1206 dólares.

Los parques clasificados como nivel I son el Parque Recreodeportivo El Salitre (PRD), Cayetano Cañizares y Deportivo Primero de Mayo. En el nivel II se encuentra el Parque Metropolitano El Tunal. El valor de venta de excedente de energía en kWh se estableció para cada caso de estudio, según los artículos 25 y 26 de la CREG 174 de 2021 (CREG, 2021), teniendo en cuenta las

diferencias que se presentan, si la capacidad instalada es inferior o superior a 0,1 MW.

Los resultados de optimización obtenidos para los diagramas de nodos se presentan a continuación (figuras 12, 13, 14 y 15), donde se asignaron el menor costo nivelado de energía (LCOE) y el menor valor presente neto de inversión (NPC) como variables de jerarquización de resultados.

Architecture									
	CS6U-330P (kW)	E20-327 (kW)	U-SA110 (kW)	DS700	RED (kW)	Inversor (kW)	COE (\$)	NPC (\$)	
	146				999.999	77,7	\$ 0,0561	\$ 161.630	
	144		1,00		999.999	76,8	\$ 0,0565	\$ 161.742	
	144	1,00			999.999	76,8	\$ 0,0565	\$ 161.790	

Figura 12. Resultados del Parque Recreodeportivo El Salitre (PRD).

Architecture									
	CS6U-330P (kW)	E20-327 (kW)	U-SA110 (kW)	DS700	RED (kW)	Inversor (kW)	COE (\$)	NPC (\$)	
	85,0				999.999	45,3	\$ 0,0565	\$ 93.628	
	85,0		1,00		999.999	44,8	\$ 0,0565	\$ 93.774	
	83,6	0,810			999.999	46,4	\$ 0,0564	\$ 93.815	

Figura 13. Resultados del Parque Cayetano Cañizares.

Architecture									
	CS6U-330P (kW)	E20-327 (kW)	U-SA110 (kW)	DS700	RED (kW)	Inversor (kW)	COE (\$)	NPC (\$)	
	36,6				999.999	19,0	\$ 0,0666	\$ 37.513	
	37,2		0,0916		999.999	18,6	\$ 0,0665	\$ 37.534	
	36,7	0,0428			999.999	18,8	\$ 0,0668	\$ 37.542	

Figura 14. Resultados del Parque Metropolitano El Tunal.

Architecture									
	CS6U-330P (kW)	E20-327 (kW)	U-SA110 (kW)	DS700	RED (kW)	Inversor (kW)	COE (\$)	NPC (\$)	
	27,4				999.999	13,8	\$ 0,0509	\$ 32.531	
	27,6	0,0578			999.999	14,0	\$ 0,0507	\$ 32.549	
	26,9		0,0785		999.999	14,3	\$ 0,0508	\$ 32.568	

Figura 15. Resultados del Parque Deportivo Primero de Mayo.

Conforme a los sistemas optimizados y la estructura del sistema seleccionada, a renglón seguido se presentan los resultados de la generación de energía eléctrica y consumo, de acuerdo con la inclusión de los perfiles de carga en el diagrama de nodos de cada parque (tabla 5).

Tabla 5
Generación y consumo [kWh/año]

Parque / Variable	PRD	Cayetano Cañizares	El tunal	Deportivo P. de mayo
Fotovoltaico	181.429	105.500	42.241	40.406
Red	130.432	74.149	19.403	28.396
Carga	165.074	96.796	38.958	35.384
Excedentes	146.787	82.853	2.687	33.414
Autoconsumo	36.642	22.647	19.555	6.898
Total	311.861	179.549	61.645	68.801

ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

Para la factibilidad financiera hecha en RETScreen se requirió fijar parámetros técnicos y financieros. Los técnicos se tomaron de la evaluación de los resultados de Homer y para los financieros se fijaron los siguientes valores: tasa de inflación anual del 3,82 % (Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE], 2019), valor determinado por el DANE para 2019, tiempo de vida del proyecto a 25 años y una relación de deuda del 0 %, puesto que se da por sentado que al ejecutar proyectos de energía renovables por parte de entidades distritales, es necesario que las inversiones se hagan por licitación y esto evitaría realizar algún tipo de endeudamiento, pues las licitaciones públicas no dan lugar a préstamos, ya que con este mecanismo el valor total de un proyecto debe fijarse dentro del presupuesto que tenga asignado la entidad distrital para ejecutar estudios y obras de infraestructura. El análisis de impuesto sobre la renta queda excluido, ya que según el artículo 22 del Estatuto Tributario nacional (Ministerio de Hacienda y Crédito Público, 2019), las entidades del Estado no son contribuyentes del impuesto a la renta.

Los resultados de factibilidad financiera para cada parque analizado se presentan a continuación (tabla 6).

De acuerdo con los resultados presentados en la tabla anterior (tabla 6), a continuación se hace un análisis para el parque de nivel de tensión I de mayor TIR y el Parque Metropolitano El Tunal, que corresponde a un nivel de tensión II.

Figura 16. Análisis financiero del Parque Deportivo Primero de Mayo (valores en dólares).

Tabla 6
Generación y consumo [kWh/año]

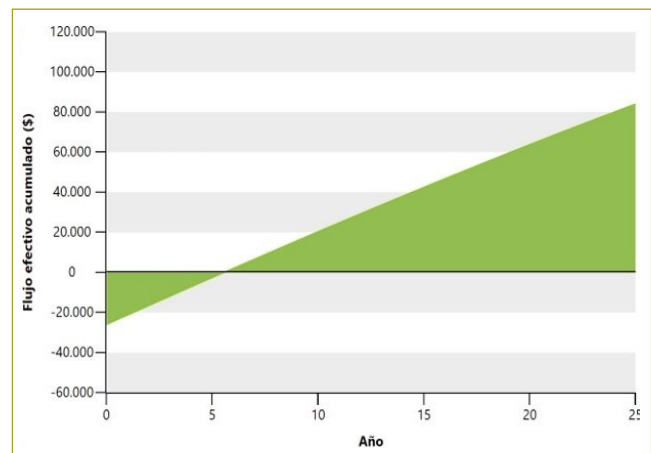
Parque / Variable	PRD	Cayetano Cañizares	El Tunal	Deportivo P. de Mayo
Costos iniciales (dólares)	139.436	81.089	36.570	26.017
Costo anual (dólares)	2.881	1.758	756	512
Ahorro e ingresos (dólares)	14.539	14.137	4.662	5.265
Repago capital (años)	13	7	9,8	5,6
TIR (%)	5	14	8,5	17,4

Parque Deportivo Primero de Mayo

La factibilidad financiera obtenida, con base en los costos de energía eléctrica asociados a un nivel de tensión I, capacidad instalada inferior a los 0,1 MW y los valores de generación y consumo presentados anteriormente (tabla 5), resulta en el flujo de efectivo acumulado de la figura anterior (figura 16).

Este flujo de caja corresponde a los valores obtenidos en la tabla siguiente (tabla 6), en la que se obtuvo un capital inicial de inversión de 26.017 dólares, una TIR de 17,4 % y un repago de capital invertido a los 5,6 años dentro de la vida útil del proyecto. Para este análisis se contempló el ahorro generado por el autoconsumo y venta de excedentes de energía eléctrica a la red.

Respecto al potencial de generación de energía eléctrica y su factibilidad económica en función del área disponible y utilizada, se determinó que el Parque Deportivo Primero de Mayo, que posee un área estimada de 45.000 m², tan solo requiere 179 m², que representa aproximadamente el 0,39 % de su área para generar por medio de energía solar fotovoltaica alrededor de 40.406 kWh/año, e ingresos y ahorros anuales estimados en 5.265 dólares.



Parque Metropolitano El Tunal

La factibilidad financiera obtenida con base en los costos de energía eléctrica asociados a un nivel de tensión II, capacidad instalada inferior a los 0,1 MW y los valores de generación y consumo presentados anteriormente (tabla 5), resulta en el flujo de efectivo acumulado (figura 17). Este flujo corresponde a los valores obtenidos en la tabla precedente (tabla 6), en la que se obtuvo un capital inicial de inversión de 36.570 dólares, una TIR de 8,5 % y un repago de capital invertido a los 9,8 años dentro de la vida útil del proyecto.

Para este análisis se contempló el ahorro generado por el autoconsumo y la venta de excedentes de energía eléctrica a la red. Respecto al potencial de generación de energía eléctrica y su factibilidad económica en función del área disponible y utilizada, se determinó que en el Parque Metropolitano El Tunal, que posee un área estimada de 500.000 m², tan solo se requieren 237 m² (aproximadamente el 0,047 % de su área) para generar 42.241 kWh/año y unos ingresos y ahorros anuales estimados en 4.642 dólares.

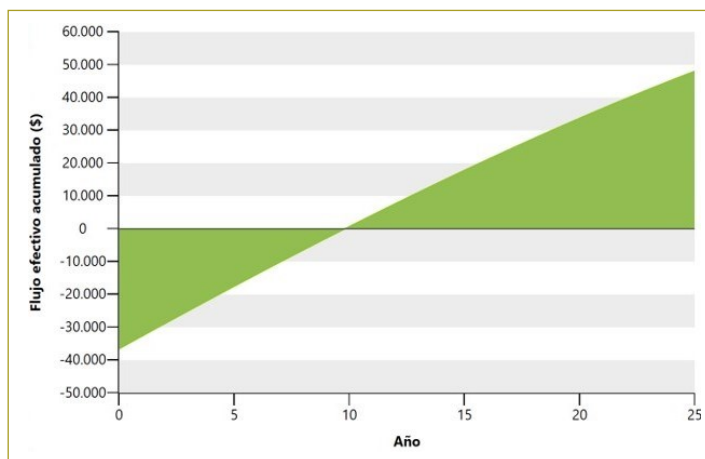


Figura 17. Análisis financiero del Parque El Tunal (valores en dólares).

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permiten concluir que existen variaciones en la disponibilidad de los recursos solar y eólico en el interior de la ciudad, las cuales se deben considerar a la hora de implementar proyectos que aprovechen este tipo de recursos, ya que de acuerdo con los resultados de disponibilidad se determinó que la franja oriental de Bogotá es la que

mayores niveles de irradiación presenta, de acuerdo con la ubicación de las estaciones RMCAB dentro de esta zona de la ciudad.

En lo que tiene que ver con los sistemas de generación con energías renovables analizados, cabe destacar que en el panel solar fotovoltaico recomendado para su implementación en parques metropolitanos de la ciudad de Bogotá se emplea la tecnología de células de silicio policristalino, debido a su relación costo-beneficio y a la eficiencia que ofrecen.

En definitiva, los parques metropolitanos son zonas de gran tamaño, donde, por medio de la implementación de sistemas fotovoltaicos, sería posible generar una cantidad de energía eléctrica que oscilaría entre un 8,5 % y un 14 % adicional de la que se demanda actualmente de la red para suplir su carga. Estos valores se alcanzan gracias a campos fotovoltaicos que abarcan un área inferior al 1 % del área total del parque.

Según el perfil de carga asociado al parque, el aprovechamiento de energía solar fotovoltaica para autoconsumo con las simulaciones hechas puede variar entre el 9,01 % y el 46,29 % del total de energía fotovoltaica generada. La energía que no se consume se convierte en excedentes que compensan la que se demanda de la red.

Con el estudio de optimización de la inclusión de diferentes tecnologías, se evidenció que el uso de generación eólica no se prioriza debido a la baja velocidad del viento y a la baja densidad del aire que tienen los parques metropolitanos contemplados. En algunas figuras se evidencia que la mejor alternativa es la inclusión de sistemas fotovoltaicos con la red eléctrica (figuras 12 a 15).

Finalmente, el estudio de factibilidad del empleo de sistemas fotovoltaicos y eólicos en parques de escala metropolitana en las localidades seleccionadas evidenció que es posible aprovechar los recursos energéticos disponibles en estas áreas de la ciudad por medio del uso de sistemas de aprovechamiento de energías renovables, en especial de energía solar fotovoltaica, debido a los índices de irradiación promedio estimados.

Así mismo, la evaluación financiera demostró que las tasas internas de retorno (TIR) están vinculadas al balance adecuado entre costo del proyecto, excedentes de energía, perfil de carga, costo del kWh de compra a la red y el aprovechamiento de energía renovable en autoconsumo.

REFERENCIAS

- Carta, J., Calero, R., Colmenar, M. y Castro, M. (2009). *Centrales de energías renovables: generación eléctrica con energías renovables* (p. 47). Madrid: Prentice Hall.
- Comisión de Regulación de Energía y Gas (2018). Resolución CREG 030 de 2018. Disponible en https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion_creg_0030_2018.htm.
- Comisión de Regulación de Energía y Gas (2021). Resolución CREG 174 de 2021. Disponible en https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion_creg_0174_2021.htm.
- Comisión de Regulación de Energía y Gas (2019). Tarifas de energía Eléctrica, noviembre de 2019. Disponible en: <https://www.enel.com.co/content/dam/enel-co/espaa/B10l/personas/1-17-1/2019/Tarifario-noviembre-2019.pdf>.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2019). Índice de precios al consumidor (IPC), septiembre. Disponible en https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/ipc/bol_ipc_sep19.pdf.
- Instituto Distrital de Recreación y Deporte (2022). *Cartilla de lineamientos para el diseño de parques IDR*. Disponible en https://www.idrd.gov.co/sites/default/files/t_2_normatividad/2022-05/Lineamientos-para-el-Dise%C3%B1o-de-Parques.pdf.
- International Renewable Energy Agency-Solar (2020). *Solar costs*. Disponible en <https://www.irena.org/Statistics/View-Data-by-Topic/Costs/Solar-Costs>.
- International Renewable Energy Agency-Wind (2020). *Wind costs*. Disponible en <https://www.irena.org/Statistics/View-Data-by-Topic/Costs/Wind-Costs>.
- Ministerio de Hacienda y Crédito Público (2019). Estatuto Tributario nacional, art. 22 (artículo modificado por el artículo 83 de la Ley 2010 de 2019). Entidades que no son contribuyentes. Disponible en <https://estatuto.co/?e=1319>.
- Ministerio de Minas y Energía (2014). Ley 1715 de 2014. Disponible en <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=57353>.
- Ministerio de Minas y Energía (2021). Ley 2099 de 2021. Disponible en <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=166326>.
- Romero, E. (2020). *Estudio de factibilidad para implementación de sistemas fotovoltaicos y eólicos en parques metropolitanos de Bogotá*. Tesis de maestría, Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Bogotá, Colombia. Disponible en <https://repositorio.escuelaing.edu.co/handle/001/1263>.
- Secretaría Distrital de Ambiente (SDA) (s.f.). Disponible en <http://www.ambientebogota.gov.co/>.
- Secretaría Distrital de Ambiente (2023). Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá (RMCAB). Disponible en <https://www.ambientebogota.gov.co/red-de-monitoreo-de-calidad-del-aire-de-bogota-rmcab#:~:text=La%20Red%20de%20Monitoreo%20de,2.5%20micras%20%2D%20PM10%20y%20PM2.>

Ciudades inteligentes. Conceptos base, involucrados y aplicaciones diseñadas

Smart cities: Fundamental concepts, stakeholders, and designed applications

FABIOLA DEL TORO OSORIO¹ - VICTORIA EUGENIA OSPINA BECERRA²

1. Profesora de la Maestría en Gestión de Información de la Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

2. Directora de la Maestría en Gestión de Información de la Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

fabiola.deltoro@escuelaing.edu.co - victoria.ospina@escuelaing.edu.co

Recibido: 17/07/2023 Aceptado: 30/08/2023

Disponible en http://www.escuelaing.edu.co/es/publicaciones_revista
<http://revistas.escuelaing.edu.co/index.php/reci>

Resumen

Cada día son más las personas que habitan en las ciudades. La tendencia es a que la población se concentre en territorios compuestos por dichas ciudades y sus alrededores, normalmente municipios. En el caso de Colombia, en 2018 se censó una población de 48.258.494 personas; de este total, el 77,1 % se localiza en cabeceras municipales y 7.181.469 viven en Bogotá. Esta concentración de habitantes en las ciudades genera riesgos asociados al aseguramiento de la calidad de vida de dicha población: servicios básicos para todos, transporte, vivienda y seguridad, entre otros.

