

- **Diseño de un plan agregado en Python para la transformación del acero.**
- **Diseño e implementación de solución de deep learning sobre un sistema embebido para la selección automática de mango Tommy.**
- **Estrategias de gestión del conocimiento en instituciones de educación superior para la educación continuada.**
- **El concepto de probabilidad de un evento en estudiantes de la universidad. La ausencia de un enfoque frecuencial y diversas heurísticas observadas.**
- **Aprendiendo desde la práctica: importancia de las visitas técnicas en la formación de ingenieros.**
- **The usefull life cycle mobile phones.**
- **Ni arte, ni ciencia / Ni libertad, ni orden.**



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.: (57-1) 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

La universidad en la pospandemia

Patricia Salazar Perdomo

7-22

Diseño de un plan agregado en Python para la transformación del acero

Natalia Camacho Franco - Andrés Felipe Santos Hernández

El acero en Colombia se ha convertido en una de las variables de alta correlación con la competitividad y el desarrollo del país, ya que es un commodity básico para la elaboración de varios productos. En el último año, el sector tuvo un crecimiento negativo, acompañado de coyunturas internacionales, alta inflación, una inestabilidad cambiaria y la incertidumbre que genera el actual gobierno.

23-29

Diseño e implementación de solución de deep learning sobre un sistema embebido, para la selección automática de mango Tommy

Juan Sebastián Villota Cáceres - Javier Alberto Chaparro Preciado

Este artículo tiene como finalidad la formulación del estado del arte y el procedimiento del proyecto de la maestría de Ingeniería Electrónica, en el que se propone desarrollar un sistema de detección de enfermedades en el mango Tommy utilizando deep learning. El objetivo principal es crear un modelo de clasificación que pueda distinguir entre frutas sanas y aquellas que presentan enfermedades. Se busca comparar el desempeño de este modelo con los métodos tradicionales utilizados en Colombia para la selección y clasificación de mangos.

31-40

Estrategias de gestión del conocimiento en instituciones de educación superior para la educación continuada

Marién Eliana Guayan Cita - Martha Edith Rolón Ramírez

Las dinámicas de la sociedad actual, enmarcadas en entornos cambiantes, globalizados, acelerados y con la combinación de mundos físicos, biológicos y digitales, han puesto a prueba a las organizaciones de todos los sectores económicos, demandando productos, servicios y soluciones innovadoras que respondan a las necesidades particulares de los individuos. Esta tendencia se hace evidente en nuevos esquemas de organizaciones, gestadas en conocimiento y modelos de negocios escalables y de rápido crecimiento.

41-53

El concepto de probabilidad de un evento en estudiantes de la universidad. La ausencia de un enfoque frecuencial y diversas heurísticas observadas

Yesid Esteban Clavijo Penagos

En este escrito se presenta una investigación cuyo primer objetivo fue establecer la forma en que estudiantes de Ingeniería de la Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito conciben el concepto de probabilidad antes de comenzar el curso “Probabilidad y estadística” (PRYE), y en particular, indagar acerca de la presencia o no del enfoque frecuencial del concepto; el segundo objetivo fue descubrir las heurísticas empleadas por dichos estudiantes al responder a preguntas de naturaleza aleatoria.

55-61

Aprendiendo desde la práctica: importancia de las visitas técnicas en la formación de ingenieros

Hernán Paz Penagos - Esteban Morales Mabecha - Dilan Eduardo Torres Rodríguez

En este artículo se analiza la importancia de las visitas técnicas como estrategia pedagógica para desarrollar habilidades profesionales en estudiantes, ya que son una herramienta didáctica valiosa en la formación de ingenieros, porque da a los estudiantes la oportunidad de ampliar el conocimiento sobre el entorno real de la aplicación de la teoría, así como de complementar los conceptos adquiridos en el aula.

63-66

The useful life cycle of mobile phones

Laura Daniela Suárez Gómez - Yuly Andrea Sánchez Londoño

Este documento se basa en la evaluación del ciclo de vida de los dispositivos tecnológicos, teniendo en cuenta factores como el uso de materias primas extraídas de la tierra, los procesos de fabricación, el impacto que tiene en el medioambiente si se deposita en un vertedero, el tiempo en que se puede degradar, los daños que podría causar o, si se recicla, qué partes son útiles y qué ocurre con el resto.

67-71

Ni arte, ni ciencia / Ni libertad, ni orden

Felipe Rodríguez Gómez

La relación entre arte y ciencia más reconocida para la mayoría de las personas que no se especializan en ninguna de las dos siempre ha sido estrictamente técnica. Es posible que esta mirada exclusivamente técnica, más fácil de comprender, haya relegado a las sombras el carácter múltiple de ambas disciplinas, limitando en el caso del arte la posibilidad de autonomía que este delega en sus espectadores, y en el caso de la ciencia, construyendo una distancia cada vez más amplia entre sus impactos y aplicaciones y la participación crítica de la gente.

73 / ALCANCE Y POLÍTICAS

Editorial

La universidad en la pospandemia

PATRICIA SALAZAR PERDOMO

Profesora titular de la Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería.

patricia.salazar@escuelaing.edu.co

Después de la pandemia del año 2020, el panorama cambió. De pronto no seamos mejores personas, como se alcanzó a avizorar en casi dos años de aislamiento hasta de nuestros seres queridos, lo que resulta desafortunado, pero es innegable el enorme salto que se dio en cuanto a la modalidad virtual o remota en muchos aspectos de la vida. Gracias a las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), que se volvieron de uso masivo no solo en el sector de la educación, pudimos seguir “viviendo”.

Las dudas sobre lo que no fuera presencial se empezaron a diluir, tanto que hoy es urgente que las universidades tengan oferta virtual y también híbrida. Esas modalidades requieren inversión en preparación de los profesores e infraestructura, como mínimo, y serán parte de las universidades en la medida en que sus directivos se ilustren en esos temas para que puedan tomar decisiones y comprender hacia dónde y cómo se deben proyectar, dándoles a las TIC su lugar, sin cifrar todo en ellas.

La modalidad es solamente un aspecto al que hay que ponerle atención. Por ejemplo, el número de estudiantes nuevos para programas de educación superior universitaria ha venido disminuyendo año tras año, sobre todo después de la pandemia. Sin embargo, no creo que esa baja se mantenga. Muchos jóvenes han cambiado los estudios universitarios por opciones que les resultan atractivas en el futuro inmediato, con promesas de capacitación rápida y específica. Muy

posiblemente, las consecuencias se vean a mediano y largo plazo. La formación universitaria permite que los profesionales se mantengan vigentes, siempre y cuando se actualicen continuamente para responder a nuevos requerimientos y retos.

También es cierto que hay universidades que se han quedado en el siglo XX, anquilosadas, incluso poniendo en riesgo el prestigio que han cultivado, a pesar de que ya no están en un pedestal y de que, para que su autonomía sea efectiva, se deben relacionar y establecer alianzas con otras universidades del país y del resto del mundo, así como con empresas de los sectores público y privado.

Los encargados de timonearlas, apegados quizás a la formación de hace seis o siete décadas, a planes de estudios que parece que estuvieran esculpidos en piedra, en buena parte porque realmente los cambios son menores, que responden a las crisis con restricciones severas al gasto y a la inversión, no son los líderes que evitarán que estas instituciones académicas naufraguen.

Se requieren visión, administración ágil y eficiente, trabajo mancomunado entre directivos universitarios y profesores para seguir siendo buenas opciones para la sociedad. ¿Y los estudiantes? Los profesores los involucrarán en lo que corresponda. Cada profesor tiene experiencias propias que, si se conocen, se aprecian y se saben canalizar, contribuirán a redefinir los diferenciadores institucionales y redundarán en beneficio del avance permanente que deben tener las universidades.

Diseño de un plan agregado en Python para la transformación del acero

Design of an aggregated plan in Python for the transformation of Steel

NATALIA CAMACHO FRANCO¹ - ANDRÉS FELIPE SANTOS HERNÁNDEZ²

1. Ingeniera industrial de la Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería.

2. Profesor del Centro de Estudios de Gestión y Optimización de Operaciones de la Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

natalia.camacho@mail.escuelaing.edu.co - andres.santos@escuelaing.edu.co

Recibido: 10/12/2022 Aceptado: 20/01/2023

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

Resumen

El acero en Colombia se ha convertido en una de las variables de alta correlación con la competitividad y el desarrollo del país, ya que es un *commodity* básico para la elaboración de varios productos. En el último año, el sector tuvo un crecimiento negativo, acompañado de coyunturas internacionales, alta inflación, una inestabilidad cambiaria y la incertidumbre que genera el actual gobierno.

De cara a este escenario, las organizaciones que forman parte de este gremio han trabajado en algunas tácticas y estrategias para lograr ventajas competitivas. Sin embargo, los verdaderos ahorros en la operación se dan antes de iniciarla; es decir, en la planeación de operaciones en las cadenas de suministro. Dado que es un tema esencial para el Grupo de Investigación en Gestión y Optimización de Centro de Investigación en Manufactura y Servicios Cimser), el semillero diseñó un modelo de planeación agregada en Python para la elaboración del alambre de púas x 36 kg.

Este modelo les brindará a las compañías una reducción importante en costos indirectos, lo que les ayudará en lograr una mejor ventaja competitiva frente a las importaciones de este material.

Abstract

Steel in Colombia has become one of the highly correlated variables with the country's competitiveness and development, as it is a basic commodity to produce various products. In the last year, the sector experienced negative growth, accompanied by international circumstances, high inflation, exchange rate instability, and uncertainty generated by the current government.

Faced with this scenario, organizations within this industry have worked on tactics and strategies to achieve competitive advantages. However, true savings in operations occur before they even begin; that is, in the planning of supply chain operations. Addressing this essential issue, the Cimser research group (Manufacturing and Services Research Center) developed a Python-based aggregate planning model to produce 36 kg barbed wire.

This model will provide companies with significant reductions in indirect costs, helping them gain a better competitive advantage against imports of this material.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo industrial en Colombia se ha logrado percibir a partir de los años cincuenta. Al ser una industria de tipo divergente, el acero se ha convertido en una de las fuentes más importantes para el desarrollo del país, dada su versatilidad en diversas aplicaciones en sectores como el de la construcción, la industria, el comercio y el agrícola.

El nacimiento de los primeros procesos siderúrgicos de manera artesanal se da en las primeras minas de hierro; 1830 en Pacho (Cundinamarca), 1850 en Samacá (Boyacá), 1865 en Amagá (Antioquia). Estos procesos artesanales se llevaron a cabo en herrerías, talleres donde el mineral de hierro era reducido a un metal denominado fierro (Universidad del Valle, 2017; Banco de la República, 2017).

A finales de los años treinta se logra tecnificar esta práctica con la fundación de la Siderúrgica de Medellín (Simesa), la primera de su tipo en Colombia, seguida por la Siderúrgica del Muña (Sidemuña). En 1948, con el apoyo del gobierno de Mariano Ospina Pérez, se construyó la primera planta, con un alto horno y un horno de laminado, denominada Paz del Río, lo que facilitó el proceso y, por tanto, la producción a gran escala del acero en Colombia. Esta tecnología logró desencadenar un mayor conocimiento en el procesamiento del acero, lo que generó el nacimiento de nuevas industrias, como Siderúrgica de Boyacá y Aceros Ramson en los años sesenta, Heliacero, Laminados Andinos, Aceros Diaco y Distriaceros en los setenta, Trefilados de Caldas, Siderúrgica Nacional y Siderúrgica del Occidente en los ochenta, Hornasa y Siderúrgica de Caldas en los 90's, Grupo Diaco, Gerdau Diaco, Votorantim y Ternium en la década de los dos mil. Posteriormente se conforma el grupo Sidoc, inicia actividades Mallas Tocancipá y Ternium termina por comprar a Ferrasa (ANDI, 2018).

En la industria del acero, existen dos grupos principales de materias primas: metal en barra y aceros planos.

El abastecimiento de las barras en el país se ha caracterizado por contar con una maduración y un crecimiento sólido, soportado por grandes empresas que sostienen la oferta de acero, como Acerías Paz del Río, Gerdau Diaco, Grupo Siderúrgico Reyna, Sidoc y Ternium, los cuales forman parte del Comité Colombiano de Productores de Acero de la ANDI (Asociación Nacional de Empresarios de Colombia). Este frente en la oferta de acero trae tranquilidad al abastecimiento

de dicho material en el país, ya que omite la volatilidad de las situaciones internacionales que afecta a otros países, según María Juliana Ospina, directora ejecutiva del Comité de Acero de la ANDI (*Portafolio*, 2021; *Semana*, 2022).

Frente a los aceros planos, el país depende en un 100 % de las importaciones; de acuerdo con la DIAN, las importaciones de acero provienen especialmente de China, Brasil, India, México y Corea del Sur. Esta dependencia ha generado algunas restricciones en el abastecimiento para el sector metalmeccánico, subsector del acero que está lidiando con la volatilidad de las situaciones internacionales; un tema pospandemia, el conflicto entre Ucrania y Rusia, así como la inflación, la incertidumbre cambiaria y los movimientos políticos del país, han ocasionado que, además de la escasez de este material, se incrementen los precios, de acuerdo con lo afirmado por Juan Manuel Lesmes, director de la Cámara Fedemetal de la ANDI (*Portafolio*, 2021)

Con la puesta en marcha de la reactivación acelerada, el mundo no tiene el acero que requiere y China no está exportando todo lo que se requiere; además, los precios subieron de menos de 400 dólares la tonelada hasta los 900, e incluso 1200 dólares. Si bien esto no es nuevo y Colombia ya lo había vivido en 2008, deja un panorama incierto por todo el contexto actual.

Frente a este incremento de precios, no son indiferentes el aumento en el costo de la gasolina, los precios del crudo y el incremento en las tasas de la energía, lo que eleva los costos de operación. Esto opina al respecto Alejandro Wagner, director ejecutivo de Alacero (*Energía Hoy*, 2023; *Fierros*, 2023).

Las incertidumbres políticas también son posibles obstáculos que podrían interferir en la implementación de las reformas estructurales que necesita la región. En 2023, el nivel de atención aumenta en torno a las expectativas de un menor crecimiento global y condiciones financieras menos favorables.

Lamentablemente, el crecimiento en la producción nacional de acero crudo en el año 2022 con respecto al 2021 fue del -17 %. El mercado local sigue dependiendo en un 40 % de las importaciones, al menos para la construcción, por lo que los altos precios de este material no hacen nada competitivas a las constructoras, las cuales están esperando que el precio se estabilice y, por

ende, que no se incrementa; sin embargo, las coyunturas internacionales, la inflación, la inestabilidad cambiaria y la incertidumbre sobre el actual gobierno lo hacen complejo (Fierros, 2023).

En virtud de que este producto es un *commodity*, las empresas involucradas en esta cadena de suministro han tenido que lidiar con los precios internacionales, por lo que las organizaciones se preocupan y han trabajado lentamente en la reducción de los costos operativos, con el fin de mejorar sus oportunidades y, por tanto, su ubicación competitiva en el sector.

La transformación de aceros en barra sigue siendo algo artesanal en el país, por lo que hay importantes mejoras significativas al detectar los desperdicios y sobrecostos a lo largo del proceso de producción (Nave, 2002). No obstante, esta práctica no reduce significativamente los costos en comparación con una adecuada planeación en su cadena de suministro.

Tal lo dice Chopra (2008), un plan adecuado garantizará la focalización de los recursos a lo largo de la cadena para que se pueda manejar un mercado emergente, más aún si existen elevados *leads time to market*, portafolios de productos descontrolados, exceso de *stock*, bajo nivel de servicio, pérdida de ventas y clientes insatisfechos (Chase, 2009; Browsersox, 2007; Vásquez, 2010).