En este artículo se presenta una descripción de una ciudad inteligente como solución para abordar los retos que genera la concentración poblacional a partir de los recursos que actualmente tiene la sociedad, tales como datos, tecnología y colaboración. Particularmente, se orienta a identificar a los involucrados en las iniciativas de las ciudades inteligentes, y para hacer el análisis respectivo se aplican los conocimientos a Colombia.

Keywords: ciudades inteligentes, territorios inteligentes, Colombia, Cap4City, ciudades de quince minutos.

Abstract

The number of people residing in cities is increasing every day. The trend is for the population to concentrate in territories composed of these cities and their surroundings, typically municipalities. In the case of Colombia, a population of 48,258,494 people was recorded in 2018. Of this total, 77.1% is located in municipal capitals, and 7,181,469 people live in Bogotá. This concentration of inhabitants in cities poses risks associated with ensuring the quality of life for the population, including basic services for all, transportation, housing, and security, among others.

This article provides a description of a smart city as a solution to address the challenges posed by population concentration using the resources currently available in society, such as data, technology, and collaboration. Specifically, it aims to identify the stakeholders involved in smart city initiatives, applying this analysis to the context of Colombia.

Keywords: smart cities, smart territories, Colombia, Cap4City, fifteen-minute cities.

INTRODUCCIÓN

En este artículo se consideran las ciudades como lugares donde se establecen las comunidades, con un límite administrativo. Esta consideración parte de las definiciones sobre ciudades que se han dado a la largo del tiempo; una clase de definición, algunas veces denominada “ciudad propiamente dicha”, describe una ciudad de acuerdo con un límite administrativo. Un segundo enfoque, llamado “aglomeración urbana”, considera la extensión del área urbana contigua, o área edificada, para delinear los límites de la ciudad. Un tercer concepto de la ciudad, el “área metropolitana”, define sus límites según el grado de interconexión económica y social de las zonas cercanas, identificadas por el comercio interrelacionado o, por ejemplo, por patrones de desplazamiento (United Nations & Department of Economic and Social Affairs, 2018). Cada día son más los ciudadanos que habitan en las ciudades. La tendencia es a que la población se concentre en territorios compuestos por dichas ciudades y sus alrededores, normalmente municipios.

En 2019, antes de la pandemia, el 55 % de la población mundial vivía en áreas urbanas, y se espera que esta proporción aumente al 68 % en 2050 (Giourka et al., 2019). En el caso de Colombia, en 2018 se estimó una población de 48.258.494 personas; de este total, el 77,1 % está localizado en cabeceras municipales, 15,8 % vive en zonas rurales dispersas y el 7,1 % en centros poblados.

Esta concentración de habitantes en las ciudades genera riesgos asociados al aseguramiento de la calidad de vida de dicha población: servicios básicos para todos, transporte, vivienda y seguridad, entre otros. Las ciuda-

des enfrentan retos para incrementar las oportunidades económicas, mientras que la población sigue creciendo; por tal razón, resulta indispensable asegurar la calidad de vida de la comunidad, al tiempo que se reduce la huella ambiental, lo que aumenta la productividad del sector público, mejora la seguridad y la movilidad inteligente, e incrementa la eficiencia energética y la calidad del aire (Giourka et al., 2019). En el caso colombiano, en el Censo Nacional de Población y Vivienda (CNPV) 2018 se evidencia que la prestación de servicios públicos no cubre a toda la población censada; por ejemplo, de los 14.243.223 hogares visitados, solamente un 43 % tiene acceso a internet.

Es así como las ciudades empiezan a buscar soluciones que les permitan afrontar estos retos. Una de estas soluciones sería transformarse en ciudades inteligentes, camino que les permitiría abordar las nuevas necesidades. Las ciudades inteligentes se presentan como una solución viable para conseguir recursos públicos, capital humano, capital social e información y tecnologías de la comunicación, con el fin de promover el desarrollo sostenible (De Guimarães et al., 2020).

En varias fuentes, incluyendo cursos de ciudades inteligentes, por ejemplo, como resultado del proyecto Cap4City, se ha identificado una ciudad inteligente sostenible como un territorio (urbano y rural) en continua transformación, habilitado por la tecnología digital y la innovación, dentro del objetivo de elevar y mantener la calidad de vida en las comunidades, y buscar el desarrollo sostenible.

A renglón seguido, se pueden visualizar las dimensiones principales de las ciudades inteligentes (figura 2).

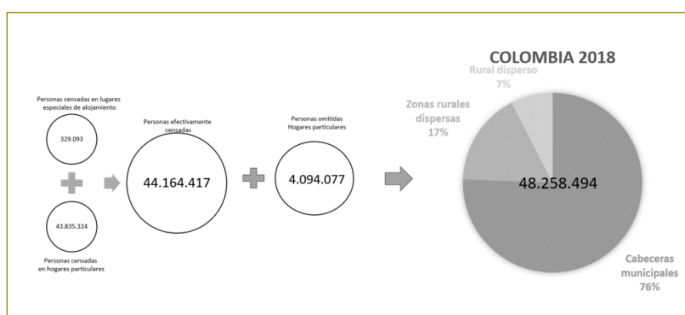


Figura 1. Población de Colombia según el Censo Nacional de Población y Vivienda (CNPV). DANE, 2018.

Fuente: Elaboración propia, con base en el Censo Nacional de Población y Vivienda. DANE, 2018.

<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivienda-2018>.

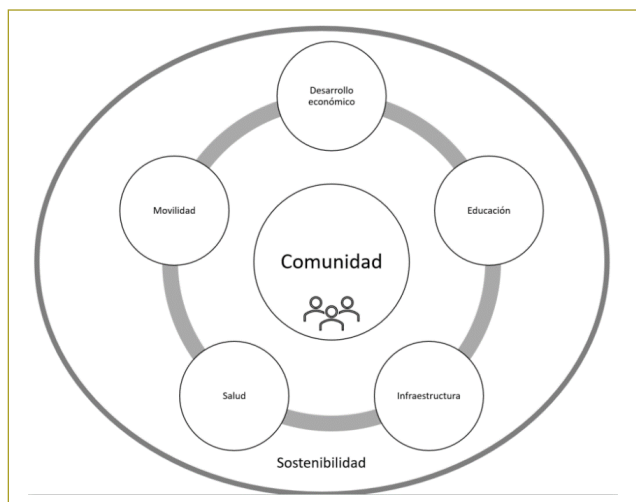


Figura 2. Dimensiones de las ciudades inteligentes.

Fuente: Elaboración propia.

Los gobiernos están haciendo grandes esfuerzos para encontrar mecanismos que permitan evolucionar en las diferentes dimensiones de las ciudades inteligentes, con el fin de promover la calidad de vida de los ciudadanos; por ejemplo, están tratando de encontrar soluciones digitales innovadoras a los problemas sociales, económicos, políticos y otras necesidades, y cómo transformarse en el proceso (Janowski, 2015). Pero también están enfrentando otro reto importante en la búsqueda de estas soluciones: asegurar que sean sostenibles. La sostenibilidad está presente en la mayoría de las agendas estratégicas y políticas, además de que es un tema prevalente en ciencia y tecnología y da lugar a términos relacionados, como desarrollo sostenible o incluso ciencia de la sostenibilidad (Camarinha-Matos et al., 2010a).

El diseño, desarrollo e implementación de soluciones para los retos planteados y la transformación de las ciudades en ciudades inteligentes no pueden ser una labor únicamente del gobierno, sino que se requiere un trabajo colaborativo certero; por tal motivo, en este artículo se considera la colaboración como estructura base del desarrollo de las ciudades inteligentes. Conceptos, métodos y herramientas desarrollados en el área de redes colaborativas (*collaborative networks*, CN) pueden facilitar el compromiso y la interacción de las múltiples partes que es necesario que colaboren en los esfuerzos encaminados a lograr la sostenibilidad (Camarinha-Matos et al., 2010); es así como la participación de los involucrados en las ciudades inteligentes es uno de los pilares de su desarrollo.

A lo largo del presente artículo se hace referencia a los siguientes involucrados: el gobierno, los ciudadanos, el sector privado, la academia y las organizaciones no gubernamentales (ONG). Por esto, la revisión bibliográfica se ha orientado a la participación de los involucrados y a los beneficios esperados en las ciudades inteligentes.

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

La metodología de investigación se presenta a continuación (figura 3).

La etapa 1 se inicia con la revisión de conceptos, revisión que parte del análisis de los conceptos transmitidos en el curso “Introducción a ciudades inteligentes”. En la etapa 2 se analizan las investigaciones previas usando la bibliografía compartida por los profesores del curso y con la bibliografía de interés referenciada (técnica copo de nieve). Posteriormente, en la etapa 3, se revisa el caso Colombia. A partir de los conceptos revisados en la etapa 1, se analiza en cifras el caso colombiano, utilizando publicaciones producidas por instituciones nacionales. Por último, en la etapa 4 se dan ejemplos y aplicaciones en los que se interpreta la información revisada, para finalmente presentar las conclusiones y trabajos futuros.

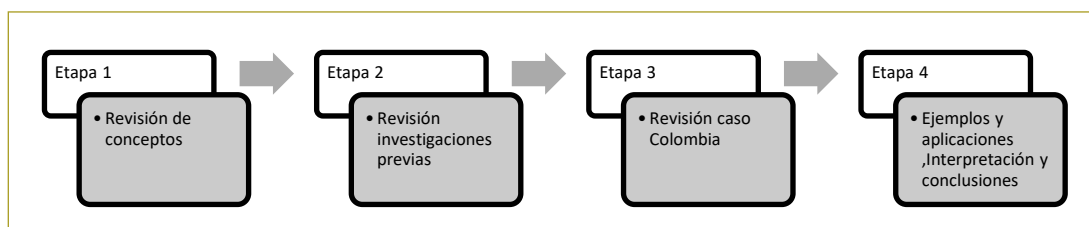
REVISIÓN DE CONCEPTOS

En el numeral anterior se hacía referencia a que la participación de los involucrados en las ciudades inteligentes es uno de los pilares de su desarrollo. Es así como esta revisión de conceptos se centra específicamente en entender a estos involucrados y ampliar el caso de estudio (Colombia) en cifras.

Involucrados

Para establecer a los involucrados en las ciudades inteligentes, se puede comenzar por identificar a los beneficiarios de las iniciativas asociadas a las ciudades inteligentes. Particularmente, en el modelo Canvas propuesto para ciudades inteligentes por Giourka y otros, los beneficiarios de la red mapean a todos los usuarios objetivo en la red de la ciudad inteligente para identificar para quién se crea la iniciativa y cuáles necesidades se

Figura 3.
Metodología de investigación.
Fuente: Elaboración propia.



espera atender, específicamente, con el proyecto. Estos beneficiarios pueden incluir a ciudadanos, empresa privada, organizaciones de investigación, gobierno y empresas no gubernamentales (Giourka et al., 2019).

A continuación, se resume la participación de cada uno de estos organismos en el contexto de ciudades inteligentes.

Gobierno

Uno de los retos fundamentales del gobierno es desarrollar iniciativas que impacten la calidad de vida de la comunidad y generen valor público. La generación de valor se asocia con este impacto, ya que se abordan diferentes intervenciones asociadas al crecimiento económico, la inclusión social y el bienestar (Castelno et al., 2016). Así mismo, uno de los retos más importantes, sobre todo en países de Latinoamérica, es alcanzar la sostenibilidad económica y financiera, cuyo objetivo es evaluar la sostenibilidad a largo plazo de una ciudad inteligente, al igual que su capacidad para atraer inversiones y gestionar el cambio (Castelno et al., 2016).

Una proporción cada vez mayor de actividades culturales, políticas, económicas y de otro tipo, que tienen lugar en el espacio digital corre el riesgo de agravar los problemas existentes de división, inequidad, exclusión, fraude, inseguridad y desequilibrio de poder (Janowski, 2015). En el entendido de que el gobierno lidera las iniciativas que permiten mejorar la vida de las comunidades, hay que considerar aspectos fundamentales, como garantizar la inclusión a todos los miembros de la comunidad, asegurar la sostenibilidad de las iniciativas desarrollando la facilidad de cambio según los resultados obtenidos, hacer los cambios en las necesidades de la comunidad y factores externos.

Los expertos plantean la transformación del gobierno en un gobierno digital como una necesidad imperativa. Por ejemplo, Janowski (2015) propone que dicha transformación se desarrolle en cuatro etapas:

- Digitalización.
- Transformación de gobierno.
- Gobernanza electrónica.
- Impulso por políticas de gobierno.

En cada una de estas etapas, se toma en cuenta un grupo de características que Janowski expresa en tres

variables: en la primera, se considera el impacto en el funcionamiento de las estructuras internas del gobierno; la segunda variable está asociada tanto al impacto interno del gobierno como al impacto en las relaciones con los ciudadanos, mientras que la última variable tiene que ver con la dependencia de un contexto externo, como una región o un país.

El gobierno es el encargado de legislar sobre el alcance de las iniciativas para transformar las ciudades en ciudades inteligentes, de articular dichas iniciativas y de monitorear el cumplimiento de las directrices establecidas con respecto a estas.

Academia

Al hablar de academia, no solamente estamos hablando de programas de educación formal, sino también de investigación e impacto en la sociedad de dicha investigación. La academia es la llamada a diseñar programas de educación y proyectos de investigación que aseguren el conocimiento de los involucrados en los nuevos retos que presentan las ciudades inteligentes.

Como plantean Estévez y Janowski, algunos ejemplos de los conceptos que se van a incorporar en los programas y proyectos de investigación son, en orden de prioridad, ciudades inteligentes, desarrollo, tecnología e innovación. Es así como en la agenda de investigación se consideran temas asociados a los involucrados en ciudades inteligentes, orientados particularmente a aspectos como inclusión individual, organizaciones y comunidades, al igual que a satisfacer las necesidades de las ciudades inteligentes y estructuras nuevas de gobierno (Estévez, 2016).

Por ejemplo, en el caso del sector privado se debe impulsar el desarrollo de iniciativas que, dada la naturaleza de las organizaciones de dicho sector, produzcan ganancias, pero en un ambiente de sostenibilidad e inclusión; así las cosas, se requiere que la población del sector privado tenga el conocimiento necesario no solamente del área empresarial en que se desarrolla, sino también para aportar a la transformación de las ciudades en ciudades inteligentes de un modo sostenible e inclusivo.

Ciudadanos

La participación de los ciudadanos se puede ver en dos sentidos. Inicialmente, como veedores de las iniciativas

llevadas a cabo. En la investigación sobre gobierno y calidad de vida en las ciudades inteligentes, realizada en la Universidad Federal de Pernambuco (UFPE), se destaca que los aspectos de Transparencia (TRANS), Colaboración (OC), Participación y Asociación (PP), Comunicación (COM) y Rendición de Cuentas (ACC) en el contexto de las ciudades inteligentes incide positivamente en la Calidad de Vida (CV) desde el punto de vista de los ciudadanos (De Guimarães et al., 2020).

Los enfoques de participación tradicionales implican estimular la participación ciudadana en la formulación de políticas mediante sugerencias y recomendaciones, convirtiéndose así en un proceso de decisión típico de arriba hacia abajo. Los servicios públicos son moldeados por el organismo gubernamental, y luego los ciudadanos se involucran por medio de iniciativas que recogen los puntos de vista, críticas y sugerencias para mejorar los servicios (Castelnuovo et al., 2016).

Participar activamente desde la concepción de las iniciativas de las ciudades inteligentes es otra manera de visualizar la intervención de los ciudadanos. Las ciudades inteligentes están cada vez más interesadas en entablar una conversación eficiente con sus ciudadanos, con el fin de comprender sus necesidades y crear plataformas virtuales para estimular los procesos de concreción entre gobierno y usuarios (Blasi et al., 2022).

Como dicen Zhu, Shen y Ren, “mientras no entendamos cómo la felicidad humana se ve afectada por las iniciativas de las ciudades inteligentes, el desarrollo de las iniciativas se seguirá cuestionando, sin importar cuánta prosperidad prometan los defensores” (Zhu et al., 2022).

Sector privado

Un reto clave que abordan hoy los países de Latinoamérica es el desarrollo económico y financiero. Uno de los aspectos fundamentales que hay que considerar consiste en asegurar el trabajo colaborativo del sector privado, tomando a este sector como un eje esencial en el desarrollo de las ciudades inteligentes. Las ciudades podrían ser una posibilidad de inversión para el sector privado, de manera que el gobierno se asocie con el sector privado para llevar a cabo iniciativas que buscan mejorar la calidad de vida de las comunidades.

Igualmente, organizaciones como la Comisión Europea, el Banco Asiático de Desarrollo y el Banco

Mundial consideran que las pymes son claves para garantizar el crecimiento económico, la creación de empleo, innovación, competencia e integración social (Sustainable Cities, n.d.). Como se menciona previamente, las soluciones han de ser sostenibles, por lo que la participación del sector privado se aborda a partir del entendimiento de los pilares de dicha sostenibilidad. Según L.M. Camarinha-Matos, H. Afsarmanesh y X. Boucher, dichos pilares son medio ambiente, economía y sociedad. John Elkington propuso el *Triple Bottom Line* (TBL), un marco contable que incorpora tres dimensiones de desempeño (social, ambiental y financiero), al igual que los factores ambientales y sociales al medir el desempeño de las organizaciones (Slaper, n.d.).

Las variables usadas por el marco contable TBL son:

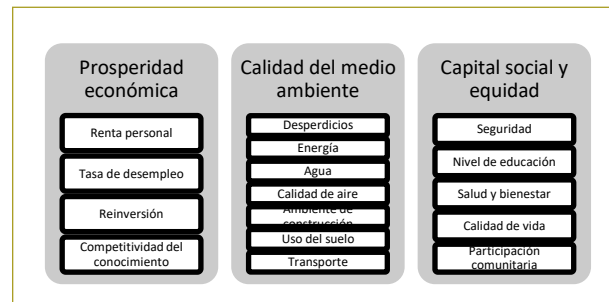


Figura 4. Medidas TBL.

Fuente: Elaboración propia, basada en Slaper (n.d.).

Situación Colombia

Colombia cuenta con 1.123 municipios, 32 departamentos y 5 distritos. Un municipio es una entidad territorial organizada administrativa y jurídicamente, los departamentos están ubicados entre la nación y los municipios, y los distritos son entidades territoriales con una administración especial. Por su importancia nacional, las ciudades de Bogotá, Cartagena, Barranquilla, Santa Marta y Buenaventura llevan este distintivo.

A continuación, se presentan algunas consideraciones sobre el estado de las iniciativas desarrolladas en las ciudades colombianas, con el propósito de transformarse en ciudades inteligentes.

Colombia en cifras

En Colombia se han desarrollado algunas iniciativas alrededor de las ciudades inteligentes. Este es el caso

de Bogotá, donde se construyó un sistema aéreo denominado TransMiCable, un servicio de transporte de tipo teleférico que cambió positivamente los patrones de viaje de los habitantes del sur de la capital. Mediante la aplicación de encuestas a los usuarios del sistema, se conoció la percepción en relación con el cambio en la dinámica de los viajes de acceso y regreso al modo principal; así, se evidenció disminución en tiempos de viaje y en costos de transporte, así como mayor percepción de seguridad y calidad de vida. Igualmente, se encontró una favorabilidad del sistema por las mejoras urbanísticas y dinámicas sociales que le trae al área de influencia (Quiroga, 2021).

En esta investigación se han tomado como base los resultados de Colombia, presentados en el Informe Nacional de Competitividad por parte del Consejo Privado de Competitividad, así como el informe del *Índice de ciudades y territorios inteligentes*, presentado por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC).

Al homologar las dimensiones de las ciudades inteligentes con los resultados presentados en el Informe Nacional de Competitividad 2020-2021, se puede observar que Colombia ocupa el puesto 104 entre 141 países en calidad de infraestructura de transporte terrestre; además, es la nación miembro de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) con menor penetración de internet de banda ancha, y en América Latina es el número 11 entre 17 países.

Por otra parte, en este informe se indica que la cobertura de energía eléctrica fue de 96,5 % en 2018, es decir, que más de 495.000 hogares no pueden acceder a este servicio en Colombia. Igualmente, se señala que la tasa de cobertura en educación superior en Colombia es similar al promedio de América Latina, pero se encuentra 20 puntos porcentuales por debajo del promedio de las economías de la OCDE. En 2017, por cada millón de habitantes en Colombia había 88 investigadores, frente a 1.192 en Argentina, líder de la región en ese renglón (Consejo Privado de Competitividad, 2021).

En materia de salud, Colombia tiene una cobertura casi universal del sistema de salud, pues a septiembre de 2020, el 97 % de la población estaba cubierto; no obstante, existe un rezago en materia de personal médico: hay 2,2 médicos por cada 1.000 habitantes (3,5 en los países de la OCDE) y 1,3 enfermeros por 1.000 habitantes (9,6 en los países de la OCDE). En produc-

tividad, Colombia está diez posiciones por debajo del promedio de América Latina en el indicador de competencia del WEF (105 entre 141) y ocupa la posición 126 entre 141 países en distorsión de la regulación sobre la competencia; además, la tasa desestacionalizada de desempleo fue de 16,3 %, un incremento de 5,5 puntos porcentuales con respecto a septiembre de 2019 (Consejo Privado de Competitividad, 2021). Adicionalmente, entre 2018 y 2019 la tasa de pobreza monetaria en Colombia aumentó a 36 %, con casi 700.000 personas más en esta situación frente a 2018 (Consejo Privado de Competitividad, 2021).

Al revisar el mismo informe para el año 2022, se destacan otras cifras interesantes; por ejemplo, en ciencia, tecnología e innovación, se evidencia que 2,5 % de los investigadores en Colombia trabajan en empresas y 95,7 % en la academia, en tanto que en la OCDE esta participación es, en promedio, de 48,1 % y 38,2 %, respectivamente. Así mismo, en cuanto a crecimiento verde, Colombia logró depurar 48,6 % de las aguas residuales domésticas en 2019, lo que implicó un avance de 5,7 pp respecto al dato de 2018. Y en lo relacionado con el mercado laboral, a junio de 2021, Colombia registraba la cuarta tasa de desempleo más alta de la OCDE, que corresponde al 14,7 % (Consejo Privado de Competitividad, 2022).

Al ahondar en el mismo índice de competitividad, pero orientado a las ciudades, en 2022 se puede evidenciar que Pasto, Tunja y Bogotá, D.C., se ubican en los primeros lugares en materia de educación, con puntajes de 8,7, 8,3 y 7,7 sobre 10, en ese orden. En lo que tiene que ver con educación superior y formación para el trabajo, las tres primeras posiciones corresponden a Tunja, Bucaramanga AM (área metropolitana) y Bogotá, D.C. En el caso de infraestructura y equipamiento, Medellín AM, Tunja y Bogotá, D.C., se ubican en los primeros lugares del pilar con un puntaje de 6,6, 6,1 y 6,0, respectivamente (Consejo Privado de Competitividad y Universidad del Rosario, 2022).

Particularmente, en materia de sostenibilidad ambiental, las primeras tres posiciones las mantienen Bogotá, D.C., Manizales AM y Barranquilla AM, con puntajes de 6,6, 6,1 y 5,8, en ese orden; a su turno, el desarrollo más alto en salud está en Tunja, Cali AM y Popayán, ciudades que reciben, respectivamente, una puntuación de 7,8, 7,5 y 7,3 sobre 10, mientras que en el entorno de negocios, Bogotá, D.C., Medellín AM y

Cali AM lideran el *ranking* con puntajes de 9,9, 8,1 y 7,4 sobre 10, en ese orden (Consejo Privado de Competitividad y Universidad del Rosario, 2022).

Ya en el ámbito específico de indicadores asociados a las ciudades con la visión de ciudades inteligentes, el MinTIC publicó en agosto de 2022 el documento *Índice de ciudades y territorios inteligentes*, que es el resultado de los avances generados a partir de la política de gobierno digital contenida en el Decreto 767 de 022 y la publicación de la Resolución 1117 de 2022, que habilita como mecanismo facilitador el Modelo de Madurez de Ciudades y Territorios Inteligentes (Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, 2022).

El modelo está compuesto por las siguientes dimensiones:

- Calidad de vida.
- Desarrollo económico.
- Gobernanza.
- Hábitat.
- Medio ambiente.
- Personas.

Y, a su vez, identifica cinco ejes habilitadores:

- Analítica y gestión de datos.
- Infraestructura e interoperabilidad.
- Institucional e innovación.
- Liderazgo y capital humano.
- Tecnología y estándares.

Antioquia es el departamento con un índice más alto: 4,0 en el índice de madurez CTI, 4,52 en el índice de capacidades, 4,18 en el índice de resultados y 3,30 en el índice de percepción, mientras que el Meta es el último departamento en el *ranking*, con todos sus índices por debajo de 2,5 (Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, 2022).

Las cifras presentadas se resumen a continuación (figura 5).

Iniciativas en ciudades y territorios inteligentes

En relación con las iniciativas de ciudades inteligentes desarrolladas en Colombia, hablaremos inicialmente

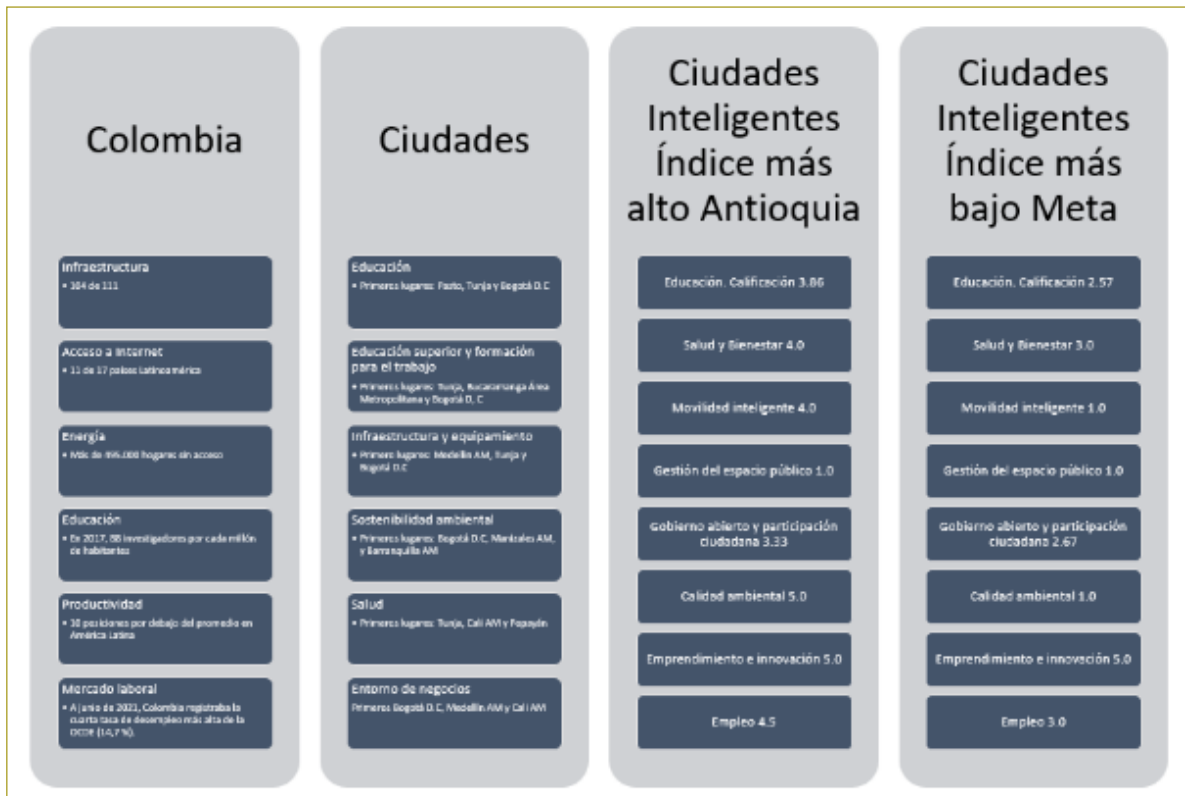


Figura 5. Colombia en cifras.