Gracias a la consolidación de varias multinacionales de la industria del acero en Colombia, como Votorantim, Gerdau Diaco, Techint y Ternium, se ha logrado una mejora tecnológica en los procesos y, por tanto, en el *know how* del sector. A esto ha ayudado también la exigencia de la competitividad, ya que el servicio al cliente y la atención al mercado exigen una ampliación en las inversiones de los sistemas de información y una adecuada planeación en la cadena de suministro (Munar, 2008).

Ante la necesidad de mejorar los niveles de servicio en la disponibilidad del producto, una adecuada planeación logra el equilibrio del inventario; una reducción en estos genera un aumento en el Retorno de la inversión (ROI), mientras que un aumento de estos reduce tal indicador, por lo cual es importante mantener un balance entre el servicio y el costo. Es decir, se desea mantener un buen nivel de inventario para poder responder al cliente, o sea, buen servicio, pero el costo asociado a mantener ese nivel de servicio sacrifica parte del capital de trabajo de la empresa (Chopra, 2013).

El Grupo de Investigación en Gestión y Optimización del Centro de Investigaciones en Manufactura

y servicios (Cimser), de la Decanatura de Ingeniería Industrial de la Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería, al identificar esta oportunidad, diseñó un modelo de planeación agregada en Python, mediante la aplicación de programación lineal, para una empresa ubicada en Bogotá (Colombia) que trabaja en la transformación del acero en productos de construcción, como varilla, mallas, clavos y picos.

Uno de los objetos del modelo es disminuir los costos de la planeación en la cadena de suministro del alambre de púas. El modelo pretende mejorar la efectividad y la productividad de los recursos. Esta representación de la realidad, mediante expresiones matemáticas lineales, puede dar a conocer con certeza los parámetros que el modelo propone para tomar decisiones, como número de empleados, cantidad de abastecimiento, productos en proceso, horas extras, niveles de inventario, en uno o más periodos de tiempo (Bohórquez Quiroga, Sarmiento Lepesqueur, & Jaimes Suárez, 2013).

PLAN AGREGADO

En un plan agregado se determinan los óptimos niveles de producción, inventario y capacidad para cada periodo del horizonte de planeación, logrando maximizar las utilidades de la operación para cada periodo (Chopra, 2013).

En la actualidad, muchas organizaciones han tenido problemas a la hora de sincronizar la oferta de sus productos con la demanda, logrando mejorar su capacidad de reacción sin tener un sobrecosto en altos niveles de inventario.

Hoy en día, existen varias metodologías para lograr desarrollar una planeación agregada, como alternativas comparativas, uso de reglas de decisión y modelos de programación lineal (Boiteux, 2007).

Aunque no son tan actuales, los modelos de programación son prácticos y de fácil aplicación en el sector real.

Algunos autores han generado modelos híbridos, que pueden incrementar la capacidad de la optimización en varias vías, como Cañas (2013), quien diseñó una propuesta para la industria metalúrgica logrando maximizar las utilidades usando modelos multifase, multiperiodo y multiproducto de linealidad.

Otros trabajan algunas heurísticas constructivas. Por ejemplo, Álvarez Clifford (2009) diseñó un modelo

de programación lineal con el propósito de resolver un problema de planeación agregada para la empresa metalúrgica Huachipato, considerando las restricciones existentes en cuanto a inventario, demanda y capacidad.

Zurito Olea (2010) diseñó un modelo de programación lineal para minimizar las carencias en el inventario y, por ende, los costos asociados. A su vez, Gholamian, Mahdavi, Tavakkoli-Moghaddam y Mahdavi-Amiri (2015) construyeron un modelo mixto multiobjetivo para minimizar el costo total de producción, mejorar el nivel del servicio, minimizar las fluctuaciones en las tasas de cambio de la fuerza laboral y maximizar las ventas.

ANTECEDENTES DEL SECTOR

La organización forma parte de la Cámara Colombiana del Acero (Camacero), creada en el 2013 con el objetivo de reunir a más de 40 empresas nacionales dedicadas a la producción, transformación y comercialización del acero.

En la actualidad, esta organización congrega la tercera parte de la comercialización, fabricación y distribución del acero en Colombia. Por su naturaleza de gremio transversal al sector y de presencia nacional, agrupa a empresas de varias ciudades y eslabones de la industria. Las empresas afiliadas tienen presencia en treinta ciudades de Colombia y siete países de la región, generan más de diez mil empleos directos y alrededor de nueve billones de pesos en ventas al año (Camacero, 2023).

En Latinoamérica, Colombia se consolida como el cuarto productor de acero crudo con 1,3 millones de toneladas, después de Brasil (36 millones), México (18 millones) y Argentina (4,8 millones) para el 2021. Sin embargo, la producción en el país decreció en un 17 % entre 2021 y 2022 (Fierros, 2023). En la actualidad, la región percibe una desaceleración en la demanda de aceros, como en el sector de la construcción, mientras que la producción industrial y la manufactura están mostrando signos de recuperación. El consumo de la región disminuyó en un 9,5 % en el 2022 frente al 2021, cerrando con 67,8 millones de toneladas.

Adicionalmente, la amenaza china continúa generando efectos de *dumping*¹ según la Organización Mundial del Comercio (OMC), y las importaciones latinoame-

ricanas siguen siendo altas, alcanzando el 29 % en el 2022, es decir, un 87 % de todo lo que la región importa. Colombia ocupó el tercer puesto en la región, importando en el 2021 2,7 millones de toneladas, seguido de México (11,7 millones) y Brasil (3,5 millones) (*Mundo Marítimo*, 2023; ANDI, 2022).

De cara a este panorama que enfrentan numerosas empresas del sector, las tácticas y estrategias que sean implementadas en la operación de la transformación del acero se hacen más necesarias, con el objeto de lograr menores costos y, por tanto, precios más competitivos frente a las multinacionales de la industria.

El producto escogido para el diseño de este piloto fue el alambre de púa por 36 kg; se propone un modelo de planeación agregada para que determine los niveles ideales de producción, capacidad de inventario, desabastecimiento y tercerización requeridos para satisfacer la demanda (Chopra, 2013).

EL PROCESO

La producción del alambre de púas con alambre galvanizado en caliente de 16 kilos consta de tres operaciones: la trefilación, el galvanizado y la transformación. El abastecimiento del material empieza con la entrega del acero SAE 1006, con un diámetro de 5,5 mm. Este tipo de alambón viene en rollos de 2 ton procedente de la siderúrgica de Paz del Río en Boyacá (Colombia). Estos rollos son llevados desde la bodega de materia prima hasta los dos devanadores de cada trefiladora en un montacargas. Un operador trabaja con dos trefiladoras semiautomáticas, la Jacom 1 y la Jacom 2, las cuales tienen una velocidad de 25 ton por turno.

La operación de trefilar se traduce en una deformación plástica del acero mediante tensiones continuas de tracción con un juego de hileras. Para este producto en particular se necesitan dos tipos de alambre, ya que el alambre de púa consta de un núcleo y de dos púas entrelazadas. El núcleo está conformado por dos hebras de alambre galvanizado de 1,54 mm de diámetro y las púas por dos hebras de alambre galvanizado de 1,44 mm. Hay que tener en cuenta que, para definir estos diámetros galvanizados, el diámetro del alambre trefilado debe ser 2 mm, inferior, ya que esos 2 mm los suma la capa de zinc.

Cada trefiladora produce un diámetro. La Jacom 1 produce el diámetro de 15 mm y la Jacom 2 produce

1. Precios por debajo del mercado.

el diámetro de 14 mm. Este alambre es depositado en bobinas de hasta 900 kg, las cuales son transportadas por el montacargas al área de galvanizado en caliente. En cada recorrido, el vehículo puede llevar hasta cuatro bobinas.

El proceso de galvanizado cuenta con 50 hilos, los cuales sufren un proceso de inmersión de acero en una caldera de zinc fundido. El alambre es devanado, iniciando en la etapa de desengrase, eliminando contaminantes orgánicos, y siguiendo con el decapado, es decir, la eliminación de la cascarilla de óxido en la superficie del alambre; luego se pasa al fluxado, que, con salina de cloruro de amonio y zinc, elimina el óxido restante y provee una capa protectora al acero. Una vez finalizado el galvanizado, las 50 líneas de alambre ingresan en un baño de zinc fundido, cuyas condiciones son especificadas en la norma americana ASTM B6, necesitando por lo menos un 98 % de zinc puro calentado en un intervalo de 435-455 °C (Berto, 2017; IDU, 2020).

Para el producto de púas, por lo regular, se programan dos líneas de 15,5 mm y dos líneas de 14,5 mm. Cada línea tiene una velocidad de 9,2 ton por turno. Luego de pasar por la inspección final en la línea de galvanizado, el alambre es enrollado en bobinas con hasta 900 kg. Este material es llevado por el montacargas

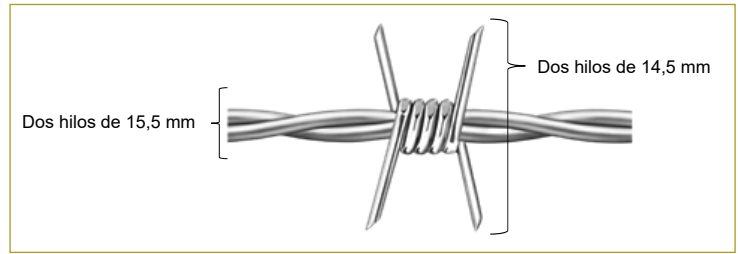


Figura 1. Diseño de la púa.

Fuente: Morlan, 2023.

a la nave de púas, donde se programan diez equipos de púas waffios, las cuales transforman el alambre en rollos de púas por 36 kg. Cada máquina de púa necesita cuatro bobinas: dos bobinas de 15,5 mm para hacer el entrelazado del núcleo y dos bobinas de 14,5 mm para hacer el entrelazado de la púa. Cada equipo cuenta con una velocidad de quince rollos por turno.

El operador de cada máquina es el responsable de enhebrar estos hilos y poner a punto la máquina, la cual trabaja de manera semiautomática. Cuando termina el rollo, el operador lo saca del portarrollo de la máquina, le coloca su etiqueta, su asa de alambre y lo pone en la estiba. Cuando la estiba está llena, con 30 rollos, el montacargas ingresa la estiba a la bodega de producto terminado.

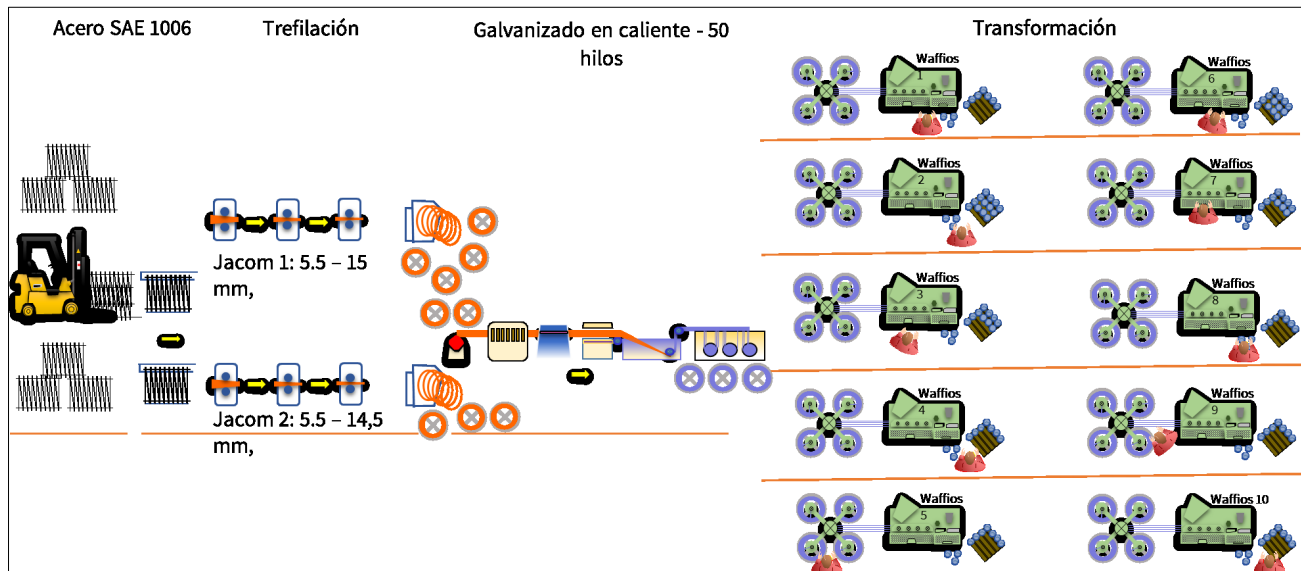


Figura 2. Proceso de transformación del alambre de púas por 36 kg.

Fuente: Elaboración de los autores.

Tabla 1
Estándar del proceso de transformación del alambre de púas por 36 kg

Operación	Equipo	Velocidad de producción (ton/turno)	Eficiencia (%)	Producción real (Ton/turno)
Trefilación	Jacom 1	10	66	6,6
	Jacom 2	15	66	9,9
Galvanizado	Cuatro líneas	36,8	70	25,8
	Wafios 1	0,54	75	0,41
	Wafios 2	0,54	75	0,41
	Wafios 3	0,54	75	0,41
	Wafios 4	0,54	75	0,41
Transformación	Wafios 5	0,54	75	0,41
	Wafios 6	0,54	75	0,41
	Wafios 7	0,54	75	0,41
	Wafios 8	0,54	75	0,41
	Wafios 9	0,54	75	0,41
	Wafios 10	0,54	75	0,41

Fuente: Elaboración de los autores.

METODOLOGÍA

Selección del producto

El producto que se escogió para realizar esta investigación fue el alambre de púa por 36 kg, el cual se seleccionó a través de un análisis ABC, herramienta que se utiliza para clasificar los productos en categorías de alta, media y baja rotación; también se conoce como la ley 80:20 de Pareto, que indica que el 80 % del dinero de las ventas de una empresa lo genera el 20 % de los productos existentes en su cartera, por lo que este producto tiene una clasificación tipo A.

Formulación del modelo

Para desarrollar el modelo de plan agregado se estableció un horizonte de seis meses, desde julio hasta diciembre del 2023, proyectando la demanda por cubrir, al igual que los valores iniciales del modelo. A continuación se ilustran los valores iniciales y la demanda estimada del alambre de púa por 36 kg (tabla 2).

Tabla 2

Demanda estimada del alambre de púas por 36 kg

Meses	Cantidad (ton)
Julio	280
Agosto	340
Septiembre	150
Octubre	180
Noviembre	250
Diciembre	300
Fuerza de trabajo púas	Ocho operarios
Inv_trefila t	1500 kg
Inv_GVZ t	4000 kg
Inv_PT t	5400 kg
Stock_out t	5650 kg

Fuente: Estimación de valores por parte de los autores.

Aparte de la demanda, en la siguiente tabla se muestran los costos asociados a la operación (tabla 3).

En función del estándar de la operación (tabla 1) y del costo por hora de las operaciones de producción continua (tabla 3), es decir, la trefila y el galvanizado, se calculó el costo por kilo producido. Para el caso de la transformación de púas, este cálculo no procede, ya

Tabla 3

Costos asociados al proceso del alambre de púas por 36 kg

Artículo	Costo	Unidad
Material	5500	\$/kilogramo
Costo de mantenimiento de inventario	600	\$/kilo/mes
Costo de desabastecimiento	1200	\$/kilo/mes
Costo de contratación + capacitación	950.000	\$/trabajador
Costo de despido	1.200.000	\$/trabajador
Horas MOD púa (1 operario - 1 máquina)	51	Kilogramo/hora
Costo de horas extras MOD púa	13.500	\$/hora
Costo de trefilación	9500	\$/hora
Costo de galvanizado	11.500	\$/hora
Costo de transformación de púas	8500	\$/hora
Costo de tercerización	14.000	\$/kilogramo

Fuente: Estimación de valores por parte de los autores.

que la operación depende de la cantidad de operarios en las máquinas y de las horas extras necesarias, todo sujeto a la demanda del mercado.