Fuente: Elaboración propia, con base en los informes del *Índice nacional de competitividad* y el *Índice de ciudades y territorios inteligentes*.

sobre el TransMiCable. En diciembre de 2018, se puso en marcha el primer teleférico de transporte público de Bogotá, el servicio de la transformación social en Ciudad Bolívar; en este caso, “los vehículos son de tipo telecabina —cerrados y de baja capacidad—, y están suspendidos de uno o más cables. TransMiCable, en conjunto con los componentes troncal y zonal, conforman el Sistema Integrado de Transporte Público de la ciudad de Bogotá” (Quiroga, 2021). El proyecto integró tres elementos significativos, uno de los cuales es el trabajo con comunidad, gestión social y cultura ciudadana (Quiroga, 2021).

Según los resultados de la investigación de Quiroga, la implantación de TransMiCable en la localidad de Ciudad Bolívar ha mejorado la calidad de vida de los habitantes de la localidad, disminuido los tiempos de viaje y generado una infraestructura dotacional que se ha construido en torno al sistema y logrado la participación ciudadana en el cuidado del sistema (Quiroga, 2021).

Pero además de TransMiCable, se han llevado a cabo otras iniciativas importantes, como el uso de las llamadas cámaras salvavidas. Ubicadas a lo largo y ancho de Bogotá, estas cámaras permiten identificar, a través de datos recolectados mediante inteligencia artificial, los vehículos que no cumplen con regulaciones colombianas, como la compra anual del Seguro Obligatorio de Accidentes de Tránsito (SOAT) o la revisión técnico-mecánica anual, al igual que datos tanto de incumplimiento de normas de tránsito como de exceso de velocidad.

En el informe del *Índice de ciudades y territorios inteligentes*, realizado por el MinTIC en 2022, se destaca a Medellín como la ciudad más avanzada al respecto. Tradicionalmente, se ha conocido a Medellín por la iniciativa de escaleras eléctricas desarrollada en la comuna 13, un avance indiscutible en la calidad de vida de los ciudadanos.

Participación en ciudades inteligentes

A continuación se presenta la participación de los involucrados en el caso colombiano, con base en las cifras incluidas en los informes referenciados en el aparte titulado “Involucrados”, que aparece en este artículo.

Participación del gobierno colombiano

En Colombia, el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC) ha trabajado en la generación del Proyecto de Resolución de Ciudades y Territorios Inteligentes, que orienta a las alcaldías y a las gobernaciones para acceder a la oferta del mismo ministerio. Inicialmente, hay que hacer un autodiagnóstico para identificar iniciativas que puedan resolverse a través de tecnologías de información, acompañamiento del ministerio en la formulación de las iniciativas en ciudades y territorios inteligentes, y solicitud de cofinanciación de las iniciativas.

El autodiagnóstico propuesto se hace mediante un modelo que se ha aplicado durante tres años, el cual tiene como objetivo identificar la situación actual de una ciudad o territorio con respecto a las dimensiones y ejes seleccionados para la valoración, con el propósito de establecer, de una manera informada, las acciones que permitan promover el avance en el desarrollo de ciudades y territorios inteligentes en Colombia (Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, n.d.). El modelo, aplicado en 2022 para reconocer las capacidades y oportunidades de mejora de 42 territorios de Colombia en relación con su ruta de transformación digital territorial para ser un territorio inteligente, está alineado con las entidades públicas territoriales por medio de la Resolución 1117 de 2022 (Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, 2022).

El premio otorgado a la ciudad en los Latam Smart City Awards llegó a Bogotá. En su texto, se destaca lo siguiente: “Reconoce a la Alcaldía Mayor de Bogotá, Colombia, por su ágil planificación en la gestión del espacio público y la movilidad y la distancia física entre personas” (Natalie Sánchez y Alcaldía Mayor de Bogotá, n.d.).

Participación de los ciudadanos

En el informe *Índice de ciudades y territorios inteligentes*, publicado en 2022, se puede observar que la variable gobierno abierto y participación ciudadana, para Antioquia, que es el departamento con mejores resultados en este índice, apenas tiene una valoración de 3,58, valoración que es mucho más baja en el caso del Meta, con apenas 3,21 (Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, 2022).

En este informe, en el que se presentan los resultados de valoración de madurez del MinTIC, se indica que empresarios, así como representantes de la sociedad civil, del sector académico y de las instituciones del Estado, han expresado su punto de vista de manera libre y abierta mediante la implementación del modelo, con lo que han ayudado a edificar una visión compartida sobre el futuro de su ciudad o territorio (Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, 2022).

Participación del sector privado

En los informes analizados, no se evidencia medición sobre esta participación; sin embargo, dicho sector es uno de los participantes en el estudio de índices de competitividad nacional, así como del mismo índice orientado a departamentos y ciudades en Colombia. Dicho informe lo han desarrollado en conjunto el gobierno, el sector privado y la academia.

En 2018, en alianza entre la Corporación Andina de Fomento (CAF), Transmilenio, Cable Móvil e Ilunion Tecnología y Accesibilidad, se concluyó la construcción del primer teleférico de transporte público de Bogotá en Ciudad Bolívar, el cual se puso en marcha a finales de diciembre de ese año (Quiroga, 2021b).

El proyecto de implementación de las escaleras eléctricas en la comuna 13 de Medellín lo lideraron la Alcaldía de Medellín y la Empresa de Desarrollo Urbano (EDU), obra que se desarrolló con tecnología japonesa (Fujitec) y fabricación china.

Participación de la academia

En los informes presentados no se evidencia valoración de la participación de la academia en el proceso de transformación de las ciudades hacia ciudades inteligentes. La investigación en Colombia no ha avanzado en la misma forma que en otros países de Latinoamérica; por ejemplo, en el Informe Nacional de Competitividad se mostraba que en 2017, por cada millón de habitantes en Colombia había 88 investigadores, mientras que en Argentina por cada millón de habitantes se contaba con 1.192 investigadores.

Así mismo, en dicho informe se señala que la transferencia de conocimiento al sector privado no se desarrolla ágilmente, puesto que la mayoría de los investigadores en el país (95,6 %) están vinculados a

instituciones de educación superior (Consejo Privado de Competitividad, 2021).

En el caso de la Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería, esta institución de educación superior participó en el proyecto Cap4City con siete universidades de Latinoamérica y cuatro europeas, con el patrocinio de Erasmus+ de la Unión Europea. Este proyecto tuvo como objetivo desarrollar fortalezas y conocimientos en las universidades latinoamericanas para compartir el conocimiento en ciudades inteligentes. Así mismo, la Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería está desarrollando en el grupo de investigación DaTos diferentes proyectos de investigación asociados a ciudades y territorios inteligentes; además, ofrece cursos alrededor del tema, como es el caso del curso “Gestión de datos en ciudades y territorios inteligentes basados en datos”.

Por su parte, los estudiantes de la asignatura “Ciudades inteligentes basadas en datos”, con electiva técnica de la maestría en Gestión de Información, tomada por varios estudiantes de programas de maestría y pregrado, diseñaron diferentes aplicaciones que aportan soluciones para los territorios inteligentes colombianos, teniendo como concepto especial las ciudades de quince minutos.

EJEMPLOS Y APLICACIONES

Se consideran a continuación varios proyectos de los estudiantes de la asignatura “Ciudades inteligentes basadas en datos” que lograron realizar durante un semestre académico, en primer lugar, el proyecto con el título “Estrategia de gestión y monitoreo ambiental basada en datos: un enfoque colaborativo para mitigar desastres”, elaborado por los estudiantes Esteban Camilo Archila, Hayden Esteban Cristancho Pinzón y Juan David García. En este proyecto, los estudiantes presentan una estrategia que se enfoca en la recopilación de datos climáticos, topográficos, geológicos, de población e infraestructura, los cuales son procesados y analizados para prevenir y responder de manera efectiva a los desastres naturales. Los resultados demuestran el potencial de esta estrategia para reducir los impactos negativos de los desastres y mejorar la resiliencia de las ciudades.

En el segundo proyecto, denominado “Mejorando la eficiencia del transporte público: reserva de Transmilenio para reducir tiempos de espera”, llevado a cabo por

Dorys Trujillo Beltrán, Eduar Stith Bohórquez Beltrán y Jefferson Josué Espitia Vargas, se presenta una solución para los usuarios de Transmilenio, el sistema de transporte masivo en Bogotá, orientada a eliminar los largos tiempos de espera y las aglomeraciones en las estaciones. En este contexto, se plantea la implementación de una aplicación de reserva para Transmilenio, que busca mejorar el flujo de circulación y brindar una experiencia de viaje más eficiente para los usuarios. Así las cosas, se recopilarán datos abiertos y de uso interno de Transmilenio, así como datos de los usuarios a través de la aplicación móvil, con el objetivo de optimizar el sistema. Además, se aplicará la filosofía de “ciudades de quince minutos”, mediante la cual se busca crear un sistema de transporte limitado en zonas residenciales para mejorar la eficiencia y la calidad de vida de los usuarios. La implementación se hará en forma educativa, fomentando así la adopción de la aplicación y promoviendo un uso inteligente y eficiente del transporte público.

La tercera solución, denominada “Ciudades inteligentes: el problema del tráfico en Bogotá y la implementación de tráfico inteligente en la ciudad”, la desarrollaron los estudiantes Daniel Esteban Ramos Jiménez, Gabriela Castro Santamaría, Andrés Felipe Parra Quiroga y David Arturo Narváez Lossa, debido a los problemas de movilidad urbana y los prolongados tiempos de desplazamiento. Por medio de este proyecto se pretende aprovechar las tecnologías avanzadas, como *big data* y el análisis de datos, para recopilar información precisa sobre el tráfico, optimizar la gestión del transporte y tomar decisiones informadas para una movilidad más eficiente.

Este enfoque se basa en la participación ciudadana, el uso de sensores inteligentes y un marco integral que abarca desde la planificación urbana hasta el internet de las cosas (IoT) y los sistemas de transporte inteligente. El objetivo es comprender cómo los datos pueden proporcionar información precisa sobre el tráfico y los tiempos de desplazamiento, identificar patrones y tendencias, y permitir la toma de decisiones informadas para optimizar la infraestructura de transporte. Además, se destaca la importancia de garantizar la calidad, seguridad y privacidad de los datos, así como la participación ciudadana y la transparencia en la gestión de la movilidad.

Finalmente, se presenta el proyecto llamado “Redireccionamiento de comerciantes informales: espacio urbano”, elaborado por Erick Sebastián Girón Ortega,

Juan David Rivera Mora y Juan Felipe Otálora Rodríguez, en el que se analiza lo referente al trabajo informal como un problema que se presenta a lo largo y ancho del país debido a la dificultad de conseguir empleo, lo que lleva a las personas a recurrir al “rebusque” como método para obtener los recursos que les permitan sostener a sus familias; en Bogotá, particularmente, se presenta el fenómeno de los vendedores ambulantes, los cuales invaden espacios públicos de la ciudad para ofrecer sus productos.

Entre las soluciones que ofrecen los autores de este proyecto están reubicar a estos vendedores y brindarles capacitación en otros oficios, como métodos para ayudar a los involucrados a superar esta situación.

Así mismo, en otras asignaturas de la línea de Gestión de Datos de la maestría de Gestión de Información, como “Estrategia de datos” y “Gestión de datos maestros”, se han desarrollado proyectos asociados a las diferentes dimensiones de ciudades inteligentes. A continuación, presentamos algunos ejemplos de los proyectos presentados.

- “Estrategia de datos para la gestión de movilidad en Bogotá”, llevado a cabo por los estudiantes Esteban Camilo Archila Bastidas, Juan Diego Becerra Peña y Julián Andrés Largo Torres.
- “Optimización de la flota de Transmilenio”, realizado por Daniel Ramos, Santiago Guerra y Andrés Parra.
- “Optimización de tiempos de logística en transporte terrestre”, desarrollado por Érika Martínez Martínez, Andrés Felipe Cañón y Karen Niño Niño.

Se puede notar la importancia de los datos en todos los diseños en los que se presentan alternativas de solución que pueden implementar expertos en tecnología, que ofrecen la información para que los tomadores de decisiones, en cada caso, tengan el soporte para crear el conocimiento que la ciudad necesita para ser cada vez más inteligente.

Todos los casos, además de estar centrados en brindar soluciones a los ciudadanos o información a la ciudad, incluyen la participación del gobierno, el sector privado o la academia, evidenciándose así la imperativa necesidad de promover la participación de todos los involucrados para asegurar resultados más eficientes y sostenibles.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Se considera que lograr la participación de los involucrados será eje fundamental para asegurar la transformación y mejora continua de las ciudades inteligentes. Para lograr la participación de todos los involucrados, es necesario entender cuáles son los beneficios esperados. En el *framework* del modelo de negocio presentado por el Centro de Investigación y Tecnologías con la Universidad de Maastricht, la propuesta de valor se orienta a los beneficios que cada actor en la red crea para uno o múltiples usuarios de esta (Giourka et al., 2019).

Es así como la propuesta de valor está orientada a satisfacer necesidades específicas de uno o más grupos de usuario, y provee una clara explicación de cómo se atenderán esas necesidades, estableciendo los productos y servicios que se ofrecerán a cada usuario (Giourka et al., 2019).

A partir de la revisión bibliográfica, se propone la participación de los ciudadanos en diferentes momentos.