Tabla 4

Costos asociados al proceso del alambre de púas por 36 kg

Costo de operación	Estándar por línea (kg / hora)	Costo (\$ / hora)	Costo / kilo
Trefilación	2063	9500	5
Galvanizado	3220	11.500	4

Fuente: Estimación de valores por parte de los autores.

Con el objeto de que la operación no se quedara sin producto en proceso, se establecieron las políticas del inventario en proceso para la trefilación y para el galvanizado, así como la política para el producto terminado

y para el desabastecimiento, esto es, los kilos permitidos para la entrega tardía del producto al cliente.

Tabla 5

Políticas de inventario para el producto en proceso, producto terminado y desabastecimiento

Días de inventario producto en proceso		Producto terminado (7 días)	Desabastecimiento (Stockout)
Trefila (5 días)	Galvanizado (6 días)		
46.667	56.000	65.333	500
56.667	68.000	79.333	500
25.000	30.000	35.000	500
30.000	36.000	42.000	500
41.667	50.000	58.333	500
50.000	60.000	70.000	500

Fuente: Estimación de valores por parte de los autores.

Teniendo claridad sobre la información necesaria para alimentar el modelo, el plan agregado requiere el diseño de las siguientes tablas: variables de decisión, restricciones y la función objetivo, es decir, los costos asociados a las variables definidas (Chopra, 2013).

Para diseñar el algoritmo asociado a este problema en Python, se importan las librerías necesarias: Pulp, utilizada para modelar y resolver problemas de optimización mediante programación lineal; Pandas, para el manejo y análisis de estructuras de datos, y Numpy, para el cálculo numérico y el análisis de datos.

Variables de decisión

Sea $t = \{1, \dots, 6\}$ el horizonte temporal por analizar. Donde 1=Julio, 2= Agosto, ..., 6= Diciembre.

Tabla 6
Variables de decisión del modelo

Variable	Descripción
Cont_puas _t	Número de operarios contratados para la línea de púas en el mes t .
Desp_puas _t	Número de operarios despedidos para la línea de púas en el mes t .
Fuerza_trabajo púas _t (Variable Entera)	Número de operarios activos en la línea de púas en el mes t .
Horas_extra _t	Número de horas extras en la línea de púas en el mes t .
Prod_trefila _t	Cantidad de kilogramos producidos en la trefilación en el mes t .
Prod_GVZ _t	Cantidad de kilogramos producidos en la línea de galvanizado en el mes t .
Prod_puas _t	Cantidad de kilogramos producidos en la línea de púas en el mes t .
Inv_trefila _t	Inventario de material trefilado en kilogramos en el mes t .
Inv_GVZ _t	Inventario de material galvanizado en kilogramos en el mes t .
Inv_PT _t	Inventario de rollos de alambre de púa de 36 kilos en kilogramos en el mes t .
Stock_out _t	Kilos de producto atrasado para entregar al cliente en el mes t .
Tercerizacion _t	Número de kilos producidos por la subcontratación en el mes t .

Fuente: Estimación de valores por parte de los autores.

En el modelo se definen las variables, los valores iniciales, así como los meses y costos asociados:

```
[ ] 1 explica={1:'cont_puas',2:'desp_puas',3:'fuerza_trabajo',4:'horas_extra',5:'prod_trefila', 6:'prod_GVZ' ,
2      7:'prod_puas',8:'inv_trefila' ,9:'inv_GVZ' ,10:'inv_PT' , 11:'stock_out' , 12:'tercerizacion'}

[ ] 1 #definimos valores iniciales
2 Periodos=6
3 vd=12
4 #costos=np.array([[950000],[1200000],[5100000],[13500],[5],[4],[600],[1200],[14000],[5500]])
5 costos = np.array([[600],[1200],[14000],[950000],[1200000],[5100000],[13500],[5],[4],[5500],[0],[0]])
6
7
8 demanda=np.array([280000,340000,150000,180000,250000,300000])
9 w0=8 #fuerza de trabajo inicial
10 inv_trefila0=1500
11 inv_GVZ0=4000
12 inv_PT0=5400
13 stockout0=5650
14 dias_inv_trefila=np.array([46667,56667,25000,30000,41667,50000])
15 dias_inv_GVZ=np.array([56000,68000,30000,36000,50000,60000])
16 dias_inv_PT=np.array([65333,79333,35000,42000,58333,70000])

1 vdd=LpVariable.matrix('',v_names,cat='Integer',lowBound=0)
2
3 print(vdd)
4 allocation = np.array(vdd).reshape(vd,Periodos) #reshape reordena los datos en una matriz mxn,
5 #en el num de filas y columnas, allocation es acomodaciones
6 fo= lpSum(allocation*costos) #equi sumaproducto
7 model += fo
8 allocation
```

El siguiente paso en la construcción del modelo es establecer la función objetivo.

Función objetivo: Minimizar el costo total de la operación durante el horizonte de la planeación de seis meses (ecuación 1).

$$\begin{aligned}
 \text{Min } Z = & \sum_{t=1}^6 \$ 950.000 / \text{trabajador} * \text{Cont púas } t + \sum_{t=1}^6 \$ 1.200.000 / \text{trabajador} * \text{Desp púas } t \\
 & + \sum_{t=1}^6 \$ 8.500 / \text{hora} * 8 * 3 * 25 * \text{Fuerza_trabajo } t + \sum_{t=1}^6 \$ 13.500 / \text{hora} * \text{Horas_extra } t \\
 & + \sum_{t=1}^6 \frac{\$ 5}{\text{kg}} * \text{Producción trefila } t + \sum_{t=1}^6 \frac{\$ 4}{\text{kg}} * \text{Producción GVZ } t + \sum_{t=1}^6 \frac{\$ 600}{\text{kg}} / \text{mes} * \text{Inv Pt } t \\
 & + \sum_{t=1}^6 \frac{\$ 1.200}{\text{kg}} / \text{mes} * \text{Stock - out } t + \sum_{t=1}^6 \$ 14.000 / \text{kg} * \text{Tercerizacion } t + \sum_{t=1}^6 \$ 5.500 / \text{Kg} \\
 & * \text{Material } t
 \end{aligned} \tag{1}$$

Esta función objetivo en Python se diseñó de la siguiente manera:

```

1 model=LpProblem("Planeación_Steel_Wire",LpMinimize)

1 v_names=[str(i)+ explica[i]+str(j)for j in range(1,Periodos+1)for i in range(1,vd+1)]
2 v_names.sort()
3 v_names

1 model.solve()
2 print("Estado de solución = ",LpStatus[model.status])
3 fila=[]
4 for Planeación_Steel_Wire in model.variables():
5     fila.append(int(Planeación_Steel_Wire.varValue))
6 sol=pd.DataFrame(np.array(fila).reshape(vd,Periodos))
7 sol.index=list(explica.values())
8 sol.columns=["Jul","Ago","Sep","Oct","Nov","Dic"]
9 print("Costo total: ", model.objective.value())

```

Esta ecuación está sujeta a la definición de las siguientes restricciones:

- **Tamaño de la fuerza laboral:** El número de operarios de púas actual más el número de operarios contratados en el mes t , menos el número de operarios despedidos en el mes t :

$$\text{Fuerza trabajo } t = \text{Fuerza trabajo púas} + \text{Cont púas } t - \text{Desp púas } t \quad (2)$$

Esta restricción en el algoritmo se programa de la siguiente manera:

```

1 model+=lpSum(w0)+lpSum(allocation[3][0])-lpSum(allocation[4][0])-lpSum(allocation[5][0])==0
2 print(lpSum(w0)+lpSum(allocation[3][0])-lpSum(allocation[4][0])-lpSum(allocation[5][0])==0)
3 model
4
5 for mes in range(1,Periodos):
6     print(lpSum(allocation[5][mes-1])+lpSum(allocation[3][mes])-lpSum(allocation[4][mes])-lpSum(allocation[5][mes])==0)
7     model+=lpSum(allocation[5][mes-1])+lpSum(allocation[3][mes])-lpSum(allocation[4][mes])-lpSum(allocation[5][mes])==0
8 model

```

- **Horas extras:** En este modelo, un operario puede trabajar hasta diez horas extras en el mes t .

$$\text{Horas_extras}_t \leq 10 * \text{Fuerza de trabajo } t \quad (3)$$

Traducida al algoritmo, se ve de la siguiente manera:

```

1 for i in range(0,Periodos):
2     print(-lpSum(allocation[6][i])+lpSum(10*allocation[5][i])>=0)
3     model += -lpSum(allocation[6][i])+lpSum(10*allocation[5][i])>=0

```

- **Capacidad de transformación púas:** La cantidad de kilos de rollos de púas producido no debe ser superior a la capacidad disponible de los operarios y de las diez máquinas:

$$\left(3\text{turn} \times \frac{8 \text{ hours}}{1 \text{ turn}} \times \frac{25 \text{ days}}{1 \text{ month}} \times \frac{51 - \text{kilogram}}{\text{hour}} \right) \times \text{Fuerza trabajo } t + \left(\frac{51 - \text{kilogram}}{\text{hour}} \right) \times \text{horas extra } t \geq \text{Producción púas } t \quad (4)$$

Fuerza trabajo $t \leq 10$ operarios (solo hay diez máquinas de púas disponibles) (5)

Estas restricciones se ven de la siguiente manera:

```
1 for mes in range(0,Periodos):
2   print(lpSum(3*8*25*51*allocation[5][mes])+lpSum(51*allocation[6][mes])-lpSum(allocation[9][mes])>=0)
3   model+=lpSum(3*8*25*51*allocation[5][mes])+lpSum(51*allocation[6][mes])-lpSum(allocation[9][mes])>=0
4 model
```

```
1 for mes in range(0,Periodos):
2   print(lpSum(allocation[5][mes])<=10)
3   model+=lpSum(allocation[5][mes])<=10
```

- **Capacidad de trefilación y galvanizado:** La capacidad de producción de estas líneas no puede ser superior al estándar de producción de cada una:

$$\left(3 \text{ turns} \times \frac{8 \text{ hours}}{1 \text{ turn}} \times \frac{25 \text{ days}}{1 \text{ month}} \times \frac{2.063 - \text{kilogram}}{\text{hour}} \right) \geq \text{Producción trefila}_t \quad (6)$$

$$\left(3 \text{ turns} \times \frac{8 \text{ hours}}{1 \text{ turn}} \times \frac{25 \text{ days}}{1 \text{ month}} \times \frac{3.220 - \text{kilogram}}{\text{hour}} \right) \geq \text{Producción GVZ}_t \quad (7)$$

En el algoritmo se denota de la siguiente forma:

Para trefila:

```
1 for mes in range(0,Periodos):
2   print(lpSum(3*8*25*2063)-lpSum(allocation[7][mes])>=0)
3   model+=lpSum(3*8*25*2063)-lpSum(allocation[7][mes])>=0
4 model
```

Para GVZ:

```
1 for mes in range(0,Periodos):
2   print(-lpSum(3*8*25*3220)+lpSum(allocation[8][mes])<=0)
3   model+=-lpSum(3*8*25*3220)+lpSum(allocation[8][mes])<=0
4 model
```


- **Inventario PT:** El inventario en cada mes debe ser igual al inventario del periodo anterior más la producción de púas del periodo t , más la tercerización del mes t , menos el *stockout* del $t-1$, más el *stockout* del mes t , menos las demandas del mes t .

$$\text{Inventario PT}_t = \text{InvPT}_{t-1} + \text{Producción púas}_t + \text{Tercerización}_t - \text{Stockout}_{t-1} + \text{Stockout}_t - \text{Demanda}_t \quad (8)$$

Así mismo, los balances de inventario para trefila y GVA son los siguientes:

$$\text{Inv trefila}_t = \text{Inventario trefila}_{t-1} + \text{Prod trefila}_t - \text{Prod gvz}_t \quad (9)$$

$$\text{Inv gvz}_t = \text{Inv gvz}_{t-1} + \text{Prod gvz}_t - \text{Prod púas}_t \quad (10)$$

Estas restricciones expresadas en Python se realizaron así:

Trefila:

```
1 model+=lpSum(inv_PT0)-lpSum(stockout0)+lpSum(allocation[9][0])+lpSum(allocation[2][0])-lpSum(demanda[0])-lpSum(allocation[0][0])+
2 lpSum(allocation[1][0])==0
3
```

```
1 for i in range(1,Periodos):
2     print(lpSum(allocation[0][i-1])-lpSum(allocation[1][i-1])+lpSum(allocation[9][i])+lpSum(allocation[2][i])-lpSum(demanda[i])-
3         lpSum(allocation[0][i])+lpSum(allocation[1][i])==0)
4     model+=lpSum(allocation[0][i-1])-lpSum(allocation[1][i-1])+lpSum(allocation[9][i])+lpSum(allocation[2][i])-lpSum(demanda[i])-
5     lpSum(allocation[0][i])+lpSum(allocation[1][i])==0
```

Galvanizado:

```
1 model+=lpSum(inv_GVZ0)+lpSum(allocation[8][0])-lpSum(allocation[9][0])-lpSum(allocation[11][0])==0
2 for i in range(1,Periodos):
3     print(lpSum(allocation[11][i-1])+lpSum(allocation[8][i])-lpSum(allocation[9][i])-lpSum(allocation[11][i])==0)
4     model+=lpSum(allocation[11][i-1])+lpSum(allocation[8][i])-lpSum(allocation[9][i])-lpSum(allocation[11][i])==0
```

- **Políticas de inventario:** El producto en proceso de trefila y galvanizado, así como el producto terminado, tienen unas políticas de inventario para evitar tanto el agotamiento como el exceso de *stock*; igualmente, se establecieron límites para los desabastos, es decir, los *stockout*:

Tabla 7

Restricciones políticas de inventario para el producto en proceso, producto terminado y desabastecimiento

Días de inventario de producto en proceso		Producto terminado (7 días)	Desabastecimiento o (<i>stockout</i>)
Trefila (5 días)	Galvanizado (6 días)		
Inv trefila t1 = 46.667	Inv GVZ t1 = 56.000	Inv PT t1 = 65.333	<i>Stockout</i> t1 ≤ 500
Inv trefila t2 = 56.667	Inv GVZ t2 = 68.000	Inv PT t2 = 79.333	<i>Stockout</i> t2 ≤ 500
Inv trefila t3 = 25.000	Inv GVZ t3 = 30.000	Inv PT t3 = 35.000	<i>Stockout</i> t3 ≤ 500
Inv trefila t4 = 30.000	Inv GVZ t4 = 36.000	Inv PT t4 = 42.000	<i>Stockout</i> t4 ≤ 500
Inv trefila t5 = 41.667	Inv GVZ t5 = 50.000	Inv PT t5 = 58.333	<i>Stockout</i> t5 ≤ 500
Inv trefila t6 = 50.000	Inv GVZ t6 = 60.000	Inv PT t6 = 70.000	<i>Stockout</i> t6 ≤ 500

Fuente: Cálculo de valores por parte de los autores.

Estas restricciones se reflejan en el modelo de la siguiente forma:

Trefila:

```
1 for i in range(0,Periodos):
2     print(lpSum(allocation[10][i])==lpSum(dias_inv_trefila[i]))
3     model+=lpSum(allocation[10][i])==lpSum(dias_inv_trefila[i])
```

Galvanizado:

```
1 for i in range(0,Periodos):
2     print(lpSum(allocation[11][i])==lpSum(dias_inv_GVZ[i]))
3     model+=lpSum(allocation[11][i])==lpSum(dias_inv_GVZ[i])
```

Producto terminado:

```
1 for i in range(0,Periodos):
2     print(lpSum(allocation[0][i])-lpSum(dias_inv_PT[i])==0)
3     model+=lpSum(allocation[0][i])-lpSum(dias_inv_PT[i])==0
```

Stockout:

```
1 for i in range(0,Periodos):
2     print(lpSum(allocation[1][i])<=500)
3     model+=lpSum(allocation[1][i])<=500
```

Restricción positiva: Asegurar que las variables tomen valores positivos.

Inv PT t , *Stockout* t , Tercerización t , Cont púas t , Desp púas t , Fuerza trabajo t , Horas extra t , Prod trefila t , Prod gvz t , Prod púas t , Inv trefila t , inv gvz $t \geq 0$ (11)

En el algoritmo:

```
for j in range(vd):
    for i in range(Periodos):
        print(lpSum(allocation[j][i])>=0)
        model+=lpSum(allocation[j][i])>=0
```

RESULTADOS

El costo total con el modelo propuesto es de \$9,783 millones. A renglón seguido, se muestran los kilos necesarios en cada operación, trefilado, galvanizado y producción de púas para satisfacer la demanda mensual y las políticas de inventario.

Tabla 8
Producción durante el horizonte de planificación

Mes	Producción trefila (kg)	Producción galvanizado (kg)	Producción púas (kg)
Julio	408.267	363.100	311.100
Agosto	333.100	323.100	311.100
Septiembre	36.500	68.167	106.167
Octubre	197.660	192.660	186.660
Noviembre	292.340	280.673	266.673
Diciembre	329.433	321.100	311.100

Fuente: Elaboración de los autores.

En la tabla siguiente se ilustra el inventario que debe tener cada operación, de acuerdo con las políticas de inventario establecidas (tabla 9).

Tabla 9
Inventario WIP y producto terminado

Mes	Inventario trefila (kg)	Inventario galvanizado (kg)	Inventario producto terminado (kg)
Julio	46.667	56.000	65.333
Agosto	56.667	68.000	79.333
Septiembre	25.000	30.000	35.000
Octubre	30.000	36.000	42.000
Noviembre	41.667	50.000	58.333
Diciembre	50.000	60.000	70.000

Fuente: Elaboración de los autores.

A continuación, se presentan las cantidades y meses en los cuales a la organización le faltarán unidades, se atrasará y deberá realizar la tercerización.

Tabla 10
Políticas de desabastecimiento y tercerización

Mes	Stockout (kg)	Tercerización (kg)
Julio	0	34.483
Agosto	500	42.400
Septiembre	0	0
Octubre	340	0
Noviembre	0	0
Diciembre	500	67

Fuente: Elaboración de los autores.

Teniendo en cuenta que únicamente hay disponibilidad de diez máquinas, es decir, se puede tener laborando máximo a diez operarios, en la siguiente tabla, se presentan la fuerza de trabajo, horas extras y operarios por contratar y despedir en el horizonte de tiempo de planeación.

Tabla 11
Fuerza de trabajo y horas extras requeridas para cada periodo

Mes	Fuerza de trabajo	Operarios por contratar	Operarios por despedir	Horas extras
Julio	10	2	0	100
Agosto	10	0	0	100
Septiembre	4	0	6	0
Octubre	6	2	0	60
Noviembre	9	3	0	0
Diciembre	10	1	0	100

Fuente: Elaboración de los autores.

Por otra parte, los costos esperados de la fuerza laboral se muestran en la tabla siguiente (tabla 12).

Tabla 12
Costos por fuerza de trabajo y tiempo extra

Mes	Costo de contratación (\$)	Costo de despido (\$)	Costo de horas extras (\$)
Julio	1.900.000	0	1.350.000
Agosto	0	0	1.350.000
Septiembre	0	7.200.000	0
Octubre	1.900.000	0	810.000
Noviembre	2.850.000	0	0
Diciembre	950.000	0	1.350.000

Fuente: Elaboración de los autores.

En la tabla siguiente se muestran los costos de producción de púas, costo de trefila, galvanizado y costo del material (tabla 13).

Tabla 13
Costos totales de producción y material

Mes	Costo producción púas (\$)	Costo de trefila (\$)	Costo de galvanizado (\$)	Costo del material (\$)
Julio	51.000.000	1.880.600	1.296.800	2.245.468.500
Agosto	51.000.000	1.534.300	1.154.000	1.832.050.000
Septiembre	20.400.000	168.200	243.500	200.750.000
Octubre	30.600.000	910.500	688.100	1.087.130.000
Noviembre	45.900.000	1.346.600	1.002.500	1.607.870.000
Diciembre	51.000.000	1.517.400	1.147.800	1.811.881.500

Fuente: Elaboración de los autores.

Por último, se presentan los costos de inventario de producto terminado, de *stockout* y de tercerización en el horizonte de tiempo planeado (tabla 14).

Tabla 14
Costos totales de inventario producto terminado, *stockout* y tercerización

Mes	Costo inventario producto Terminado (\$)	Costo <i>stockout</i> (\$)	Costo de tercerización (\$)
Julio	39.199.800	0	482.762.000
Agosto	47.599.800	600.000	593.600.000
Septiembre	21.000.000	0	0
Octubre	25.200.000	408.000	0
Noviembre	34.999.800	0	0
Diciembre	42.000.000	600.000	938.000

Fuente: Elaboración de los autores.

El Pareto de costos en esta planeación está determinado, en primer lugar, por el material, ya que tuvo un valor de \$5.500/kg, con un costo total de \$8.785.150.000, representando un 89,8 % del costo de la planeación, seguido de la tercerización con un 11 % del costo de planeación. Lo que deduce es que las áreas de compras y planeación son claves, en la consecución de tácticas y estrategias de manera continua en su gestión, logran detectar valor agregado en sus transacciones para transmitirlo a los canales de venta y a los consumidores.

CONCLUSIONES

Cualquier organización puede incrementar su ventaja competitiva con una adecuada planeación. Eliminar la especulación y las compras y decisiones desmedidas es clave para una adecuada gestión de la cadena de suministro. Determinar la cantidad de producción, el nivel óptimo de inventario, las cantidades adecuadas por subcontratar, el mínimo faltante de inventario y el nivel adecuado de la capacidad en las líneas en determinados meses para satisfacer la demanda, garantizará la reducción de costos y mejorará el nivel de servicio al mercado.

Con el modelo propuesto, la organización tendrá la capacidad de:

- Calcular el nivel óptimo de inventario por contar, para garantizar un buen nivel de servicio e incurrir en un bajo costo para mantener el almacenamiento.
- Verificar si cumple con las políticas de inventario establecidas por la organización.

- Adecuar la rotación del personal frente a la volatilidad de la demanda.
- Gestionar la variabilidad del tiempo de entrega para amortizar la demanda.
- Incrementar su capacidad de respuesta a un costo competitivo.

La implementación de un plan agregado mediante Python logra resolver problemas complejos en un corto tiempo de procesamiento. Así mismo, este algoritmo es fácilmente modificable, es decir, se puede aplicar a varias operaciones de diferentes sectores industriales de manera sencilla, permitiendo así una madurez y un avance tecnológico en las organizaciones.

Las empresas nacionales presentan un alto nivel de incertidumbre, debido a factores externos que pueden afectar su margen y competitividad en el mercado. Sin embargo, una correcta planificación de los recursos le permitirá afrontar estas volatilidades, garantizando una operación continua y presupuestalmente estable y atractiva en el mercado.

Cuando se presenta la escasez en la oferta de las materias primas, el principal costo en el que van a incurrir las organizaciones es en la compra de grandes cantidades de *commodities*, por lo cual deben modificar su planeación, con el fin de poder balancear costos y competir en el mercado. En este modelo se evidencia que, a pesar de la nueva planeación generada, el costo de material sigue representando el 89,9 % del costo total, por lo que las organizaciones deben ser más conscientes

sobre la continua investigación y competitividad en su grupo de proveedores.

Otro de los mayores costos en los que incurre la compañía es la tercerización, puesto que la capacidad actual de la planta no permite cumplir con la demanda establecida. Las empresas deben analizar si es más factible tercerizar, ampliar la capacidad de la planta o hacer horas extras según el costo en el que hay que incurrir. En este caso, la planeación sugiere ejecutar tercerización y horas extras, pues el costo por kilogramo varía únicamente en \$500. Así mismo, se establecen políticas de inventarios en proceso, para evitar incurrir en costos por desperdicio de tiempo y paros en la operación.

La elaboración de este modelo en Python deja numerosas enseñanzas al grupo de investigación, logrando fijar un horizonte de investigación más visible en estos temas de planeación, con procesos, operaciones y productos cada vez más complejos de gestionar.

Las organizaciones tienen que darse cuenta de que la tecnología ya no es una alternativa para mejorar la productividad de las operaciones, se convierte en una fuerza que logra mejorar el rendimiento en las cadenas de suministro y, por tanto, su ventaja competitiva. La madurez en el manejo de la programación por parte de los empleados y las continuas capacitaciones lograrán una independencia tecnológica para las empresas, modificando la habitual compra y mantenimiento de licencias de *software* costosos para gestionar los procesos inmersos en estas cadenas.

REFERENCIAS

- Gholamian, N., Mahdavi, I., Tavakkoli-Moghaddam, R. & Mahdavi-Amiri, N. (2015, 21 de agosto). A Comprehensive fuzzy multi-objective multi-product multi-site aggregate production planning decisions in a supply chain under uncertainty. Teherán, Irán.
- ANDI (2018). *El acero colombiano*. Bogotá: ANDI. Obtenido de <https://www.andi.com.co/Uploads/LIBRO%20ACERO%20FINAL%20-%20BAJA.pdf>.
- ANDI (2022). *Informe del sector siderúrgico*. Bogotá: ANDI. Obtenido de [https://www.andi.com.co/Uploads/_Informe_Siderurgico_2020_2021%20\(M\)_638052421194700054.pdf](https://www.andi.com.co/Uploads/_Informe_Siderurgico_2020_2021%20(M)_638052421194700054.pdf).
- Banco de la República (2017, 21 de octubre). *Banrepcultural*. Obtenido de Banrepcultural: <https://www.banrepcultural.org/biblioteca-virtual/credencial-historia/numero-43/las-fabricas-de-hierro-en-colombia-en-el-siglo-xix>.
- Berto, R. A. (2017). Mechanical behavior of hot-dip galvanized welded steel under. *ScienceDirect*, 135-143.
- Bohórquez Quiroga, C., Sarmiento Lepsqueur, A., & Jaimes Suárez, S. (2013). *Modelo matemático*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.
- Boiteux, O. D. (2007). Estado del arte sobre planificación agregada de la producción. *Universidad Politécnica de Cataluña*, 40.
- browsersox, D. J. (2007). *Administración y logística en la cadena de suministros*. México: McGraw Hill.
- Camacero (2023, 10 de junio). *Camacero*. Obtenido de CAMACERO: <https://www.camacero.org/nosotros/>.
- Cañas, J. S. (2013, mayo). *Planeación de la producción aplicando modelos de programación lineal y teoría de restricciones para una industria del sector metalmecánico*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- Chopra, S. (2013). *Administración de la cadena de suministro. Estrategia, planeación y operación*. México: Pearson Education.
- Chopra, S. (2008). *Administración de la cadena de suministro. Estrategia, planeación y operación*. México: Pearson Education.
- Energía Hoy (2023, 20 de febrero). *Energía Hoy*. Obtenido de *Energía Hoy*: <https://energiahoy.com/2023/02/20/se-recuperara-industria-del-acero-hacia-2023-alacero/>.
- Álvarez Clifford, F. & Reinoso Alarcón, H. R. (2009). *An optimization model for the production planning of a steel company*. Chile.
- Fierros (2023, 6 de febrero). *Fierros*. Obtenido de Fierros: <https://www.fierros.com.co/es/noticias/continua-en-aumento-el-precio-del-acero->.
- Fierros (2023, 30 de enero). *Fierros*. Obtenido de Fierros: <https://www.fierros.com.co/es/noticias/precios-de-aceros-en-colombia-que-se-espere-para-este-ano>.
- IDU (2020). *Guía práctica de galvanizado en caliente*. Bogotá: ANDI. Obtenido de [https://www.idu.gov.co/web/content/7423/guia_galvanizado_24nov14+\(1\).pdf](https://www.idu.gov.co/web/content/7423/guia_galvanizado_24nov14+(1).pdf).
- Munar, X. V. (2008). *Direccionamiento estratégico para el sector siderúrgico en Colombia para el año 2020*. Chía, Cundinamarca: Universidad de la Sabana.
- Mundo Marítimo (2023, enero). *Mundo Marítimo*. Obtenido de Mundo Marítimo: <https://www.mundomaritimo.cl/noticias/produccion-de-acero-de-2022-en-america-latinalcanzaria-los-628-millones-de-toneladas-en-2022-marcan-do-caida-del-28#:~:text=Producci%C3%B3n%20de%20acero%20de%202022,del%202%C8%25%20%2D%20MundoMaritimo&text=La%20indu>.
- Nave, D. (2002). How To Compare Six Sigma, Lean and the Theory of Constraints. *American Society for Quality*. Obtenido de <https://pdfs.semanticscholar.org/5df9/4841a91d2a472baca6355aa2771e8dd2e640.pdf>.
- Portafolio (2021, abril). *Portafolio*. Obtenido de Portafolio: <https://www.portafolio.co/economia/depender-de-importar-el-acero-afecta-al-pais-andi-551225>.
- Portafolio (2021, septiembre). *Portafolio*. Obtenido de Portafolio: <https://www.portafolio.co/negocios/empresas/el-pais-no-requiere-importar-acero-para-el-mercado-local-556132>.
- Chase, R.B. (2009). *Administración de operaciones. Producción y cadena de suministros*. México: McGraw-Hill.
- Semana (2022, mayo). *Semana*. Obtenido de SEMANA: <https://www.semana.com/economia/inversionistas/articulo/empresarios-descartan-desabastecimiento-de-acero-en-colombia/202214/>.
- Universidad del Valle. (2017). Ferrerías colombianas durante el siglo XIX: campo o comunidad técnica en el aprendizaje tecnológico. Cali: Universidad del Valle. Obtenido de <https://www.univalle.edu.co/lo-que-pasa-en-la-u/ferrerias-colombianas>.
- Vásquez, C. A.-F. (2010). *Costos. Decisiones empresariales*. Bogotá, Colombia: Ecoe Ediciones.
- Zurito Olea, C.A. (2010, enero). Planificación de la producción en la siderúrgica Gerdau Aza. S.A. Santiago de Chile, Chile: Universidad de Chile.

Diseño e implementación de solución de *deep learning* sobre un sistema embebido, para la selección automática de mango Tommy

Design and implementation of a deep learning solution on an embedded system for automatic selection of Tommy mango

JUAN SEBASTIÁN VILLOTA CÁCERES¹ - JAVIER ALBERTO CHAPARRO PRECIADO²

1. Ingeniero electrónico de la Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería.

2. Profesor titular de la Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

juan.villota-c@mail.escuelaing.edu.co - javier.chaparro@escuelaing.edu.co

Recibido: 14/12/2022 Aceptado: 25/01/2023

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

Resumen

Este artículo tiene como finalidad la formulación del estado del arte y el procedimiento del proyecto de la maestría de Ingeniería Electrónica, en el que se propone desarrollar un sistema de detección de enfermedades en el mango Tommy utilizando *deep learning*. El objetivo principal es crear un modelo de clasificación que pueda distinguir entre frutas sanas y aquellas que presentan enfermedades. Se busca comparar el desempeño de este modelo con los métodos tradicionales utilizados en Colombia para la selección y clasificación de mangos.