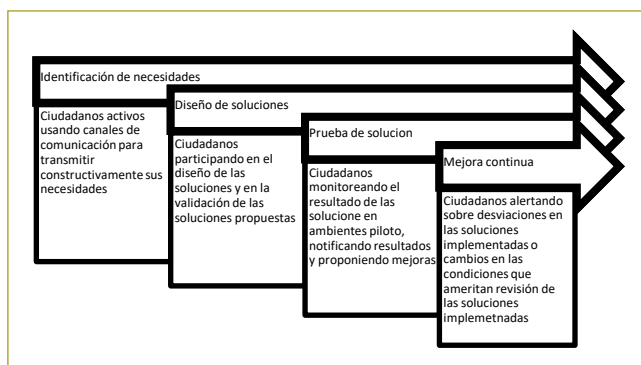


Figura 6. Momentos de participación ciudadana.

Fuente: Elaboración propia.

En la introducción de este artículo se mencionan las dimensiones asociadas a la calidad de vida de los ciudadanos, las cuales se resumen en una figura anterior (figura 3). Es así como a los momentos de participación

ciudadana considerados previamente podemos agregarles estas dimensiones, las cuales permitirán asegurar el avance en cada dimensión.

Así mismo, se propone asegurar la participación del sector privado con dos enfoques fundamentales. Primero, participando activamente, en asociación con el gobierno, en el diseño e implementación de soluciones para las necesidades de los ciudadanos. Segundo, asegurando que sus iniciativas de negocio están asociadas a modelos de negocio que consideren las medidas planteadas por John Elkington en el modelo contable TBL, asegurando de esta manera la inclusión y la sostenibilidad ecológica de las soluciones y favoreciendo los factores de productividad y empleo, retos bastante desafiantes en países como Colombia.

En el caso de la participación de la academia, dicha participación se considera desde la formación a los ciudadanos y al sector privado en las mejores prácticas en cada una de las dimensiones en ciudades inteligentes, al igual que en la formación en los mecanismos de participación tanto de los ciudadanos como del sector privado y las organizaciones no gubernamentales; también se considera su participación relevante en proyectos de investigación, a través de toda la hoja de transformación a ciudades inteligentes.

Por último, en cuanto a la participación de las organizaciones no gubernamentales, se piensa que su veeduría es relevante a través de todos los momentos de desarrollo de las iniciativas en ciudades y territorios inteligentes.

Aunque las dimensiones presentadas son las mismas en todos los países, el estado en que se encuentran los países desarrollados vs. los países no desarrollados es diferente; incluso entre los mismos países en vías de desarrollo existen brechas importantes. En el caso de Colombia, la participación ciudadana en las iniciativas de las ciudades inteligentes no es un logro conocido, como se puede ver en el *Índice de ciudades y territorios inteligentes*.

Figura 7. Participación ciudadana en ciudades inteligentes.

Fuente: Elaboración propia.

Actividad	Objetivo	Sostenibilidad	Infraestructura	Salud	Movilidad	Desarrollo económico
Identificación de necesidades	Ciudadanos activos usando canales de comunicación para transmitir constructivamente sus necesidades					
Diseño de soluciones	Ciudadanos participando en el diseño de las soluciones y en la validación de las soluciones propuestas					
Prueba de solución	Ciudadanos monitoreando el resultado de las soluciones en ambientes piloto, notificando resultados y proponiendo mejoras					
Mejora continua	Ciudadanos alertando sobre desviaciones en las soluciones implementadas o cambios en las condiciones que ameritan revisión de las soluciones implementadas					

Así mismo, no se puede evidenciar la participación del sector privado con las características de inclusión y resiliencia esperadas. Diseñar estrategias que aseguren el cambio en la cultura ciudadana, del sector privado, la academia, el gobierno y las ONG en Colombia es un factor determinante en el éxito de las iniciativas que se vienen desarrollando en el país alrededor de ciudades inteligentes.

Finalmente, se evidencia la necesidad de hacer una investigación estructurada, que permita conocer el impacto de las iniciativas en ciudades y territorios inteligentes en Colombia, orientada en particular al nivel de participación de todos los involucrados, contrastando dicha participación y el impacto de las iniciativas en la mejora de la calidad de vida de la comunidad en general.

BIBLIOGRAFÍA

- Blasi, S., Gobbo, E., y Sedita, S. R. (2022). Smart cities and citizen engagement: evidence from Twitter data analysis on Italian municipalities. *Journal of Urban Management*, 11(2), 153-165. <https://doi.org/10.1016/j.jum.2022.04.001>.
- Camarinha-Matos, L. M., Afsarmanesh, H., y Boucher, X. (2010). The role of collaborative networks in sustainability. In *IFIP AICT*, 336.
- Castelnuovo, W., Misuraca, G., y Savoldelli, A. (2016). Smart Cities Governance: the need for a holistic approach to assessing urban participatory policy making. *Social Science Computer Review*, 34(6), 724-739. <https://doi.org/10.1177/0894439315611103>.
- Consejo Privado de Competitividad (2021). *Informe Nacional de Competitividad 2020-2021*. <https://compite.com.co/informe/informe-nacional-de-competitividad-2020-2021/>.
- Consejo Privado de Competitividad (2022). *Informe Nacional de Competitividad 2021-2022*. <https://compite.com.co/informe/informe-nacional-de-competitividad-2021-2022/>.
- Consejo Privado de Competitividad y Universidad del Rosario (2022). *ICC-2022. Índice de competitividad de ciudades*. https://urosario.edu.co/static/periodico-nova-et-vetera/nuestra-u/indice-de-competitividad-de-ciudades/?_ga=2.225635162.1347226265.1666825229-1708254942.1666825182.
- De Guimarães, J. C. F., Severo, E. A., Felix Júnior, L. A., Da Costa, W. P. L. B., y Salmoria, F. T. (2020). Governance and quality of life in smart cities: towards sustainable development goals. *Journal of Cleaner Production*, 253. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119926>.
- Estévez, E. (2016). *Smart sustainable cities. Reconnaissance study strengthening governance capacity for smart sustainable cities view project strengthening governance capacity for smart sustainable cities (Cap4city) View project*. <http://egov.unu.edu>.
- Función Pública y Gobierno de Colombia (n.d.). *Manual de estructura del Estado. Función Pública*. Recuperado el 9 de diciembre de 2022, de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/manual-estado/index.php>.
- Giourka, P., Sanders, M. W. J. L., Angelakoglou, K., Pramangioulis, D., Nikolopoulos, N., Rakopoulos, D., Tryferidis, A., & Tzovaris, D. (2019). The smart city business model canvas: a smart city business modeling framework and practical tool. *Energies*, 12(24). <https://doi.org/10.3390/en12244798>.
- Janowski, T. (2015). Digital government evolution: from transformation to contextualization. *Government Information Quarterly*, 32 (3), 221-236. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2015.07.001>.
- Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (2022). *Índice de CTI 2022*. <https://gobiernodigital.mintic.gov.co/portal/Iniciativas/Ciudades-y-Territorios-Intelig>.
- Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (n.d.). *Modelo ciudades inteligentes*. Recuperado el 5 de diciembre de 2022, de <https://mintic.gov.co/portal/inicio/Sala-de-prensa/Noticias/198359:MinTIC-publica-para-comentarios-el-borrador-de-la-resolucion-de-Ciudades-y-Territorios-Inteligentes>.
- Muschket, M., Kühne, B., Jagals, M., & Bergan, P. (2022). *Making data valuable for smart city service systems: a citizen journey map for data-driven service design augmented reality-enabled enterprise architecture management view project Portfolio Management view project*. <https://www.researchgate.net/publication/358644525>.
- Sánchez, N. y Alcaldía Mayor de Bogotá (n.d.). *Smart city recognition of Bogotá for citizen culture campaign*. *Bogota.gov.co*. Recuperado el 9 de diciembre de 2022, de <https://bogota.gov.co/node/36466>.
- Quiroga, V. G. (2021a). The impact and the perception of the passengers about the service of the TransMiCable in Bogotá, D.C., as a last and first mile way. In *Territorios*, 44, 1-14. Universidad del Rosario. <https://doi.org/10.12804/REVISTAS.UROSARIO.EDU.CO/TERRITORIOS/A.8456>.
- Quiroga, V. G. (2021b). The impact and the perception of the passengers about the service of the TransMiCable in Bogotá, D.C., as a last and first mile way. In *Territorios*, 44, 1-14. Universidad del Rosario. <https://doi.org/10.12804/REVISTAS.UROSARIO.EDU.CO/TERRITORIOS/A.8456>.
- Slaper, T. F. (n.d.). *The Triple Bottom Line: what is it and how does it work?*
- Sustainable Cities (n.d.). *Collection methodology for key performance indicators for smart sustainable cities united smart sustainable cities 4. Montevideo Office Collection methodology for key performance indicators for smart sustainable cities 2. Foreword*.
- United Nations and Department of Economic and Social Affairs (2018). *The world's cities in 2018*. <https://www.flickr.com/photos/thisisin>.
- Zhu, H., Shen, L., & Ren, Y. (2022). How can smart city shape a happier life? The mechanism for developing a happiness driven smart city. *Sustainable Cities and Society*, 80. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.103791>.

Caracterización del tipo de oferta de las soluciones del mercado para desarrollar habilidades blandas

Characterization of the type of market offerings for developing soft skills

DIEGO ANDRÉS RIZO SÁNCHEZ¹ - ADRIANA MARCELA ZAMBRANO SÁNCHEZ² - DIANA CAROLINA CABRA BALLESTEROS³

1. Ingeniero civil de la Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Administrador de empresas de la Corporación Universitaria Minuto de Dios. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9666-9416>.

2. Profesora de planta de la Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9447-1476>.

3. Profesora de planta de la Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8709-7145>.

diego.rizo@mail.escuelaing.edu.co - adriana.zambrano@escuelaing.edu.co - diana.cabra@escuelaing.edu.co

Recibido: 24/07/2023 Aceptado: 15/09/2023

Disponible en http://www.escuelaing.edu.co/es/publicaciones_revista
<http://revistas.escuelaing.edu.co/index.php/reci>

Resumen

Las habilidades blandas son importantes en el sector productivo, ya que debido a la revolución industrial 4.0 se han generado notables transformaciones en las empresas, tales como automatización, gestión de grandes volúmenes de datos e internet industrial de las cosas, lo que ha ocasionado que los actuales y futuros empleados requieran distintas habilidades que las máquinas no tienen, como el trabajo en equipo, liderazgo y capacidades sociales, por mencionar algunas.

En ese orden de ideas, en el presente artículo se analizan las ventajas y desventajas de la oferta, según el tipo de soluciones que hay en el mercado, dedicadas al desarrollo de habilidades blandas, y se concluye que existen diferentes productos y servicios de diversas modalidades (virtual, presencial y mixta), que se consolidan en nueve tipos, los cuales varían entre educación formal e informal, e intensidad horaria.

Palabras claves: habilidades blandas, educación, soluciones de aprendizaje y competencias.

Abstract

Soft skills are crucial in the productive sector, given the notable transformations brought about by the fourth industrial revolution. Changes such as automation, the management of vast amounts of data, and the industrial internet of things have resulted in the need for diverse skills in current and future employees that machines lack—skills like teamwork, leadership, and social capabilities, to name a few.

This article analyzes the advantages and disadvantages of market offerings dedicated to developing soft skills. The examination categorizes various solutions available in the market, considering factors such as virtual, in-person, and blended modalities. The study identifies nine types of products and services that vary in formality (ranging from formal to informal education) and intensity of hours.

Keywords: soft skills, education, learning solutions, competencies.

INTRODUCCIÓN

La Organización de las Naciones Unidas (ONU) define así la meta de su iniciativa denominada Objetivos de Desarrollo Sostenible (2015-2030): “Aumentar considerablemente el número de jóvenes y adultos que tienen las competencias necesarias, técnicas y profesionales para acceder al empleo, el trabajo decente y el emprendimiento” (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - PNUD & Departamento para la Prosperidad Social - DPS, 2020), ya que se observa una necesidad a escala mundial de desarrollar en los jóvenes de hoy diferentes habilidades o competencias para fortalecer su rol en la sociedad.

Es claro que las habilidades blandas son de alta prioridad para los empleadores contemporáneos, por lo que estas se deben desarrollar antes de pasar del mundo educativo al laboral, lo cual se corrobora en el estudio de la Universidad del Pacífico que buscaba determinar la influencia de la educación en el desempeño laboral, junto con la inteligencia emocional. Como resultado de esto, se encontró que la educación formal genera efectos positivos en el desempeño del individuo, la cual, apoyada con inteligencia emocional, contribuye a mejorar los resultados en el campo laboral (Cáceres Francia, Peña Espino, & Ramos Villarreal, 2018).

En el presente artículo se pretende identificar la oferta de productos o servicios que buscan desarrollar habilidades blandas en los individuos, así como hacer un análisis de sus modelos de negocio, mediante la determinación de sus ventajas y desventajas.

REVISIÓN DE LA BIBLIOGRAFÍA EXISTENTE

Las habilidades blandas son un conjunto de capacidades primordiales para las organizaciones, debido a que requieren eficacia y eficiencia en la ejecución de las labores por parte de los empleados. Se espera entonces que estos cuenten con habilidades como resolución de problemas, comunicación efectiva y trabajo en equipo (Gómez Gamero, 2019), por lo que desde la academia se ha encontrado que es importante desarrollarlas en los estudiantes antes de que ingresen en el mercado laboral. Para esto, se puede utilizar el aprendizaje orientado a proyectos (AOP), al aplicar todos los temas teóricos y prácticos que el estudiante ha desarrollado en el proceso de su carrera por medio de un proyecto en el que se fomenten la creatividad y la motivación (González

Holguín, Ferreira Tavera, & Barranco López, 2018). Otros autores también consideran que es necesaria la implementación de estrategias didácticas en las que se desarrollen habilidades como el trabajo colaborativo y la resolución de conflictos desde el uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) (Zepeda Hurtado, Cardoso Espinosa, & Cortés Ruiz, 2019).

Así mismo se encuentra que, desde el punto de vista de la educación, los docentes no tienen claro el concepto de habilidades blandas y las confunden con valores como la puntualidad y el orden (Arce Rivera, Benavides Vargas, Delgado Calvo, Loría Ramírez, & Montero Ulloa, 2020). Esto ha generado que los alumnos no desarrollen dicho tipo de habilidades y, por ende, no cumplan con los requerimientos que tienen las empresas en la actualidad, tales como trabajo en equipo, creatividad, innovación y resolución de problemas, lo que dificulta su acceso al mundo laboral. Desde los docentes, se vuelve un factor fundamental para la mejora de habilidades blandas en los estudiantes (Alarcón Yauri & Palacios Garay, 2020). Además, se considera que estas habilidades se pueden enseñar y desarrollar mediante diferentes métodos, en los que se demuestren las técnicas existentes para obtenerlas hasta que el individuo sea capaz de familiarizarse con estas y adaptarlas a su comportamiento dentro de su rol (Martínez & Arévalo, 2019).