El estudio tiene como finalidad demostrar si la aplicación de un modelo de *deep learning* adaptado en un microcontrolador, puede realizar estas tareas de manera más precisa y rápida. Se espera que este enfoque innovador en la detección de enfermedades en el mango Tommy contribuya a un crecimiento positivo en la exportación de esta fruta en Colombia.

Palabras claves: aprendizaje profundo, control de calidad, microcontrolador, inteligencia artificial de borde, mango Tommy, agricultura.

Abstract

In this research project, the development of a disease detection system for the Tommy mango using Deep Learning is proposed. The main objective is to create a classification model that can distinguish between healthy fruits and those with diseases. The aim is to compare the performance of this model with traditional methods used in Colombia for mango selection and classification.

The study aims to demonstrate whether the application of a Deep Learning model adapted to a microcontroller can perform these tasks more accurately and quickly. It is expected that this innovative approach to disease detection in the Tommy mango will contribute to a growth in its exportation in Colombia.

Keywords: deep learning, quality control, microcontroller, edge artificial intelligence, Tommy mango, agriculture.

INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, la producción de mango en Colombia ha enfrentado diversos desafíos. Esta actividad agrícola es una fuente de empleo importante en el país, ya que proporciona 11.701 puestos de trabajo permanentes en el territorio nacional y más de 2.411.079 empleos transitorios, según las cifras registradas por el Ministerio de Agricultura en 2018 [1]. Por esta razón, se hace imprescindible mejorar de manera significativa tanto la producción como el control de calidad del mango.

Según la empresa Selina Wamucii, en Alemania, el precio del mango en el año 2019 tuvo picos máximos de \$3,27 el kilo, mientras que en Colombia en el mismo año el DANE tiene registros de un valor de \$0,77 por el kilo de mango. Esto hace que exportar mangos a países europeos y norteamericanos sea muy atractivo, ya que mejora de manera significativa la economía de la agricultura colombiana y el desarrollo del país. Durante el periodo comprendido entre 2014 y 2017, se observó un notable aumento del 685 % en el comportamiento de las exportaciones de mango fresco, crecimiento que indica un incremento considerable en la demanda y la popularidad del mango fresco en los mercados internacionales durante ese periodo [9]. En la figura siguiente se puede apreciar los destinos principales de exportación que realiza Colombia a otros países, los cuales generan ingresos de US\$ 3,72 millones y se exportaron 249.648 toneladas de mango en el primer trimestre del año (figura 1).

Las exportaciones de mango procesado continúan en ascenso constante y actualmente se sitúan en el

quinto puesto a escala mundial. Es importante destacar la necesidad de fortalecer los sistemas de producción de mango de hilacha en el país, por lo que hay que llegar a nuevos mercados en varios países, como se está haciendo en la actualidad con Estados Unidos. Pero para ello existe una coyuntura importante, pues para poder exportar esta fruta a países europeos, asiáticos o norteamericanos es necesario aprobar ciertos protocolos y manejos fitosanitarios para entrar al mercado. A raíz de esta incidencia se deben fortalecer de manera indispensable la producción, categorización y control de calidad de los mangos en Colombia, y una solución viable es por medio de procesos industriales y métodos tecnológicos que aumenten y hagan más productiva la exportación de mango.

ESTADO DEL ARTE DE LA INVESTIGACIÓN

El control de calidad del mango en Colombia es un tema de gran importancia para el sector agrícola. Sin embargo, se han identificado problemas en la producción debido a enfermedades como la antracnosis y la *lasiodiplodia theobromae* que pueden causar daños importantes en el fruto y en la cosecha.

En Colombia se presenta un fenómeno que tiene graves afectaciones en la cosecha de las frutas y es la conocida “mosca de la fruta”. De acuerdo con un estudio de la Universidad del Valle, solamente en la región del Valle del Cauca se tienen 25 especies de moscas de la fruta del género *Anastrepha* [10]. La presencia de la mosca en las frutas provoca daños físicos directos en la pulpa, los cuales son ocasionados por las larvas.

Según un estudio del Laboratorio de Tratamientos Cuarentenarios, seccional Tolima (Ibagué), específicamente en el mango, esta plaga se presenta en todo el país [11], por lo que es un problema muy importante al momento de realizar la selección de esta fruta para poder exportarla a países extranjeros.

Otra enfermedad que afecta de manera significativa la exportación del mango es la antracnosis, causada por un hongo llamado *Colletotrichum gloeosporioides*. Esta enfermedad ataca principalmente los frutos de mango y puede provocar lesiones en la piel de la fruta, manchas negras o marrones y un aspecto descolorido. Las condiciones óptimas para el desarrollo de la antracnosis incluyen altas temperaturas, humedad y heridas en la fruta [12].

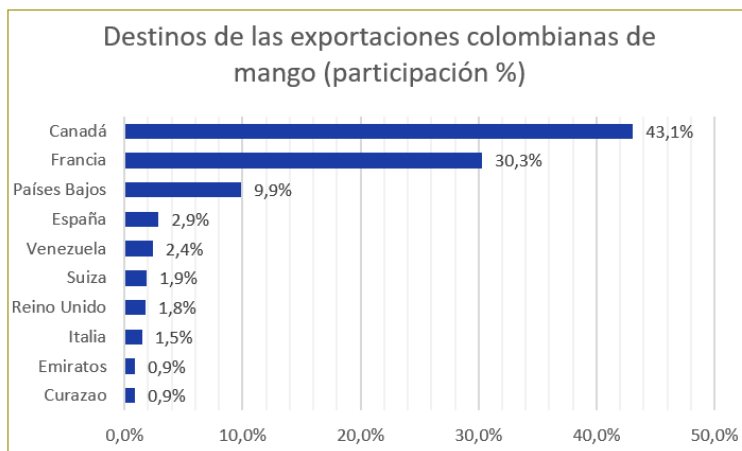


Figura 1. Mango. Comportamiento de las exportaciones colombianas (DANE, 2019).

Investigadores de Agrosavia afirman: “En los huertos de mango en Colombia solo el daño causado por antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) afecta cerca de la mitad de la producción” (Rodríguez Polanco, 2022) [13].

Este tipo de plagas y epidemias hacen que la calidad de la fruta mango Tommy se vea afectada respecto a su calidad, por lo que Colombia es menos competitivo al momento de realizar exportaciones a otros países. Esto se debe a que uno de los requisitos indispensables para la exportación del mango en los archivos del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) es la calidad del mango respecto a la contaminación por plagas y hongos. En el documento sobre los requisitos fitosanitarios para la exportación de mango a Estados Unidos, se hace bastante hincapié en la clasificación y estado del mango al momento de ser exportado al país de destino, por lo que resulta indispensable crear dispositivos de clasificación que puedan mejorar de manera significativa la selección de los mejores mangos para su exportación [14].

En este sentido, se requiere implementar un sistema de clasificación y selección del fruto que permita mejorar su calidad y aumentar su producción. En Colombia, la selección del mango no pasa por procesos de inspección detallada de la calidad del fruto; simplemente, los agricultores de cada campo hacen una selección de manera manual, por lo que este proceso puede resultar demorado y poco eficiente, ya que no se cuenta con un método industrializado, el cual países competitivos sí tienen y hacen que estos procesos abarquen mayor producción por hectárea.

El *deep learning* se presenta como una herramienta potencialmente útil para lograr este objetivo, puesto que puede permitir la detección y la clasificación de enfermedades con mayor precisión en comparación con los métodos clásicos y manuales que se usan en Colombia. En este contexto, se está llevando a cabo un estudio para evaluar varias metodologías de reconocimiento de imágenes y patrones por medio de *deep learning*, con el objetivo de aplicarlas en la selección de enfermedades del mango Tommy, que es el tipo de mango más producido en Colombia y uno de los más importantes para el mercado internacional. A pesar de que los avances tecnológicos en el país son bajos, este proyecto busca contribuir al desarrollo de nuevas tecnologías para el sector agrícola y mejorar la competitividad de la producción de mango en el país.

Dentro del *deep learning* se tienen múltiples métodos para poder calcular el modelo que hará la clasificación, como *Deep Boltzmann Machine* (DBM), *Deep Belief Networks* (DBN), *Convolutional Neural Network* (CNN) y *Stacked Auto-Encoders* [16]. Por esto es necesario comprender alguna de las arquitecturas de *deep learning* para poder escoger la que más se ajusta al proyecto. Además, se investigaron las siguientes técnicas asociadas a la inteligencia artificial y *deep learning*:

- Las redes neuronales convolucionales (*Convolutional Neural Networks*, CNN) son un tipo de arquitectura de redes neuronales profundas utilizadas en inteligencia artificial, especialmente en el procesamiento de imágenes y el reconocimiento visual. Las CNN están diseñadas para aprender automáticamente características y patrones relevantes en imágenes mediante la aplicación de filtros convolucionales y capas de *pooling*. A diferencia de las redes neuronales completamente conectadas, las CNN aprovechan la estructura espacial de las imágenes al considerar la localidad y la vecindad de los píxeles [17].
- En el contexto de la inteligencia artificial (IA), el modelo de espacio vectorial (*Vector Space Model*, VSM) se refiere a una técnica utilizada para representar y procesar datos en forma de vectores en un espacio multidimensional. Esta representación vectorial permite que los algoritmos de IA trabajen con los datos de manera eficiente y realicen operaciones matemáticas y estadísticas en ellos. En IA, el VSM se aplica en diversas áreas, como el procesamiento del lenguaje natural (NLP), la recuperación de información, la clasificación de documentos, la recomendación de contenido y la agrupación de datos [17].
- Las redes neuronales recurrentes (*Recurrent Neural Networks*, RNN) son un tipo de arquitectura de redes neuronales que se utilizan en inteligencia artificial para procesar datos secuenciales o datos que tienen una relación temporal. A diferencia de las redes neuronales tradicionales, las RNN tienen conexiones que forman bucles y permiten a las neuronas compartir y utilizar información anterior para tomar decisiones en el presente [17].
- Una red neuronal híbrida (*Hybrid Neural Network*) es un tipo de modelo de inteligencia artificial que

combina diferentes tipos de redes neuronales, como redes neuronales convolucionales (CNN), redes neuronales recurrentes (RNN) o redes neuronales de retroalimentación (*feedback neural networks*). Estas redes híbridas se utilizan para aprovechar las fortalezas de cada tipo de red neuronal y mejorar el rendimiento en tareas específicas, como el procesamiento de imágenes, el reconocimiento de voz o el análisis de secuencias de tiempo [17].

El estudio de estas plagas, enfermedades y otros factores que afectan la calidad del mango se abordan desde diferentes perspectivas para poder dar una solución a este problema. Uday Pratap Singh (2019) utilizó redes convolucionales neuronales para clasificar las hojas de la fruta del mango y poder predecir si la fruta padece la enfermedad. Singh calcula que su modelo tuvo una precisión de 96,13 %, lo que es un excelente resultado al analizar las imágenes en distintas condiciones [19].

Andrés Felipe Montenegro Bermúdez (2021) hace un estudio sobre la detección y clasificación de antracnosis por medio de imágenes hiperespectrales en las hojas del mango. Esto lo realiza por medio de *deep learning*, donde se hace una gran significancia a las imágenes en 2D ya que este tipo de imágenes preprocesa las imágenes con tonos uniformes y hace que se enfoque más en encontrar las características del color específico que determina la antracnosis y poder clasificarla de manera exitosa [5].

Leonardo Ramírez Alberto (2021) desarrolló un sistema de detección de antracnosis temprana en frutos de mango por medio de inteligencia artificial, en el que se hace un análisis muy detallado de los métodos de captura de imágenes y la importancia del procesamiento que deben tener estas fotografías para poder hacer tanto un análisis más preciso al exaltar las propiedades físicas de la fotografía, como sus colores, y de igual manera, poder reducir el tamaño en formato y calidad respecto a la capacidad de la imagen en cuestión. Muestra diferentes modelos matemáticos de cómo es la forma correcta de poder captar, comprender y procesar una imagen en 3D, y cómo se debe estudiar para un modelo de visión de máquina [20].

Álvaro Romero Acero (2014) realizó un sistema de clasificación por visión artificial de mangos tipo Tommy, donde hace un sistema de clasificación principalmente

del color de este mango, ya que toma tonalidades verdes, amarillas y rojas. Para ello usa un análisis de los colores RGB de la fruta y de esta manera clasifica, según un rango dentro de cada uno de estos colores, y lo procesa haciendo un ejercicio de descripción del contorno de la fruta, correcciones de colores y filtros [21].

Con esta evidencia y análisis de cómo otros autores han abordado el tema, finalmente se quiere dar una aplicación electrónica en conjunto con un sistema de automatización industrial, donde el espacio es un tema muy importante al buscar implementar este modelo. La inteligencia artificial de borde, también conocida como *edge AI*, se refiere a la capacidad de realizar procesamiento y análisis de datos en dispositivos locales en lugar de enviar datos a la nube para su procesamiento, lo que hace que sea una solución muy práctica y útil, ya que utilizar *hardware* de gran tamaño requiere condiciones de ambiente más específicas y más propensas a sufrir daños en lugares de altas temperaturas, humedad y factores externos.

La inteligencia artificial de borde permite una mayor velocidad y eficiencia en la toma de decisiones en tiempo real. En el procesamiento de imágenes, este tipo de inteligencia puede utilizarse para analizar y clasificar imágenes en el dispositivo local, lo que permite una mayor privacidad y seguridad de datos.

METODOLOGÍA

Para esta propuesta de trabajo de grado se planteó la siguiente metodología, en la que se describen los procesos que se van a tratar para poder conseguir los objetivos planteados en el proyecto de grado.

Comprensión de este problema en Colombia

Es clave entender el contexto del marco del problema, por lo que es necesario realizar un reconocimiento en las áreas donde se producen mangos Tommy y comprender los factores que hacen que este fruto sea propenso a generar enfermedades en su fruto. Para ello hay que hacer encuestas y visitas a campos agrícolas productores de mango Tommy, con el fin de conocer cómo es el proceso de selección y clasificación del mango, saber si utilizan algún método de prevención de plagas como la

mosca de la fruta y de epidemias como la antracnosis. Es indispensable conocer la experiencia de cultivadores de mango para comprender la necesidad que se tiene y construir un proyecto que pueda ser innovador a medida que se use el *deep learning* en el fortalecimiento de las capacidades de producción y exportación del mango Tommy.

Este procedimiento no solo se efectuará en el inicio del proyecto sino en diferentes etapas de la ejecución, ya que la opinión de los expertos es muy valiosa para la realimentación de los objetivos que se quieren conseguir. También se buscará hablar con asociaciones productoras de mango, puesto que pueden tener información muy valiosa de la actualidad del mango Tommy y cuáles son los procesos de exportación e industrialización local.

Adquisición de imágenes

Se deben tomar fotografías de alta calidad de diferentes partes del fruto, preferiblemente con una cámara de RGB. Se recomienda tomar imágenes de las partes superior e inferior del fruto para obtener una vista completa de este. Para ello es necesario crear un sistema mecánico para poder captar las imágenes de manera automatizada. Este sistema mecánico se realizará con una banda transportadora capaz de mover varios mangos hacia un contenedor cerrado, en el cual se captará la imagen y se hará el procesamiento de la foto; finalmente, se decidirá en tiempo real la categoría a la que pertenece el fruto del mango Tommy. Para ello se requiere implementar métodos matemáticos para poder hacer una captura correcta de toda la superficie del mango y así determinar que el mango se encuentra en buen estado. Se necesitarán varias cámaras que capten diferentes espacios de la superficie del mango para finalmente recrear en casi su totalidad la superficie de la fruta.