Cassab y Mayorca mencionan que el desarrollo de habilidades gerenciales, liderazgo, toma de decisiones, habilidades intrapersonales, entre otras, se logra a partir de la experiencia adquirida con las personas que nos rodean (Cassab Martínez & Mayorca Beltrán, 2018). Cada vez es más requerido por las empresas que los profesionales tengan una formación en TIC, pero al no ser resuelta esta demanda las compañías se ven obligadas a capacitar a sus empleados, lo cual acarrea una serie de costos adicionales para las organizaciones (Madriz Granados & Serrano Calderón, 2019).

Desde la educación se encuentra que la formación en habilidades blandas requiere un ajuste desde el punto de vista curricular y de prácticas, con el fin de buscar no solo formar a los jóvenes de manera profesional, sino también implementar el desarrollo personal al formar líderes, críticos con capacidad de solucionar los problemas planteados, responsables y capaces de adaptarse constantemente a los cambios (Guerra Báez, 2019).

Un caso exitoso de la implementación de las habilidades blandas en la educación es el realizado en la Universidad Agustiniiana, centro de educación superior que desarrolló un énfasis en habilidades blandas mediante la inclusión de contenidos curriculares a través de diferentes estrategias y herramientas didácticas, buscando que el estudiante sea el actor principal en las tutorías a partir de la adaptación de las nuevas tendencias en la educación (Achury Restrepo, 2020). Así mismo, según un estudio realizado por (Leyva Carreras, Alcántara Castelo, Espejel Blanco, & Coronado García, 2019) en la Universidad de Sonora, se encuentra que es necesario que las universidades implementen el desarrollo de habilidades blandas en sus estudiantes, enfocado en la transformación digital; la idea es que no solo se presenten nuevas tecnologías, sino también que se pongan en práctica nuevos modelos de negocio que generen jóvenes preparados para la transformación social y económica que se avecina.

El uso de las TIC es indispensable en los procesos de enseñanza con fines comunicativos, informativos, instructivos y lúdicos, ya que esto permite que las clases sean más motivadoras y dinámicas (García Romero & Mendoza Alva, 2021). Un caso de éxito fue el diseño, desarrollo e implementación del modelo Addie (análisis, diseño, desarrollo, implementación y evaluación) en aplicaciones móviles, el cual tenía el objetivo de acompañar, reforzar y potenciar el conocimiento de los estudiantes; gracias a esto se encontró que el uso de las TIC en la educación incita al desarrollo personal e interdisciplinar, junto a diferentes habilidades en los profesionales (Plaza Arias & Constain, 2021).

La combinación de las TIC y las habilidades blandas puede generar grandes resultados, como la implementación de *podcast* y códigos QR, desarrollada en el año 2019 en la Universidad Técnica Nacional de Costa Rica, en la cual se logró que los estudiantes aprendieran un nuevo idioma en forma colaborativa, creativa y dinámica (Rodríguez Brenes & Rodríguez Alpizar, 2019). Igualmente, en un estudio aplicado en la Universidad Estatal a Distancia (UNED) de Costa Rica, enfocado en ciencias de la administración, se halló que el 80 % de los estudiantes encuestados consideró que el modelo de *e-learning* es esencial para desarrollar habilidades blandas (Mora Vicarioli & Arce Solano, 2020).

En cuanto al desarrollo de habilidades blandas, se ha encontrado que para estudiantes de postsecundaria

existe un modelo holístico creado a partir de una implementación de habilidades blandas, adquiridas mediante una formación explícita (currículo formal) y una implícita (currículo oculto), con énfasis en el aprendizaje activo, por medio de actividades simuladas (intraaula) o reales (extraaula) que, en conjunto, lograrán que los estudiantes de postsecundaria puedan estructurar mejor y de forma más sistematizada sus objetivos profesionales e involucrarse más activamente en la planificación de su propio aprendizaje (Vera Millalén, 2016).

A continuación, se presentan algunas investigaciones que han abordado el desarrollo de las habilidades blandas desde la oferta educativa formal, ya sea desde actividades simuladas o en entornos reales.

Con programas como “El conocimiento es poder” (Knowledge is Power Program, KIPP), se ha logrado que los profesores se involucren en el desarrollo del conocimiento de los estudiantes, quienes aprenden habilidades como resiliencia, toma de decisiones, comunicación efectiva, autocontrol, autodefensa, empatía e inteligencia social desde el jardín hasta el grado 12. Gracias a esto, se ha conseguido que los jóvenes tengan una mayor permanencia en las escuelas, aumenten sus logros educativos y desarrollen un dominio de habilidades como el trabajo en equipo y la motivación, todo esto mediante una metodología de gestión del tiempo en la que se busca tener a los alumnos con actividades constantes en un horario definido, generando que el 90 % de ellos obtengan becas para centros privados y el 80 % logre llegar a la universidad (Ortega Goodspeed, 2016).

De acuerdo con (Ortega Goodspeed, 2016), hay otros programas que desarrollan habilidades blandas enfocados en jóvenes que están en riesgo de dejar la escuela. Uno de ellos se llama Promover Estrategias de Pensamiento Alternativo (Promoting Alternative Thinking Strategies, PATHS), el cual está enfocado en el desarrollo de habilidades como autocontrol, relaciones interpersonales, resolución de conflictos y autoestima, a partir de dos lecciones por semana para alumnos de primaria y preprimaria, teniendo como resultado mejoras en habilidades cognitivas, comportamiento apropiado y compromiso académico.

Por su parte, el programa Emprendedores por la Inclusión Social se centra en el desarrollo de habilidades blandas como motivación, autocontrol, resolución de problemas, trabajo en equipo y retroalimentación

constructiva en jóvenes en riesgo para el desarrollo académico, teniendo como resultado una reducción del 10 % de los alumnos que repiten el año, una mejora en el rendimiento académico y un bajo nivel de deserción entre los participantes en el programa.

El programa Zona de Habilidades, del Angus College, enfocado en jóvenes de 14 a 18 años que abandonaron la escuela o están en riesgo de hacerlo, se orienta al desarrollo de habilidades como la buena conducta, responsabilidad, motivación, trabajo en equipo, gestión del tiempo, teniendo como resultado una mayor motivación y un menor riesgo de deserción entre los participantes en el programa.

Por otro lado, de acuerdo con un artículo publicado por la Universidad Eafit, las habilidades blandas se pueden desarrollar a partir de varios cursos especializados y personas expertas, por lo cual se crearon una materia de énfasis para los alumnos de administración y un curso formativo para jóvenes de bachillerato inspirados en experiencias educativas como la de Kratos (Postobón-Eafit), que busca que los estudiantes desarrollen estas habilidades en escenarios colaborativos, a partir de retos científicos y competencias internacionales (Gómez Valencia, 2020).

Otra experiencia, presentada por el *Iberian Journal of Information Systems and Technologies*, tiene que ver con una metodología utilizada para enseñar y programar, denominada Rápida y Global (R&G), por lo cual se consideró trabajar en un grupo de habilidades blandas como resolución de problemas, trabajo en equipo y comunicación. Estas se desarrollaron a partir de un curso de programación que contemplaba tres dimensiones: habilidad, práctica y perspectiva, por medio de las cuales se buscaba desarrollar, como primera medida, un conjunto de habilidades blandas en los primeros cursos, y en segunda medida, hacer de la enseñanza de estas un proceso repetible y sistemático. Finalmente, se llegó a la conclusión de que se deben considerar diferentes metodologías que aborden estas habilidades para los estudiantes de computación, demandadas por la industria de *software* (Vidal, Gacitúa, & Dieguez, 2020).

Así mismo, una investigación revela que en ingeniería de *software* se realizó un proceso de desarrollo de habilidades duras y blandas para aplicar y afianzar los conocimientos en escenarios reales, identificación de herramientas de apoyo y reconocimiento de las habilidades blandas como factor crítico de éxito en los equipos

de desarrollo a partir de exposiciones, elaboración de informes, artefactos del proyecto y entrevistas con los clientes (Gómez Álvarez, Manrique-Losada, & Gasca-Hurtado, 2015).

Por otra parte, en un estudio enfocado en el modelo de enseñanza-aprendizaje centrado en el alumno, se concluyó que para carreras que requieran en forma intensiva participación activa y protagónica de los alumnos, el desarrollo de habilidades comunicativas es imprescindible como medio de interacción social y profesional (Cruz Caballero, Reiner Hernández, Orozco Muñoz, & González Delgado, 2018); además, estas habilidades son esenciales para el desarrollo profesional de las personas y son un complemento para la inserción laboral y el éxito profesional (Hernández & De la Rosa, 2017).

Adicionalmente, se encuentra que el desarrollo de las habilidades blandas no solo se está abordando desde la educación formal, sino que se han gestado diferentes productos o servicios en el mercado que buscan mejorar el desempeño de las personas, lograr objetivos, gestionar acertadamente el tiempo y terminar de manera oportuna sus estudios, teniendo la posibilidad de acceder a mejores oportunidades educativas y laborales.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo con la tipología de investigación documental, la cual consiste en hacer un análisis de la información existente sobre un tema, con el fin de establecer “relaciones, diferencias, etapas, posturas o estado actual del conocimiento respecto al tema objeto de estudio” (Bernal, 2010). Así, el proceso de búsqueda de información consistió en recolectar información de diferentes fuentes, entre ellas artículos, libros, revistas e investigaciones relacionados con las habilidades blandas, con el fin de comprender el objeto de estudio.

De igual manera, se recopilaron datos de informes, páginas web y documentos oficiales de empresas, en los ámbitos nacional e internacional, que ofrecen productos o servicios en el mercado orientados a la formación de habilidades blandas; entre los aspectos recopilados están el objetivo del producto o servicio, las habilidades que desarrolla, país de origen, modalidad de prestación del servicio, público objetivo, tipo de oferta y duración.

A partir del análisis de los productos o servicios, se determinaron las ventajas y desventajas por cada tipo-

logía establecida de acuerdo con la oferta existente y la información recolectada de cada solución junto con un complemento de fuentes externas sobre el tipo de oferta para presentar una visión más completa del mercado.

RESULTADOS

Se investigaron sesenta soluciones existentes en los mercados nacional e internacional, seleccionadas de manera aleatoria, y se hizo una comparación sobre los tipos de oferta para evidenciar las ventajas y desventajas de cada uno, con miras a determinar el desarrollo de las habilidades blandas. A continuación, se presentan los resultados.

En la figura siguiente se evidencia que la oferta para el desarrollo de habilidades blandas se encuentra concentrada en su mayoría en modalidad virtual, teniendo un total del 68 % de las soluciones; de este porcentaje, el 23 % se desarrolla de forma presencial y un 9 % se desarrolla bajo una modalidad mixta, mediante el modelo de alternancia. Del análisis de las soluciones se encontró que la mayoría de los diplomados, cursos, capacitaciones, aplicaciones y talleres se imparten virtualmente, ya que esto facilita el acceso a la educación (figura 1).

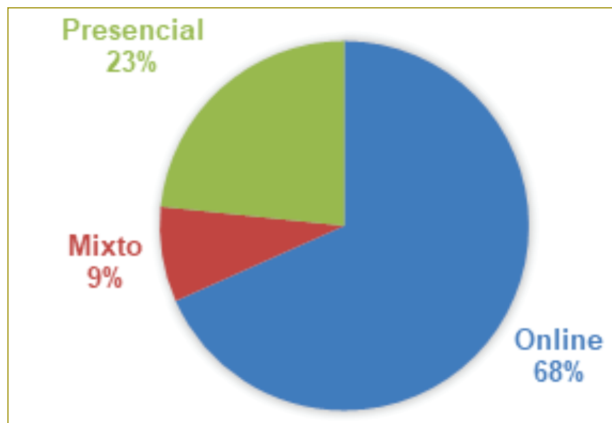


Figura 1. Modalidades de prestación de servicios.

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto al público objetivo, se evidencia que la oferta de estas soluciones está concentrada en el público en general, el cual contempla profesionales, directivos, empleados y corporaciones que buscan entrenar a sus colaboradores en aquellas competencias que se requieren para adaptarse al mercado. También se encuentra un público objetivo que no es muy significativo en términos

de número, que consta de los niños y jóvenes, en quienes se busca desarrollar habilidades en etapas tempranas, antes de hacer el tránsito al mercado laboral (figura 2).

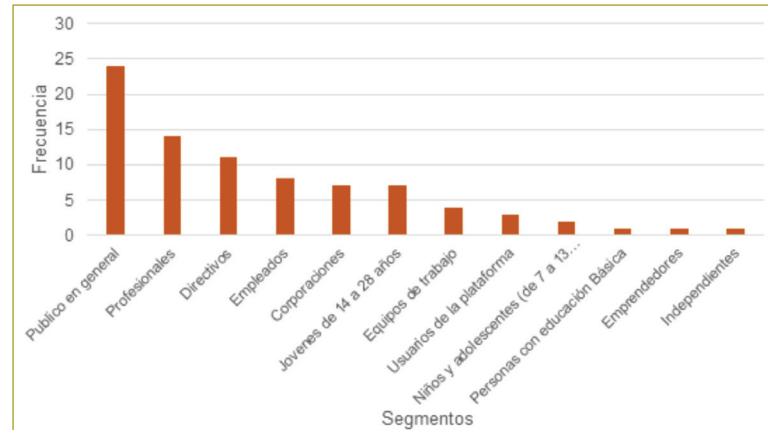


Figura 2. Público objetivo.

Fuente: Elaboración propia.

A partir de un estudio previo, realizado en la Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito (Díaz & Cabra, 2022), se identificaron las habilidades blandas más demandadas en el mundo, y con esta información se analizaron nueve habilidades, que se usaron de referencia para analizar la oferta. Esto dio como resultado que la comunicación, liderazgo y habilidades interpersonales son las que más están cubiertas por productos o servicios, y en contraste, se muestra una falencia en las habilidades de servicio al cliente e innovación, por lo cual puede llegar a ser una oportunidad para explotar en el mercado.