Preprocesamiento de imágenes

Se hace un preprocesamiento de las imágenes para eliminar el ruido y mejorar la calidad de estas. Se pueden aplicar técnicas como la eliminación de fondo, normalización de color y corrección de contraste para mejorar la calidad de la imagen. También es importante definir un tamaño fijo para realizar el procesamiento y que el *hardware* embebido pueda soportarlo. Des-

pues de esto, hay que almacenar por tipología en las carpetas. Finalmente, se reunirán todos los datos y serán aplicados en el modelo de *deep learning* que hará la extracción de las características de la fruta de manera automática, ya que este método de inteligencia artificial se le da la entrada y en la salida procesa las características por medio de algoritmos matemáticos que logren identificar las diferencias entre los mangos sanos y los enfermos.

Selección de metodología de inteligencia artificial

Para este proyecto se propuso como método de clasificación un modelo de *deep learning* capaz de reconocer las características necesarias para poder determinar si un mango presenta deficiencias en la calidad de la fruta. Por ejemplo, manchas negras en la capa exterior del mango, son síntomas de antracnosis. Para este modelo es indispensable contar con un *dataset* lo bastante grande para que el modelo de inteligencia artificial pueda clasificar de manera exitosa los mangos saludables de los enfermos, es decir, un *dataset* de al menos 10.000 imágenes, en las cuales se puedan ver de manera clara los dos fenómenos y poder crear un algoritmo lo suficientemente preciso para que en la salida se pueda tener una gran precisión al momento de decidir el estado del mango.

Se decidió elegir este método de *deep learning*, ya que esta metodología extrae de manera automática las características necesarias para poder clasificar las imágenes que se le irán presentando, lo que es mucho mejor, puesto que la antracnosis y las enfermedades visuales de la fruta del mango Tommy no se presentan en una zona específica de su corteza, sino que puede variar la posición donde se encuentre esta enfermedad.

Esta razón fue la que generó mayor relevancia respecto a utilizar métodos de *machine learning*, pues en este caso es necesario decretar características específicas y, con estas características, empezar a medir qué tan preciso se ajusta el modelo, dependiendo de los casos presentados con las distintas frutas [15].

Selección de algoritmos de clasificación

Se seleccionan los algoritmos de clasificación más adecuados para el reconocimiento de enfermedades en el mango. Se pueden utilizar algoritmos de aprendizaje supervisado, como redes neuronales convolucionales

(CNN) y máquinas de vectores de soporte (SVM), los cuales, al revisar el estado del arte, son los métodos que más precisión tienen en estos temas de categorización de frutas y los que se adaptan de manera más sencilla a microcontroladores al pasar esta tecnología al borde. Las redes neuronales convolucionales son bastante útiles para este caso, ya que la idea central detrás de una red convolucional es utilizar filtros convolucionales para extraer características de una imagen. Los filtros convolucionales son matrices que se aplican a pequeñas partes de una imagen para detectar patrones específicos, como bordes, texturas o formas. Finalmente, se utilizan una o más capas completamente conectadas para clasificar la imagen basándose en las características extraídas.

Respecto a las máquinas de vectores de soporte (SVM), son un tipo de algoritmo de aprendizaje automático que se utiliza en problemas de clasificación y regresión. Las SVM funcionan encontrando un hiperplano en un espacio de alta dimensión que maximiza la separación entre las clases de datos. En una tarea de clasificación, se proporciona a la SVM un conjunto de datos etiquetados que pertenecen a dos o más clases. La SVM utiliza estos datos para encontrar el hiperplano que mejor separa las clases, maximizando la distancia entre los puntos más cercanos de las clases (también conocidos como vectores de soporte). Las SVM son menos propensas al sobreajuste que otros algoritmos de aprendizaje automático y son muy efectivas en tareas de clasificación no lineales.

Entrenamiento del modelo

Se entrena el modelo utilizando un conjunto de imágenes etiquetadas previamente para reconocer diferentes tipos de enfermedades en el mango Tommy. Se pueden utilizar técnicas de aumento de datos para incrementar la cantidad de imágenes disponibles para el entrenamiento y mejorar la precisión del modelo. Es importante dividir los datos en conjuntos de entrenamiento y prueba para evaluar la capacidad de generalización del modelo. En este caso, se utiliza el 80 % de los datos para entrenamiento y el 20 % restante para pruebas. De esta manera, se hará la primera comprobación de las metodologías elegidas para realizar la clasificación; se verá qué tan aceptable es el resultado de los dos métodos, revisar la complejidad de procesamiento de los dos métodos y el grado de complejidad de aplicación de los dos

métodos al momento de implementarlo en el *hardware* seleccionado.

Implementación del modelo en el borde

Se implementa el modelo en dispositivos de borde como cámaras de campo, para realizar el reconocimiento de enfermedades en tiempo real. También se llevará el modelo a un *hardware* de placa reducida, con la finalidad de llevar este proyecto a los campos agrícolas. Para la implementación de este modelo se hará un modelo que simule las condiciones ideales en las cuales se realizó el procesamiento anterior, para lo cual se tendrá un contenedor al que se le agrega luminosidad ideal, con el fin de que el modelo no pierda precisión y tenga las mismas características de cuando se capturaron las imágenes.

Evaluación del modelo

Se evalúa la precisión del modelo empleando un conjunto de datos de prueba que no se usaron en el entrenamiento. Se pueden utilizar métricas como la precisión, el *recall* y la puntuación F1 para evaluar la calidad del modelo. Igualmente, se comprobarán con expertos los resultados obtenidos para poder tener la perspectiva de profesionales en el tema de la agricultura, más específicamente de productores de mango Tommy, como los cultivadores de mango y asociaciones productoras de este fruto. Se evaluará el modelo para un conjunto nuevo de mangos, con el fin de poder comprobar la precisión del método aplicado en un *hardware* reducido y con el modelo mecánico en funcionamiento. Se evaluará la velocidad con la que se realiza el procedimiento, y si se logran ver cambios significativos con respecto a los métodos tradicionales y manuales de selección de mango en Colombia.

RESULTADOS ESPERADOS

En este proyecto se consideran tres grandes productos, los cuales son los pilares de esta investigación:

- **Dispositivo de captura de imágenes para los mangos Tommy.** Diseñar un dispositivo capaz de automatizar el proceso de captura de imágenes usadas para el aprendizaje automático, el cual debe

tener características precisas, como iluminación, enfoque, tamaño, ubicación de cámaras y posición de la fruta. Este dispositivo cumple un doble propósito, ya que inicialmente ayudará a tener un *dataset* de imágenes con características esenciales, las cuales son calidad, cantidad, precisión y escalado de datos, después será el dispositivo donde se realizarán las pruebas y etiquetado del mango Tommy.

- **Algoritmo de *deep learning* aplicado en la selección de mangos Tommy.** Hacer un cálculo utilizando técnicas avanzadas de inteligencia artificial (en este caso, de *deep learning*) para la clasificación automatizada de mangos en función de su calidad. El impacto del *deep learning* en la selección de mangos puede mejorar la precisión, la eficiencia, la reducción de desperdicios, la optimización logística y la calidad del producto para procesos de exportación.
- **Implementación de un algoritmo de *deep learning* en un dispositivo embebido para la clasificación de mangos.** Este producto permite llevar a cabo la clasificación de mangos en tiempo real, sin necesidad de conexión constante a internet o a un servidor externo. El algoritmo de *deep learning* implementado en el dispositivo embebido utiliza técnicas de procesamiento de imágenes para identificar automáticamente las características de los mangos, como su tamaño, forma, color y textura. Este producto se puede usar en la industria agrícola, específicamente en la selección de mangos de calidad para su comercialización. La clasificación automatizada de los mangos permite reducir los costos y el tiempo de clasificación, aumentando la eficiencia del proceso de selección y mejorando la calidad del producto final. Estos impactos positivos benefician tanto a los productores como a los consumidores, mejorando de manera importante la exportación del mango en Colombia y, por ende, haciendo crecer la economía del país.

REFERENCIAS

- Granados Pérez, W. (2019). *Cadena del mango. Indicadores e instrumentos*.
- AD et al. (2020). Ripe Fruit Detection and Classification using Machine Learning. *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*.
- Wongsila, S. (2021). Machine Learning Algorithm Development for detection of Mango infected by Anthracnose Disease.
- Ramírez Gómez, C.A. (2020). *Application of Machine Learning in Precision Agriculture*.
- Montenegro Bermúdez, A.F. (2021). Detección y clasificación de antracnosis en mango usando imágenes hiperespectrales y técnicas de aprendizaje profundo.
- Mavridou, E., Vrochidou, E., Papakostas, G., Pachidis, T. & Kaburlasos, V. (2019). Machine Vision Systems in Precision Agriculture for Crop Farming.
- ICA (2022b, 23 de diciembre). Con un embarque de 20 toneladas, Colombia inició la exportación de mango fresco a Estados Unidos. Instituto Colombiano Agropecuario. Portal Corporativo ICA. <https://www.ica.gov.co/noticias/ica-embarque-20toneladas-mango#:~:text=D.C.%2023%20de%20diciembre%20de,a%20los%20productos%20agropecuarios%20colombianos>.
- Lombana, X. (2021, 22 de noviembre). Mango colombiano, con luz verde para ingresar a Estados Unidos. Mincit. <https://www.mincit.gov.co/prensa/noticias/comercio/mango-colombiano-ingresa-a-estados-unidos#:~:text=Los%20principales%20proveedores%20de%20esta,a%20Aruba,%20Curacao%20y%20Panamá>.
- Restrepo Salazar, J. C. (2012). Cadena del mango. Indicadores y apoyos. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 1, 41.
- Carrejo, N. (1994). Lista preliminar de las moscas de la fruta del género *Anastrepha* (Dip.: *Tephritidae*) en el departamento del Valle del Cauca. Cali, Colombia.
- Núñez Bueno, L. (1996). Las moscas de las frutas en Colombia e incidencia en la fruticultura colombiana.
- Rodríguez Dávila, F. (2021). Desarrollo de un sistema de visión artificial remoto para la detección de antracnosis o mancha foliar en los cultivos de fresa.
- La antracnosis no será más un problema incontrolable para los productores de mango (s/f). Gov.co. Recuperado el 10 de junio de 2023, de <https://www.agronet.gov.co/Noticias/Paginas/La-antracnosis-no-ser%C3%A1-m%C3%A1s-un-problema-incontrolable-para-los-productores-de-man.aspx>.
- Gómez, H. M. (2022). Requisitos fitosanitarios para la exportación de frutos frescos de mango (*Mangifera indica*) desde Colombia hacia Estados Unidos de América. 43.
- Li, H. Deep learning for natural language processing: advantages and challenges. *National Science Review*, 5(1), January 2018, 24–26, <https://doi.org/10.1093/nsr/nwx110>.
- Melgar, M. Inteligencia artificial aplicada a la agricultura.
- Ahmed, S. F., Alam, M. S. B., Hassan, M., Rozbu, M. R., Ishtiaq, T., Rafa, N., ... Gandomi, A. H. (2023). Deep learning modelling techniques: current progress, applications, advantages, and challenges. *Artificial Intelligence Review*, 1-97.
- Torres, J. (2020). *Python deep learning: Introducción práctica con Keras y TensorFlow 2*. Alpha Editorial.
- Singh, U. P., Chouhan, S. S., Jain, S., Jain, S. (2019). Multilayer convolution neural network for the classification of mango leaves infected by anthracnose disease. *IEEE Access*, 7, 43721-43729.
- Ramírez Alberto, L. Desarrollo de un sistema para la identificación temprana de la antracnosis en frutos de mango basado en visión de máquina (disertación doctoral, Universidad Nacional de Colombia).
- Romero-Acero, A., Marín-Cano, A., Jiménez-Builes, J. A. (2015). Sistema de clasificación por visión artificial de mangos tipo Tommy. *Revista UIS Ingenierías*, 14(1), 21-31.

Estrategias de gestión del conocimiento en instituciones de educación superior para la educación continuada

Development of a guide for the implementation of knowledge management strategies in higher education institutions

MARIEN ELIANA GUAYAN CITA¹ - MARTHA EDITH ROLÓN RAMÍREZ²

1. Business Analysts IT. Hitachi Energy Colombia. Bogotá, Colombia.

2. Directora de la Unidad de Proyectos de la Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

marien.guayan@mail.escuelaing.edu.co - martha.rolon@escuelaing.edu.co

Recibido: 10/01/2023 Aceptado: 11/02/2023

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

Resumen

Las dinámicas de la sociedad actual, enmarcadas en entornos cambiantes, globalizados, acelerados y con la combinación de mundos físicos, biológicos y digitales, han puesto a prueba a las organizaciones de todos los sectores económicos, demandando productos, servicios y soluciones innovadoras que respondan a las necesidades particulares de los individuos. Esta tendencia se hace evidente en nuevos esquemas de organizaciones, gestadas en conocimiento y modelos de negocios escalables y de rápido crecimiento. El sector de la educación no es la excepción; la exigencia de educación vitalicia, gratuita y personalizada, así como el afán de educación de calidad, exige repensar las prácticas actuales en el ámbito de las instituciones de educación superior (IES), las cuales se han visto en la necesidad de implementar cambios en sus procesos.

Por lo anterior, se considera pertinente mejorar el desempeño del proceso de educación continuada en las IES, dado que, mediante este tipo de formación, se puede brindar programas más flexibles, de corta duración y que respondan a las exigencias del entorno cambiante. En este sentido, se identifica la oportunidad de aplicar la creación y gestión del conocimiento como nueva filosofía de gestión en las IES, la cual se materializa a través del desarrollo de una guía metodológica que aspira a convertirse en una herramienta concreta y simple, que oriente a las IES en el paso a paso que hay que seguir, frente al reto de implementar estrategias de gestión del conocimiento, como medio para materializar en forma efectiva los objetivos planteados en relación con la educación continuada.

Palabras claves: conocimiento, gestión del conocimiento, guía metodológica, instituciones de educación superior, modelos de gestión de conocimiento.

Abstract

The dynamics of today's society framework in changing, globalized, and accelerated environments and the combination of physical, biological, and digital worlds have put organizations from all economic sectors to the test. Products, services, and innovative solutions that respond to the needs of individuals are demanded. This trend is evident in new schemes of knowledge-based organizations and scalable and fast-growing business models. The education sector is not the exception, the demand for lifelong, free, and personalized education and the desire for quality education require rethinking current practices in the field of Higher Education Institutions, which have seen the need to implement changes in their processes.

Therefore, it is considered pertinent to improve the continuing education process in HEIs, given that, through this type of training provides more flexible short-term programs, which respond to the changing environment. In this sense, it is paramount to identify the opportunity to apply the creation and knowledge management as a new management philosophy in HEI, in the step by step to follow, facing the challenge of implementing knowledge management strategies, to effectively materialize the objectives set regarding Continuing Education.

Keywords: knowledge, knowledge management, methodological guide, higher education institutions, knowledge management models.

INTRODUCCIÓN

El conocimiento es uno de los protagonistas destacados de la sociedad actual y un elemento fundamental para el éxito de cualquier tipo de organización (Davis, Subrahmanian & Westerberg, 2005; Hislop, 2005; Nonaka & Takeuchi, 1995; Senge, 1992), potenciando así el desarrollo de disciplinas como la “creación y gestión del conocimiento”, que permiten tanto generar nuevos conocimientos como rentabilizar el conocimiento ya existente (Davenport & Prusak, 2001; Rodríguez, 2009, p. 37). En este sentido, vale la pena anotar que la gestión del conocimiento es más que un proceso de recopilación de información; el objetivo principal es crear nuevos saberes, que aporten valor y generen ventaja competitiva (Correa, Benjumea & Valencia, 2019).

En el caso de las instituciones de educación superior (IES), la gestión de conocimiento se puede utilizar para lograr un entendimiento más integral de la información, mediante la identificación del contexto de la institución y el funcionamiento de las personas, los procesos y la tecnología (Petrides & Nguyen, 2006). En este aspecto, las IES han desempeñado un papel fundamental en la sociedad del conocimiento, sociedad en la cual se fortalece de sus diversidades y capacidades (Unesco, 2005). Es decir, son sistemas sociales reconocidos como centros de conocimiento e información, donde se aprende y se apoya el desarrollo de la ciencia, tecnología e innovación, debido a que son claves como gestores del cambio para la creación, difusión, aprendizaje e innovación (Correa, Benjumea & Valencia, 2019).

Además, las IES deben aprovechar los beneficios de la implementación del conocimiento, dado que este es el principal valor en sus actividades de formación, investigación y extensión (Naranjo, González & Rodríguez, 2016), y se puede aplicar en todos los procesos y procedimientos de la institución. Esto significa que en una IES la gestión del conocimiento determina la base de todos los procesos, a causa de su importancia para el funcionamiento del sistema, donde desempeñará un papel esencial en el mejoramiento de la calidad de las instituciones (Almuiñas, Passaillaigue & Galarza, 2015); esto se debe a que la gestión del conocimiento ha sido reconocida como un instrumento eficaz para mejorar el rendimiento y la productividad de las instituciones en la era del conocimiento, en razón de que se articula con el proceso de enseñanza y aprendizaje (Nikolaus, 2011).

Cabe agregar que, en el caso de las IES, los miembros de la institución son los que deben emplear esas herramientas para avanzar en la creación y divulgación de nuevo conocimiento (Correa, Benjumea & Valencia, 2019), ya que la educación superior es consciente del valor que el conocimiento ha logrado para el mejoramiento y crecimiento de las sociedades.

En síntesis, las IES son un centro de conocimiento donde se genera, transforma, aplica, entrega y divulga conocimiento, y donde se ha constatado que la gestión del conocimiento presenta efectivamente una forma positiva en el rendimiento de las organizaciones educativas, porque permite ver lo importante que pueden ser la disponibilidad y el uso adecuado del conocimiento para el desarrollo de las actividades de las instituciones (Araya, Salgado, Grandón, Ramírez & Alfaro, 2019). A su vez, la gestión del conocimiento orienta a la institución hacia una organización de continuo aprendizaje, e inculca los principios de la mejora continua (Ditzel, 2005).

En relación con su adopción, si bien la gestión del conocimiento se ha desarrollado en el ámbito del sector productivo en general como la manera de reconocer el papel clave que el conocimiento cumple en los nuevos modelos de producción en la sociedad posmoderna, no se ha implementado lo suficiente en el sector de la educación superior en Colombia, lo que de por sí es contradictorio, pues, como se ha expuesto, este sector es el que está llamado a ser un eje fundamental en la generación de conocimiento, a partir de la investigación, en su difusión y transmisión a través de los procesos de proyección social (Ortiz, 2016, p. 40).

Por otro lado, las cambiantes y complejas exigencias de la práctica social y productiva, los procesos de globalización, el incremento de la competitividad y el desarrollo tecnológico han evidenciado la necesidad de hacer cambios en cualquier tipo de organización (Anderson, 2010; Brown, Leach & Covey, 2008). Esto sucede sobre todo en los centros educativos, que están obligados a ser más innovadores, creativos y eficientes si pretenden abarcar la complejidad emergente (Rodríguez, 2009, p. 33). Las IES están sometidas a procesos de cambios y transformaciones, buscando aportar a la construcción de una sociedad donde el aprendizaje, la creatividad de la educación y el valor del conocimiento sean claves para alcanzar el desarrollo económico y social (Esquivel, León & Castellanos, 2017).



Figura 1. Metodología de la investigación.

Fuente: Elaboración propia.

Etapa 2. Análisis de la información

En esta etapa se analiza la información recopilada, la cual empieza con la identificación de las generaciones de la evolución del conocimiento, a la que se añade el análisis de definiciones de gestión del conocimiento relacionadas con la generación de valor en la organización, así como definiciones que contemplan una visión integral respecto a sus componentes (procesos, personas y tecnología). Posteriormente, se examinan publicaciones científicas referentes a la implementación de estrategias de CGC en las IES y se complementa con identificación y selección de modelos de CGC, sobre los que se estudian sus características; finalmente, se hace un análisis de la estructura de diversas guías, a partir del cual se identifican los componentes de la guía metodológica.

En relación con el análisis de las tres generaciones de la evolución del conocimiento propuestas por Snowden (2003), la guía metodológica se orientó hacia la segunda generación, la cual fomenta el trabajo colaborativo y contempla la detección de problemas como un disparador del aprendizaje que puede desencadenar en la formulación de conocimiento.

Por otro lado, a partir del análisis de definiciones de gestión del conocimiento que cubren cronológicamente desde Nonaka y Takeuchi (1995), hasta North (2014),

se establece como definición de CGC para esta investigación, la siguiente: “La CGC se asocia a un proceso estratégico que, mediante la interacción entre personas, organización, procesos y tecnología, incrementa las capacidades de los individuos, los equipos y las organizaciones, para crear y gestionar el conocimiento explícito y tácito, generando nuevos conocimientos que se diseminan de manera efectiva y se materializan en la solución de problemas y en la generación de ventajas competitivas”. Se analizaron, además, características y recomendaciones frente a la implementación de estrategias de CGC propuestas por expertos que abarcan sucesivamente desde Davenport & Volpel (2001), hasta Torres (2018).

En lo que tiene que ver con los modelos de CGC, se identificaron 30, de los cuales se eligieron diez modelos a partir de la aplicación de los siguientes criterios de selección:

- Proximidad, es decir, desarrollado o aplicado en el entorno colombiano.
- Pertinencia, que se refiere a la orientación al sector de la educación.
- Reconocimiento, esto es, que se haya divulgado en revistas científicas.

- Evolución, vale decir, orientado a la segunda generación del conocimiento.
- Actualidad, esto es, que se haya propuesto en los últimos 20 años.

Posteriormente, para cada uno de los modelos seleccionados se identificaron y describieron sus características en términos de fases, procesos, herramientas, cultura organizacional y características de las personas, los cuales dieron origen a los tres componentes específicos de la guía: fases, procesos y habilitadores.

Con respecto a las fases, se identificaron cuatro que se propusieron para la guía:

- Detección del conocimiento.
- Desarrollo del conocimiento.
- Aplicación del conocimiento.
- Evaluación de resultados.

Con respecto al componente específico de procesos, para cada uno de ellos se identificaron entradas, herramientas, salidas y roles involucrados. Los criterios aplicados para la selección de los 11 procesos, a partir de los 54 identificados, fueron los siguientes:

Orientación a resolver una necesidad preferiblemente específica y no organizacional, en razón de que la guía se enmarca en la segunda ola de generación de conocimiento; además, con su implementación se pretende obtener victorias tempranas.

Que el proceso no requiera la adquisición de aplicaciones informáticas para su implementación, pues el marco de la segunda ola de gestión del conocimiento invita a que los esfuerzos se dirijan al aprendizaje organizacional y no a las herramientas.

Finalmente, tomando en cuenta que el producto de la presente investigación es una guía metodológica, con el fin de determinar cuál debía ser su estructura, se analizaron catorce guías metodológicas, de las que se seleccionaron once, producto de la aplicación de los siguientes criterios:

- **Proximidad.** Guías que se hayan implementado en Colombia.
- **Pertinencia.** Guías que se relacionen con gestión del conocimiento.
- **Reconocimiento.** Guías que se hayan aplicado en organizaciones, entidades o instituciones reconocidas.

- **Complejidad.** Estructuración acorde con una guía metodológica.

A partir de las once guías seleccionadas, se identificaron los siete componentes genéricos de la guía, los cuales se describen en la etapa 3 de la metodología.

En resumen, con base en el desarrollo de esta segunda etapa, a partir del análisis de información se lograron identificar:

- Los elementos del ciclo de CGC a través del cual se implementarán las estrategias de CGC (fases, procesos, habilitadores institucionales y habilitadores en las personas).
- Los componentes genéricos y específicos de la guía metodológica, que definen la estructura de esta.
- Las cuatro fases y los once procesos que orientarán la implementación de estrategias de CGC en el proceso de educación continuada en una IES.
- La configuración de cada proceso, definida como entradas, actividades, herramientas, salidas y roles involucrados.

RESULTADOS

Para la construcción de la guía metodológica se tomó como insumo el análisis de la información recopilada, producto de la revisión de literatura hecha, de tal manera que las recomendaciones plasmadas en cada aspecto analizado se tuvieron en cuenta para la estructuración y desarrollo de los componentes de la guía.

Etapa 3. Desarrollo y verificación de la guía

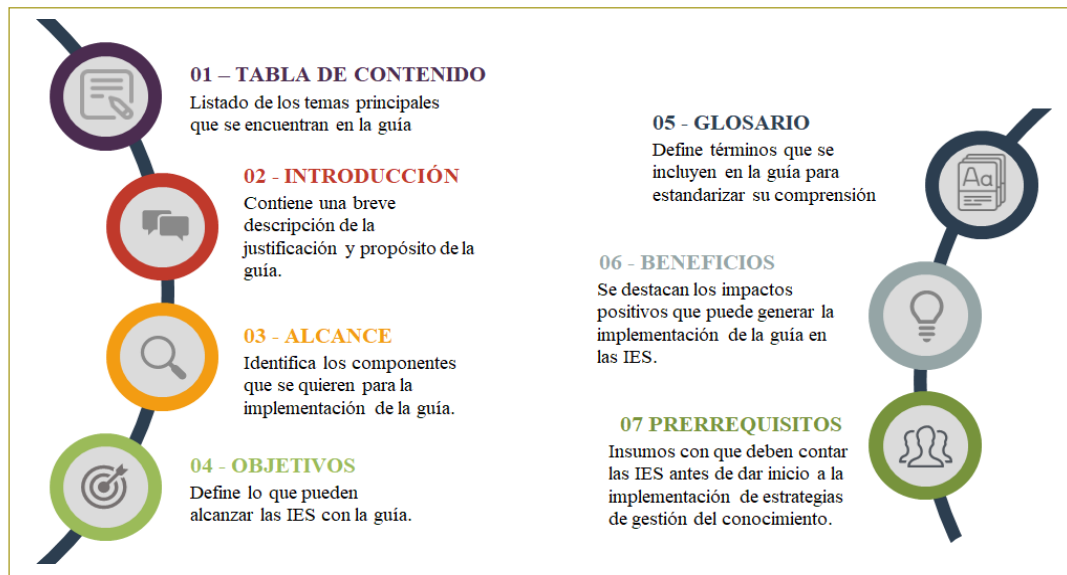
Con base en la estructura de la guía, la cual integra componentes genéricos y específicos, se procede al desarrollo de esta en términos de contenido y diseño gráfico.

Seguidamente, se exponen y describen los componentes genéricos incorporados en la guía metodológica, los cuales dan contexto a la implementación de estrategias de CGC en el proceso de educación continuada en una IES (figura 2).

Así mismo, se presentan las cuatro fases y los once procesos, junto a los habilitadores institucionales y las características de las personas, constituyen los componentes específicos de la guía metodológica (figura 3).

Figura 2. Componentes genéricos de la guía metodológica.

Fuente: Elaboración propia.



A continuación, se describe el alcance de cada una de las fases.

- **Fase 1. Detección del conocimiento:** Esta fase permite identificar necesidades (problema/opportunidad) de la institución, que impactan sobre los resultados. Se parte de lo propuesto por Firestone y McElroy (2003a) con respecto a que la detección de necesidades, dispara el aprendizaje, con el fin de contar con la trazabilidad de la gestión de necesidades. En esta fase también se contempla la identificación de personas capaces de idear, investigar, experimentar e innovar en las actividades relacionadas con la necesidad identificada.

- **Fase 2. Desarrollo del conocimiento:** Una vez detectada la necesidad, se conforma el equipo de trabajo que va a proponer, evaluar y determinar soluciones a la necesidad planteada, a partir de lo cual crea, clasifica y capta el conocimiento, alimentando la herramienta definida como base de datos de creación y gestión del conocimiento.
- **Fase 3. Aplicación del conocimiento:** En esta fase el equipo comparte el conocimiento con otros miembros de la institución, de manera que puedan participar en el desarrollo de un piloto en el que se aplicará el conjunto de soluciones propuestas y se identificarán los ajustes que se requieran. Así mismo, a partir de la experiencia generada en torno a la im-

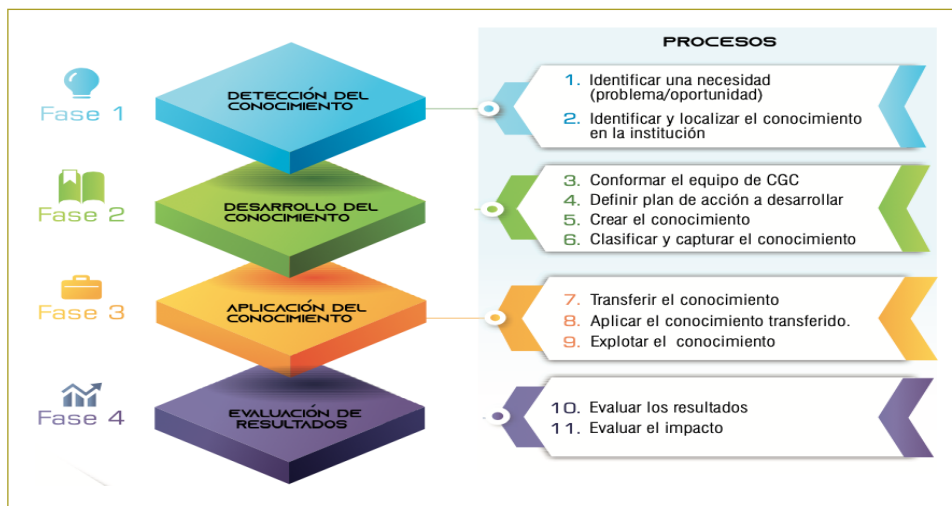


Figura 3. Fases y procesos de la guía metodológica.

Fuente: Elaboración propia.

plementación de la estrategia de creación y gestión del conocimiento, se propone desarrollar productos como artículos, ponencias y cursos que permitan explotar el conocimiento generado.

- **Fase 4. Evaluación de resultados:** En este punto se analizan los resultados de la implementación del piloto, con respecto al cumplimiento de objetivos. Se identifican fortalezas y acciones de mejora, y se toma la decisión de incorporar o no el conjunto de soluciones al proceso de educación continuada, de manera que pueda replicarse sobre otras iniciativas. Por otro lado, se hace una revisión general del impacto generado en la institución, producto de la implementación de estrategias de gestión del conocimiento.

En cuanto a la estructura de los procesos, como ya se mencionó, además de las entradas, actividades, herramientas y salidas, se identifican los roles (no cargos), los cuales se describen a continuación:

- **Líder de creación y gestión del conocimiento (CGC) para educación continuada.** Es quien responde a la Alta Dirección por el cumplimiento de metas de educación continuada.
- **Equipo primario de CGC.** Los miembros de este equipo interdisciplinario son los que apoyan de forma directa al líder de creación y gestión del conocimiento desde la identificación de las necesidades o disparadores del conocimiento.
- **Equipo responsable de implementar la estrategia de CGC.** Equipo diverso en jerarquía, conocimiento y experiencia, responsable de proponer, evaluar e implementar la solución a la necesidad identificada.
- **Receptores del conocimiento.** Equipo responsable de la ejecución del piloto a través del cual se implementará la solución propuesta.