A renglón seguido se presentan las principales habilidades, identificadas en la oferta de soluciones (figura 3):

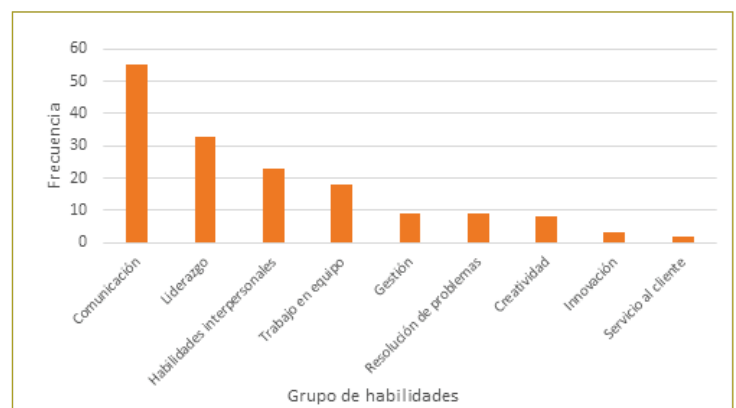


Figura 3. Principales habilidades cubiertas por soluciones en el mercado.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1
Habilidades según tipo de oferta

Habilidades	App	Capacitación	Certificación	Curso	Diplomado	Pasantía	Taller
Comunicación	6	1	1	14	2	1	1
Creatividad				1	2		
Gestión				1			
Habilidades intrapersonales					1		
Innovación		1			1		
Liderazgo	3	2		18	5		2
Resolución de problemas	1			1	1		
Servicio al cliente						1	
Trabajo en equipo	4	3		8	2		1
Total general	14	7	1	43	14	2	4

Fuente: Elaboración propia.

De igual manera, se analizaron las habilidades seleccionadas según tipo de oferta, las cuales se presentan seguidamente (tabla 1):

Se puede evidenciar que para las habilidades de comunicación, liderazgo y trabajo en equipo existe una oferta amplia según tipo, pero se concentra específicamente en curso; para el caso de habilidades interper-

sonales, gestión, resolución de problemas, creatividad, innovación y servicio al cliente, la oferta es más limitada y se concentra especialmente en diplomados, lo cual podría constituir una oportunidad del mercado.

A continuación, se presenta el análisis de las ventajas y desventajas de los tipos de ofertas encontradas para el desarrollo de habilidades blandas (tabla 2).

Tabla 2
Ventajas y desventajas de las soluciones analizadas

Tipo de oferta	Ventajas	Desventajas
App Programa informático, el cual permite a los usuarios realizar una o varias funciones en simultánea; generalmente, son diseñadas para dispositivos móviles (Gardner & Davis, 2014).	<ul style="list-style-type: none"> • Portabilidad del servicio, teniendo acceso a la solución en todo lugar. • Accesibilidad en múltiples plataformas. • No se requieren horarios para aprender, se puede acceder en cualquier momento. • Acceso a una gran variedad de contenido en un mismo lugar. • Fomenta la responsabilidad y el autoaprendizaje. • Conexión constante con el usuario mediante notificaciones. • Desarrollo a escala mundial. • Fácil nivel de desarrollo. • Posibilidad de interacción social entre sus usuarios. • Posibilidad de tener acceso a un algoritmo de inteligencia artificial que genere contenido personalizado, de acuerdo con el historial del usuario. • Fomenta la responsabilidad y el autoaprendizaje. • Posibilidad de agregar contenido constantemente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Altos costos de desarrollo y promoción. • Uso de servidores para tener la información en la nube. • Limitado al rendimiento de los dispositivos móviles. • Requiere conexión a internet para acceder a todo el contenido. • Diferentes lenguajes de programación para cada dispositivo • Altos tiempos de desarrollo. • Distribución limitada por el uso de tiendas en línea. • Requiere actualizaciones constantes de fallos y de contenido. •

Tipo de oferta	Ventajas	Desventajas
<p>Capacitación Proceso educativo a corto plazo, aplicado de manera sistemática y organizada, por medio del cual las personas adquieren conocimientos, desarrollan habilidades y competencias en función de objetivos definidos (Chiavenato, 2007).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicables en cortos periodos de tiempo. • Aplicación individual o en grandes grupos. • Mayor control de los recursos al realizar los trabajos. • Desarrollo directo a los empleados. • Altos niveles de desarrollo, de acuerdo con las soluciones existentes. • Desarrollo virtual o presencial. • Posibilidad del desarrollo personalizado de habilidades. • Accesibilidad a todo público, con posibilidad de dejarlo desarrollado a un público determinado. • Posibilidad de formar alianzas con las empresas. • Multiplicidad de metodologías para desarrollar las habilidades a ofertar. 	<ul style="list-style-type: none"> • Afectación de la productividad, en caso de que se desarrolle en horarios laborales. • Depende de los cronogramas de la empresa. • Incremento en los costos de la empresa.
<p>Certificación Culminación de un proceso de reconocimiento formal de las competencias de los trabajadores; implica la expedición, por parte de una institución autorizada, de una acreditación acerca de la competencia poseída por el trabajador. En muchas instituciones de formación la certificación se otorga como un reconocimiento a la culminación de un proceso de formación, basada en el tiempo de capacitación y práctica, así como en los contenidos evaluados (Centro Interamericano para el Desarrollo del Conocimiento, 2020).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Baja oferta en el mercado. • Reconocimiento por parte de un organismo acreditado. • El usuario puede cursar la certificación de manera independiente o por grupos de trabajo. • Desarrollo directo a los empleados de base tecnológica. • Desarrollo virtual o presencial. • Desarrollo a escala mundial. • Posibilidad de formar alianzas directamente con las empresas y de adaptar el tiempo de acuerdo con el usuario. • Posibilidad de desarrollarse específicamente a un público objetivo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Requieren intermediarios para otorgar el certificado. • Requieren una renovación. • Miden más la intención que los conocimientos, en algunos casos.
<p>Credencial digital “o insignias digitales son un reconocimiento en línea verificable de habilidades o conocimientos que se han adquirido. Estas representaciones digitales contienen información detallada que incluye quién la recibió, quién la emitió, los logros alcanzados y los criterios para expedirla” (Banco Interamericano de Desarrollo, 2022)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Baja oferta en el mercado. • Conexión de diferentes usuarios en una misma plataforma. • Certificación de competencia completamente digital y de fácil acceso. • Acceso en todo lugar. • Desarrollo a escala mundial. • Posibilidad de generar ingresos a los usuarios, ya que permite producir credenciales propias. • Posibilidad de desarrollarse en las empresas o entre grupos de trabajo. • Posibilidad de formar alianzas entre empresas para aumentar el desarrollo de los empleados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere un control de los usuarios que otorgan credenciales para verificar que los nuevos usuarios cumplan con los objetivos de la insignia.
<p>Curso Serie de clases o lecciones sobre un tema en particular, que finalizan con un examen o una certificación (Knowly, 2020).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo individual o grupal. • Información detallada de acuerdo con la habilidad que se va a desarrollar. • Desarrollo virtual o presencial. • Desarrollo a escala nacional e internacional. • Cortos periodos de duración. • Posibilidad de enlazarlo con otros cursos y de desarrollo para todo público. • Posibilidad de formar alianzas con otras empresas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere el seguimiento de los alumnos para generar autodisciplina y constancia. • No existe un desarrollo personalizado de los temas. • Depende de las organizaciones aplicar el conocimiento adquirido. • El usuario puede depender de los horarios en los que se imparten los cursos.

Tipo de oferta	Ventajas	Desventajas
Diplomado “Hacen parte de la oferta educativa informal, son cursos inferiores a 160 horas, que conducen a una constancia de asistencia, no se requiere autorización por parte de la Secretaría de Educación o del Ministerio de Educación, y los pueden ofrecer personas naturales o jurídicas públicas o privadas, que tengan en su misión institucional realizarlos” (MINEDUCACIÓN, 2023)	<ul style="list-style-type: none"> • Cursos con una certificación. • Posibilidad de desarrollo virtual mediante plataformas o de manera presencial. • Desarrollo de habilidades en una forma personalizada. • Alcance internacional. • Desarrollado por entidades reconocidas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de habilidades en un aspecto más amplio. • Requiere enlaces con otros diplomados para complementar la información. • Requiere el seguimiento de los alumnos para realizar un correcto desarrollo de habilidades.
Multioferta Para efectos de la investigación, la multioferta se refiere a soluciones que presentan diferentes formas de transmitir información, como videos, artículos, <i>podcast</i> e infografías.	<ul style="list-style-type: none"> • Agrupación de varias herramientas en una misma plataforma. • Posibilidad de desarrollar diferentes habilidades. • Desarrollo al ritmo de cada usuario. • Desarrollo completamente virtual. • Enfocado en todo el público. • Posibilidad de actualizar el contenido constantemente. • Posibilidad de acceso en cualquier momento. • Información clara y concisa, que permite adquirir conocimientos de una manera rápida. 	<ul style="list-style-type: none"> • Seguimiento de los alumnos para hacer un correcto desarrollo de habilidades. • En algunos casos requiere el desarrollo personalizado de los temas.
Pasantía “Corresponde a una práctica estudiantil instituida como prerrequisito para la obtención de un título profesional, la cual constituye una materia más dentro de la carrera de que se trate y se regula por la normatividad que en materia de educación rija sobre el particular” (MEN, 2015).	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de habilidades blandas desde la universidad. • Conexión directa con las empresas. • Posibilidad de desarrollo internacional. • Periodo de desarrollo en seis meses. • Posibilidad de seguir contactando a los usuarios después de terminado el programa. • Desarrollo personal y profesional de los usuarios. • Posibilidad de apoyo constante entre los mismos usuarios. 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere tener alianzas con las empresas. • Bajos salarios en los usuarios. • Falta de una oportunidad laboral una vez finalizada la pasantía. • Gestión del tiempo y recursos por parte de quienes ejercen el rol de tutores. • Carga excesiva de trabajo.
Taller Unidades productivas de conocimiento, en las cuales se busca transferir el conocimiento y transformarlo a partir de una realidad (Maya, 2017).	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo en cortos periodos de tiempo. • Enfocado para todo público. • Poca oferta en el mercado. • Posibilidad de tener clases en vivo para una experiencia más personalizada. • Posibilidad de desarrollo individual o grupal. 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere de enlaces con otro tipo de ofertas o talleres para lograr un desarrollo más integral. • Al realizarse en cortos periodos de tiempo la información puede no ser completa. • El usuario depende de los horarios en los que se ofrecen los talleres.

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, de acuerdo con los hallazgos encontrados se evidencia que existe una amplia oferta para el desarrollo de habilidades blandas en los públicos objetivos, y se tiene la posibilidad de enlazar varios tipos de ofertas para obtener un desarrollo completo de habilidades. A su vez, cada uno de los usuarios puede escoger el tiempo de desarrollo de las habilidades, dependiendo de la oferta encontrada, puesto que tienen la posibilidad de desarrollarse en periodos de corta, mediana y larga du-

ración, con diversos tipos de modalidades para facilitar el acceso a la información y desarrollar las habilidades, dependiendo del gusto de los usuarios.

CONCLUSIONES

Se concluye que la modalidad virtual es una forma de desarrollar habilidades blandas, en la que el usuario realiza actividades que le permiten afianzar habilidades,

como el trabajo en equipo, comunicarse con los demás, liderar o emprender.

Actualmente, el desarrollo de habilidades blandas se ha convertido en un tema cada vez más interesante tanto para las instituciones educativas como para las empresas, debido a que con la cuarta revolución industrial se exige que los actuales y futuros empleados tengan, además de las habilidades duras, aquellas habilidades que le permitan relacionarse con su entorno, liderar equipos de trabajo o resolver problemas; en otras palabras, se requieren profesionales capacitados para afrontar el futuro.

Las habilidades blandas se pueden desarrollar en distintas modalidades y diferentes tipos de ofertas, cada una con su respectiva duración; incluso algunas de ellas se pueden adaptar a los horarios que tengan los usuarios. Se puede evidenciar que para las habilidades de comunicación, liderazgo y trabajo en equipo existe una oferta amplia según tipo, pero se concentra específicamente en curso; para el caso de habilidades interpersonales, gestión, resolución de problemas, creatividad, innovación y servicio al cliente, la oferta es más limitada y se concentra especialmente en diplomados, lo cual podría constituir una oportunidad del mercado.

La oferta de pasantía tiene la facilidad de desarrollar las habilidades blandas en los estudiantes antes de ser profesionales, permitiéndoles implementar los conocimientos adquiridos en la academia en problemas reales en el mercado laboral, complementando sus habilidades duras y desarrollando habilidades blandas para formar profesionales más competentes en el mercado laboral.

No existe una oferta que sea completa, ya que todas tienen sus debilidades, pero aun así las fortalezas son mayores, lo que permite desarrollar las habilidades blandas conjugando la educación formal e informal, así como presencial y virtual, ofreciendo posibilidades de acceder en cualquier momento a una gran variedad de segmentos, entre estos las corporaciones; de este modo, se solventa el problema de la actual deficiencia de habilidades blandas en los empleados, logrando que las empresas puedan ser más competitivas a partir de la llegada de nuevas tecnologías.

REFERENCIAS

Achury Restrepo, L. P. (2020). *La formación en habilidades blandas en el campo de la administración de empresas: estudio de caso en la Universidad Agustiniana*. Trabajo para optar al título

de especialista en Pedagogía, Universidad Agustiniana, Facultad de Humanidades, Ciencias Sociales y Educación. Bogotá, D.C. Recuperado en noviembre de 2022 de <https://repositorio.uniagustiniana.edu.co/bitstream/handle/123456789/1354/AchuryRestrepo-LuzPatricia-2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Alarcón Yauri, A. C., & Palacios Garay, J. P. (2020). *Programa de capacitación virtual "Pachikuy" para mejorar las habilidades blandas del colaborador en Mibanco*. Universidad César Vallejo, Desarrollo de Habilidades Gerenciales, Lima. Recuperado en noviembre de 2022 de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/48440/Alarc%C3%B3n_YAC-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Arce Rivera, G., Benavides Vargas, A., Delgado Calvo, J., Loria Ramírez, V., & Montero Ulloa, D. (2020). *Capacitación para docentes de especialidades técnicas industriales del Covao diurno en la enseñanza de habilidades blandas mediante herramientas virtuales* (tomo I). Trabajo de graduación para optar al grado de licenciatura en Educación Técnica y Formación Profesional, Cartago. Recuperado en noviembre de 2022 de https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/12408/TFG_Tomos_I_y_II_Capacitacion_para_docentes....pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Banco Interamericano de Desarrollo (2022). <https://cursos.iadb.org/es/indes/credenciales-digitales>. Obtenido de <https://cursos.iadb.org/es/indes/credenciales-digitales>: <https://cursos.iadb.org/es/indes/credenciales-digitales>.

Bernal, C. A. (2010). *Metodología de la investigación*. Bogotá: Pearson.

Cáceres Francia, E., Peña Espino, P., & Ramos Villarreal, L. (2018). *Las habilidades blandas y el desempeño laboral: un estudio exploratorio del impacto del aprendizaje formal e informal y la inteligencia emocional en el desempeño laboral de colaboradoras de dos empresas prestadoras de servicios en el Perú*. Trabajo de investigación presentado para optar al grado académico de magíster en Dirección de Personas, Universidad del Pacífico, Escuela de Posgrado. Recuperado en septiembre de 2022 de https://repositorio.up.edu.pe/bitstream/handle/11354/2495/Ernesto_Tesis_maestria_2019.pdf?sequence=1.

Cassab Martínez, P. M., & Mayorca Beltrán, D. Y. (2018). Habilidades gerenciales en mujeres comerciantes cabeza de hogar y economía familiar. *Revista EAN* (84), 153-166. doi:<https://doi.org/10.21158/01208160.n84.2018.1922>.

Centro Interamericano para el Desarrollo del Conocimiento (2020). *Competencias laborales*. Organización Internacional del Trabajo. Recuperado el 21 de abril de 2021 de http://cmap.upb.edu.co/rid=1133967433770_979963846_282/.

Chiavenato, I. (2007). *Administración de recursos humanos* (8.ª ed.). Bogotá: McGraw Hill Internacional. Recuperado el 18 de febrero de 2021.

Cruz Caballero, B. A., Reiner Hernández, L., Orozco Muñoz, C., & González Delgado, Y. (2018, julio-septiembre). Habilidades comunicativas desde el primer año de la carrera de Medicina: una necesidad, una exigencia. *Educentro*, 10(3), 194-214. Recuperado en septiembre de 2022 de <http://scielo.sld.cu/pdf/edu/v10n3/edu13318.pdf>.

Díaz, M., & Cabra, D. (2022). Habilidades blandas que revolucionan el sector tecnológico. *Revista de Tecnología*.

García Romero, J. N., & Mendoza Alva, C. E. (2021). *La robótica educativa como recurso tecnológico para desarrollar habilidades blandas en los estudiantes de educación básica regular: revisión sistemática*. Tesis para obtener el grado académico de doctora en Educación, Universidad César Vallejo, Innovaciones Pedagógicas, Trujillo. Recuperado en noviembre de 2022 de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/56438/Garcia_RJN-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

- Gardner, H., & Davis, K. (2014). La generación *app*. En H. Gardner & K. Davis, *La generación app: cómo los jóvenes gestionan su identidad* (M. Asensio, trad., p. 20). Barcelona: Paidós. Recuperado el 11 de febrero de 2021 de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/49323403/LA_GENERACION_APP.pdf?1475519174=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DLA_GENERACION_APP.pdf&Expires=1613058550&Signature=M-DnkYzhNmj0-BflvZoGzrn-GKfDwBqBoZy12Rj3P4BS5hxwNo5VB31pgBnc-gjtTifG6C1to.
- Gómez Álvarez, M. C., Manrique-Losada, B., & Gasca-Hurtado, G. P. (2015, enero-junio). Propuesta de evaluación de habilidades blandas en ingeniería de *software* por medio de proyectos universidad-empresa. *Revista Educación en Ingeniería*, 10(19), 131-140. Recuperado en septiembre de 2022.
- Gómez Gamero, M. E. (2019). Las habilidades blandas: competencias para el nuevo milenio. *Divulgar. Boletín Científico de la Escuela Superior de Actopan* (11). Recuperado en noviembre de 2022 de <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/divulgar/article/view/3760/5951>.
- Gómez Valencia, A. (2020, 20 de septiembre). *Estas son las habilidades blandas que hacen más atractivo a un profesional*. Recuperado en agosto de 2022 de Eafit Noticias: <https://www.eafit.edu.co/noticias/agenciadenoticias/2020/Estas-son-las-habilidades-blandas-que-hacen-mas-atractivo-a-un-profesional?elqTrackId=434695c9943942ab88ca67a4376668e3&elq=39bc2baf939840f9826272faa27034d4&elqaid=13117&elqat=1&elqCampaignId=12708>.
- González Holguín, V., Ferreira Tavera, J., & Barranco López, A. (2018). Desarrollo de habilidades blandas y el uso del Sistema de Gestión del Aprendizaje en la elaboración de proyectos prácticos en una asignatura introductoria de Ingeniería Telemática. *Cuaderno de Pedagogía Universitaria* (29), 44-53. Recuperado en noviembre de 2022 de <https://cuaderno.pucmm.edu.do/index.php/cuadernodepedagogia/article/view/299/276>.
- Guerra Báez, S. P. (2019). Una revisión panorámica al entrenamiento de las habilidades blandas en estudiantes universitarios. *Psicología Escolar y Educacional*, 23. Recuperado en noviembre de 2022 de <https://www.scielo.br/pdf/pee/v23/2175-3539-pee-23-e186464.pdf>.
- Hernández, C. M., & De la Rosa, C. M. (2017). Habilidades comunicativas en estudiantes de carreras de apoyo frente a estudiantes de otras carreras. *Apuntes de Psicología*, 35(2), 93-104. Recuperado en septiembre de 2022 de <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/85227/663-1493-1-SM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Knowly (2022, 8 de julio). *EasyLMS*. Recuperado el 11 de febrero de 2021 de <https://www.easy-lms.com/es/centro-de-conocimiento/cursos/que-es-un-curso-online/item12708>.
- Leyva Carreras, A. B., Alcántara Castelo, J. R., Espejel Blanco, J. E., & Coronado García, M. A. (2019). Formación del perfil emprendedor en educación superior en la Universidad de Sonora, México. *Revista Escuela de Administración de Negocios*(86), 115-132. doi:<https://doi.org/10.21158/01208160.n86.2019.2293>.
- Madriz Granados, D., & Serrano Calderón, A. (2019). *Plan de capacitación de habilidades blandas para mejorar la inserción laboral de la especialidad de Informática en Desarrollo de Software del Colegio Técnico Profesional Mario Quirós Sasso*. Tesis de graduación para optar por el título de Licenciado en Educación Técnica con el grado académico de Licenciatura, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Educación Técnica, Cartago. Recuperado en noviembre de 2022 de https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/11197/plan_capacitacion_habilidades_blandas.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Martínez, D., & Arévalo, V. (2019). *Capacitación y desarrollo de habilidades blandas en ingeniería de software a nivel industrial y en educación superior*. Universidad ORT, Uruguay, Facultad de Ingeniería, Montevideo. Recuperado en agosto de 2022 de <https://dspace.ort.edu.uy/bitstream/handle/20.500.11968/4077/Material%20completo.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>.
- Maya, A. (2017, 3 de octubre). *Magisterio.com.co*. Obtenido de ¿Qué significa hacer un taller?: <https://www.magisterio.com.co/articulo/que-significa-hacer-un-taller>.
- MEN (2015, septiembre). *Ministerio de Educación Nacional*. Recuperado en enero de 2023 de Prácticas: pasantías y contratos de aprendizaje: https://www.mineducacion.gov.co/1780/articles-354776_archivo_pdf_Consulta.pdf.
- Ministerio de Educación (2023). https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-355413_recurso_pdf_FAQ.pdf. Obtenido de https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-355413_recurso_pdf_FAQ.pdf: https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-355413_recurso_pdf_FAQ.pdf.
- Mora Vicarioli, F., & Arce Solano, J. (2020). El *e-learning* como potenciador de las habilidades blandas en la enseñanza de las ciencias de la administración: el caso de la Universidad Estatal a Distancia (UNED) de Costa Rica. *Revista Ensayos Pedagógicos*, 15(2), 20. Recuperado en noviembre de 2022 de <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/ensayospedagogicos/article/view/14723/20406>.
- Neri Torres, J. C., & Hernández Herrera, C. A. (2019). Los jóvenes universitarios de ingeniería y su percepción sobre las competencias blandas. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 9(18). doi:10.23913/ride.v9i18.445.
- Open Badges (2021). *Issue*. Recuperado el 19 de enero de 2021 de <https://openbadges.org/Issue>.
- Ortega Goodspeed, T. (2016, 28 de febrero). *Desenredando la conversación sobre habilidades blandas*. Banco de Desarrollo de América Latina. El diálogo, liderazgo para las Américas. Recuperado en octubre de 2022 de <http://repositorio.minedu.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12799/4844/Desenredando%20la%20conversacion%20sobre%20habilidades%20blandas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Ortega Goodspeed, T. (2016). *Desenredando la conversación sobre habilidades blandas*. Banco de Desarrollo de América Latina. Washington, D.C.: El diálogo, liderazgo para las Américas. Recuperado en septiembre de 2022 de <http://repositorio.minedu.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12799/4844/Desenredando%20la%20conversacion%20sobre%20habilidades%20blandas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Ortega Santos, C., Febles Rodríguez, J., & Estrada Senti, V. (2016). Una estrategia para la formación de competencias blandas desde edades tempranas. *Revista Cubana de Educación Superior*, 35(2), 35-41. Recuperado en agosto de 2022 de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0257-43142016000200003.
- Plaza Arias, J. L., & Constain, G. (2021). Experiencia de diseño de aplicaciones móviles basada en estrategias de gamificación para el fortalecimiento de habilidades cognitivas. *Interacción. Revista digital de AIPO*, 2(1), 8. Recuperado en noviembre de 2022 de <http://revista.aipo.es/index.php/INTERACCION/article/view/31/43>.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) & Departamento para la Prosperidad Social (DPS) (2020).
- Rodríguez Brenes, K. R., & Rodríguez Alpizar, S. (2019). Podcast y códigos QR en el aprendizaje del idioma inglés, maximizado con habilidades blandas. *Revista Académica Arje*, 2(2), 8. Recuperado en octubre de 2022 de <https://revistas.utn.ac.cr/index.php/arje/article/view/209/155>.
- Vera Millalén, F. (2016, agosto). Infusión de habilidades blandas en el currículo de la educación superior: clave para el desarrollo

de capital humano avanzado. *Revista Akadèmeia*, 7(1), 53-73. Recuperado en agosto de 2022 de <http://190.98.240.13/index.php/rakad/article/view/137/129#>.

Vidal, E., Gacitúa, R., & Dieguez, M. (2020). *Desarrollo de habilidades blandas en etapas tempranas en la formación de ingenieros de software*. Lousada: Risti. Recuperado en septiembre de 2022 de <https://search.proquest.com/openview/8a793cf044392188c0a2a5ee3d865964/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1006393>.

Zepeda Hurtado, M. E., Cardoso Espinosa, E. O., & Cortés Ruiz, J. A. (2019). El aprendizaje orientado en proyectos para el desarrollo de habilidades blandas en el nivel medio superior del IPN. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo* (10). Recuperado en noviembre de 2022 de <http://www.scielo.org.mx/pdf/ride/v10n19/2007-7467-ride-10-19-e019.pdf>.

REVISTA DE LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA

Alcance y política

El objetivo de la *Revista de la Escuela Colombiana de Ingeniería* es difundir artículos técnicos que contribuyan al desarrollo del país a través de una publicación con alta calidad editorial y rigor científico.

La revista acepta prioritariamente los siguientes tipos de trabajos, que le permiten mantener su categorización:

1. **Artículo de investigación científica y tecnológica.** Documento que presenta, de manera detallada, los resultados originales de proyectos de investigación. La estructura generalmente utilizada contiene cuatro apartes importantes: introducción, metodología, resultados y conclusiones.
2. **Artículo de reflexión.** Documento que presenta resultados de investigación desde una perspectiva analítica, interpretativa o crítica del autor, sobre un tema específico, recurriendo a fuentes originales.
3. **Artículo de revisión.** Documento producto de una investigación donde se analizan, sistematizan e integran los resultados de investigaciones publicadas o no publicadas, sobre un campo en ciencia o tecnología, con el fin de dar cuenta de los avances y las tendencias de desarrollo. Se caracteriza por presentar una cuidadosa revisión bibliográfica.

También admite artículos de las siguientes tipologías:

4. **Artículo corto.** Documento breve que presenta resultados originales preliminares o parciales de una investigación científica o tecnológica, que por lo general requieren una pronta difusión.
5. **Reporte de caso.** Documento que presenta los resultados de un estudio sobre una situación particular, con el fin de dar a conocer las experiencias técnicas y metodológicas consideradas en un caso específico.
6. **Revisión de tema.** Documento resultado de la revisión crítica de la bibliografía sobre un tema en particular.

Cabe destacar que se privilegian para la revista los tipos de artículos de los numerales 1, 2 y 3.

La revista circula trimestralmente y recibe sólo artículos inéditos. Los trabajos recibidos se someten al concepto de pares académicos y del Consejo Editorial.

Requisitos para la publicación de artículos

Los artículos presentados a la revista deben remitirse por correo electrónico a revista@escuelaing.edu.co, adjuntando los siguientes formatos debidamente diligenciados: autor.doc, clasificación.doc y tipo.doc, cuyos archivos se pueden descargar de <http://www.escuelaing.edu.co/revista.htm>. En este mismo sitio está disponible la plantilla guía que contiene la estructura determinada por la revista para los artículos.

Scope and policy

Revista de la Escuela Colombiana de Ingeniería disseminates technology articles helping to our country development. It emphasises on its high quality print and its scientific rigour. Articles submitted for publication shall be classified into one of the following categories— which allow it keeps its indexation:

1. **Scientific and technological research article.** These documents offer a detailed description about the original findings of research projects. In general, the usually used structure contains four important sections: introduction, methodology, results and conclusions.
2. **Reflection article.** These documents present the results of a research project on a specific, interpretative, or critical view by the author about a particular topic by using original sources.
3. **Review.** A document resulting from a finished research, where the published and/or unpublished findings of investigation in a particular field of science or technology are analysed, systematised and integrated to report the progress and the development tendencies. These documents include a careful bibliographic review.

Revista de la Escuela Colombiana de Ingeniería also accepts the following types of articles:

4. **Short article.** A brief text presenting the original, preliminary and/or partial results of a scientific or technological study, which normally need to be disseminated as quickly as possible.
5. **Case report.** A document that presents the results of a study on a specific situation in order to report the technical and methodological experiences considered in a particular case.
6. **Thematic review.** These documents are the product of a critical review of literature on a particular topic.

Our revista privilege articles as the highlight ones in numbers 1, 2 and 3.

Revista de la Escuela Colombiana de Ingeniería is a quarterly publication that only accepts unpublished articles. The revista submits all the papers to the verdict of two academic peers, who evaluate the article.

Ruling for publication

The article must be sent by e-mail to revista@escuelaing.edu.co with 3 files attached: Author.doc, Classification.doc and Type.doc available in <http://www.escuelaing.edu.co/revista.htm>. There is also a template guide for the structure of the article (template guide.doc).