En relación con el componente herramientas, para cada proceso se sugieren herramientas que apoyarán el desarrollo de las actividades propuestas, ya que alimentan los repositorios de conocimiento. Estos repositorios almacenan todo tipo de conocimiento de utilidad para la organización y en diferentes grados de codificación o estructuración: documentos institucionales (texto, imagen, video y audio, buenas prácticas, lecciones aprendidas, narraciones, correos electrónicos, registros

de participaciones en un chat o debates en foros electrónicos, entre otros) (Rodríguez, 2009, p. 283). Dentro del grupo de herramientas que propone la guía para alimentar el repositorio de conocimiento se encuentran herramientas genéricas y herramientas específicas. Estas últimas son las desarrolladas en la presente investigación, con el fin de gestionar el conocimiento creado a medida que se desarrollaba cada proceso propuesto en la guía. En este sentido, se propusieron una base de datos de gestión de necesidades, una base de datos de gestión de conocimiento y las páginas amarillas, las cuales hacen referencia a un listado en el que se registra el personal de la institución, y se identifican y especifican sus competencias, experiencias, áreas de conocimiento e información de contacto.

Finalmente, se identifican los habilitadores, que en el contexto de la presente investigación son aquellas características tanto de la institución como de las personas que facilitan la implementación de estrategias de gestión del conocimiento para el cumplimiento de metas en educación continuada. En relación con los habilitadores institucionales, se determinaron los que se exponen más adelante (figura 4).

Con respecto a los habilitadores en las personas, se reconoce la importancia de la dimensión humana en la implementación de estrategias de CGC y se identifican en la guía metodológica las características que se enuncian posteriormente (figura 5).

Una vez elaborada y estructurada la guía, se desarrollan los instrumentos para someterla a un proceso de verificación por parte de expertos, para lo cual se contactó a la Red de Educación Continua de Latinoamérica y Europa (Recla), la cual tiene como propósito “promover las condiciones para el desarrollo de una educación continua que alcance los más altos estándares de calidad”. La red se creó hace 23 años, cuenta con presencia en 20 países y la conforman responsables del cumplimiento de metas de educación continuada, entre los que se encuentran directores de unidades de extensión o coordinadores de educación continuada.

Como insumos para el proceso de verificación se les facilitó la guía metodológica y además se desarrolló un instrumento en Google Forms, en el cual se plantearon ocho preguntas con respecto los componentes de la guía y a su utilidad.

En conclusión, los logros alcanzados con las actividades realizadas en esta etapa fueron los siguientes:

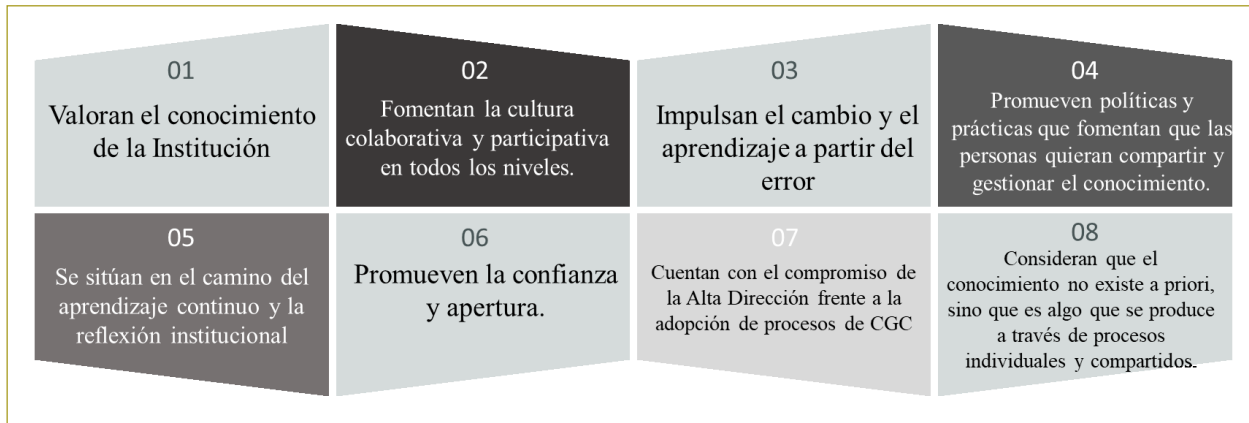


Figura 4. Habilitadores institucionales.

Fuente: Elaboración propia.

- Se desarrolló el contenido de la guía (los contenidos asociados con los componentes previamente identificados en la estructura).
- Se diseñó la guía metodológica.
- Se incorporaron elementos de diseño gráfico en la guía.
- Se desarrolló el instrumento de verificación.
- Se aplicó el instrumento de verificación a expertos.
- Se analizaron los resultados de verificación.
- Se generó la guía metodológica, denominada ECO, que hace alusión a las iniciales de los términos educación, conocimiento y organización.

Etapa 4. Prueba piloto

Finalizada la verificación de expertos y generada la versión final de la guía metodológica, denominada ECO,

se tomó como insumo para el desarrollo de la prueba piloto, la cual se realizó en la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito y en la que se abordaron los cuatro primeros procesos. Para cada proceso piloteado se analizó la pertinencia de las entradas, actividades, herramientas, salidas y roles propuestos en la guía.

La prueba piloto permitió reducir los riesgos frente a una implementación general. En este caso, se desarrolló con el objetivo de identificar posibles brechas entre lo propuesto en la guía y su implementación en la IES, con el fin de que, a partir de estas se planteen las acciones preventivas o correctivas a que hubiese lugar y se identifiquen futuras mejoras.

Con base en lo evidenciado en el piloto se plantearon mejoras, entre las cuales se destacan el cambio del nombre del equipo de CGC, por equipo responsable de

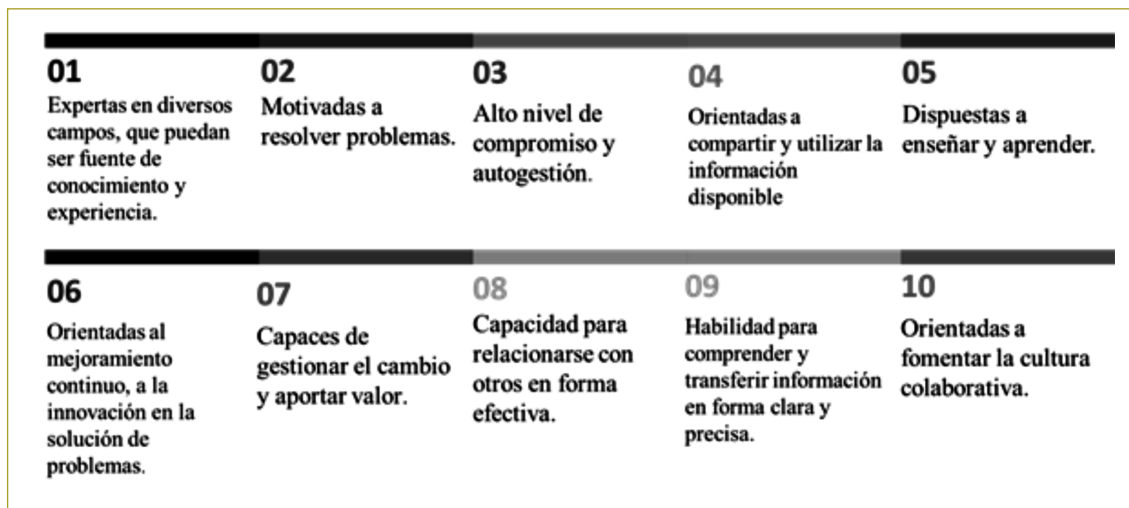


Figura 5. Habilitadores en las personas.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 6. Versión actualizada de los procesos, con base en los resultados del piloto.

Fuente: Elaboración propia.

proponer, evaluar e implementar la estrategia de CGC, de manera que sea más explícita su responsabilidad. Así mismo, se precisó que el plan de acción debía orientarse a la implementación y no a la identificación de la solución de la necesidad, por lo que se reorganizaron los procesos de manera que primero se cree, clasifique y capte el conocimiento, que son las soluciones que se plantean a la necesidad, y luego sí se desarrolle un plan de acción con las actividades, recursos y plazos requeridos, de cara a la implementación de la solución. En la figura anterior se exponen los cambios generados sobre el alcance en los procesos, luego del piloto (figura 6).

En resumen, los resultados alcanzados con el desarrollo del piloto permiten evidenciar que los equipos diversos plantean soluciones diversas y enriquecen la identificación de alternativas de solución.

CONCLUSIONES

La guía metodológica desarrollada se orienta hacia la segunda generación de la evolución del conocimiento, la cual fomenta el trabajo colaborativo y contempla la detección de problemas como un disparador del aprendizaje que puede desencadenar en la formulación de conocimiento.

En relación con las buenas prácticas de CGC, se identificaron 30 modelos, de los cuales solo 10 cumplieron con el 60 % de los criterios (proximidad, pertinencia, reconocimiento, actualidad y evolución) propuestos para cumplir con los objetivos de la guía.

La guía metodológica incorpora todas las características relevantes identificadas a partir del marco teórico en relación con las fases, procesos, herramientas y habilitadores, así como también visión integral que plantea los prerrequisitos que debe cumplir una institución antes de empezar a implementar las estrategias de CGC; describe los procesos, las herramientas tecnológicas, los roles requeridos, así como los habilitadores organizacionales y las características de las personas que facilitarán la efectiva implementación de las estrategias de CGC en la IES.

Expertos de las IES asociadas a la Red de Educación Continua de Latinoamérica y Europa (Recla) verificaron el contenido de la guía y manifestaron que están dispuestos a ponerla en práctica por su facilidad de implementación, por su utilidad en el concepto de universidad de hoy y porque permite, de manera completa y organizada, lograr mejores resultados en la gestión de educación continuada.

Se contestó así la pregunta de investigación planteada: ¿cómo implementar estrategias de gestión del conocimiento en el proceso de educación continuada en una IES? La respuesta es, precisamente, una guía metodológica que permita implementar estrategias de gestión del conocimiento en un marco de habilitadores organizacionales y competencias personales.

Los resultados obtenidos evidencian que la implementación de estrategias de gestión de conocimiento permite a las IES mejorar su proceso de educación continuada; así mismo, como resultado de la prueba piloto, se identificaron oportunidades de mejora en relación con la estructuración de algunos procesos, las cuales se adaptaron y dieron origen a una versión ajustada de la guía.

La guía metodológica incrementa el uso de las capacidades existentes en las instituciones y responde a cambios ágiles frente a las mejoras que los procesos puedan requerir, lo cual es clave para la implementación de estrategias y oportunidades competitivas.

REFERENCIAS

- Almuiñas, J. L., Passailaigue, R., & Galarza, J. (2015). La gestión de la información y el conocimiento: una oportunidad para las instituciones de educación superior. *Universidad y Sociedad*, 7, (3), 16-22.
- Araya, S., Salgado, C., Grandón, E. E., Ramírez, P., & Alfaro, J. (2019). Explorando la relación entre gestión del conocimiento y rendimiento organizativo en organizaciones educativas. *14th Iberian Conference on Information Systems and Technologies*, 19-22.
- Ascún (2019, julio). Universidad y cuarta revolución industrial. *Pensamiento Universitario*, 29.
- Correa, A. M., Benjumea, M., & Valencia, A. (2019). La gestión del conocimiento: una alternativa para la solución de problemas educacionales. *Revista Electrónica Educare*, 23, (2), 1-27, en <https://doi.org/10.15359/ree.23-2.1>.
- Davenport, T., & Prusak, L. (1998). *Working Knowledge: How Organizations Manage What They Know*. Harvard Business School Press.
- Davenport, T., & Prusak, L. (2001). *Conocimiento en acción. Cómo las organizaciones manejan lo que saben*. Buenos Aires: Pearson Education.
- Davis, N., & O'Halloran, D. (2018). La cuarta revolución industrial impulsa la globalización 4.0. World Economic Forum, en <https://es.weforum.org/agenda/2018/11/la-cuarta-revolucion-industrial-impulsa-la-globalizacion-4-0/>.
- De Freitas, V. (2017). Nivel de madurez en sistemas de gestión del conocimiento en instituciones de educación superior: un estudio de caso desde un enfoque holístico. *Gecontec: Revista Internacional de Gestión del Conocimiento y la Tecnología*, 5(1), 83-102.
- Ditzel, B. (2005). *Desarrollo de un modelo de gestión del conocimiento para un departamento universitario*. Tesis doctoral. Escuela de Ingenieros Universidad de Navarra. San Sebastián, España.
- Esquivel, V. A., León, R. R., & Castellanos, P. M. (2017). Mejora continua de los procesos de gestión del conocimiento en instituciones de educación superior ecuatorianas. *Retos de la Dirección*, 11(2), 56-72.
- Estrada, V. & Benítez, F. (2010). La gestión del conocimiento en la nueva universidad cubana. *Revista Universidad y Sociedad*, 2, (2).
- Naranjo, P. S., González, H. D., & Rodríguez, M. J. (2006). El reto de la gestión del conocimiento en las instituciones de educación superior colombianas. *Folio* (44), 151-164. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, Colombia.
- Nikolaus, M. (2011). Knowledge management in education in Indonesia: an overview. *Global Journal of Human Social Science*, 11, (1), 30-44.
- Nonaka, I., & Takeuchi, H. (1995). The knowledge-creating company. *Oxford University Press*, 60-102.
- Ortiz, J. (2017). Modelo de gestión del conocimiento para las instituciones de educación superior (IES) en Colombia. Universidad de Celaya & Universidad Libre. Bogotá, Colombia.
- Passailaigue, R., & Estrada, V. (2016). La gestión del conocimiento y el aprendizaje organizacional en el contexto académico. *Revista Internacional de Gestión del Conocimiento y la Tecnología*, 4, (2), 42-51.
- Petrides, L., & Nguyen, L. (2006). Knowledge management trends: challenges and opportunities for educational institutions. In A.S. Metcalfe (ed.). *Knowledge management and higher education: a critical analysis* (pp. 21-33). Idea Group Publishing, Hershey.
- Red Universitaria de Educación Continua de Latinoamérica y Europa (2019). Retos y claves de la educación continua. *Revista Recla*, 6. <https://recla.org/>.
- Rodríguez, D. (2009). *La creación y gestión del conocimiento en las organizaciones educativas: barreras y facilitadores. Un estudio multicaso*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona. Barcelona, España.
- Saavedra, M. (2020). La educación continuada poscovid 19, en <https://recla.org/noticias/la-educacion-continua-post-covid-19/>.
- Senger, P. (2010). La quinta disciplina: el arte y la práctica de la organización abierta al aprendizaje (2.ª ed.). Buenos Aires.
- Torres, L. (2018). Tecnología: ensayo. *Revista Gestión de las Personas y Tecnología*, 54-68.
- Unesco (2005). Hacia las sociedades del conocimiento. Informe mundial de la Unesco, en <https://dds.cepal.org/redesoc/publication?id=532>.

El concepto de probabilidad de un evento en estudiantes de la universidad. La ausencia de un enfoque frecuencial y diversas heurísticas observadas

Probability of an event in undergraduate students. The absence of a frequentist approach and some heuristics observed

YESID ESTEBAN CLAVIJO PENAGOS

Profesor del Centro de Estudios de Ciencias Exactas de la Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

yesid.clavijo@escuelaing.edu.co

Recibido: 15/01/2023 Aceptado: 18/02/2023

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

Resumen

En este escrito se presenta una investigación cuyo primer objetivo fue establecer la forma en que estudiantes de Ingeniería de la Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito conciben el concepto de probabilidad antes de comenzar el curso “Probabilidad y estadística” (PRYE), y en particular, indagar acerca de la presencia o no del enfoque frecuencial del concepto; el segundo objetivo fue descubrir las heurísticas empleadas por dichos estudiantes al responder a preguntas de naturaleza aleatoria.

Se realizó un estudio con 105 estudiantes de quinto semestre que van a comenzar a cursar PRYE, en el que se les presenta un cuestionario de diez ítems con situaciones de tipo probabilístico. Los resultados obtenidos dan cuenta de que el enfoque laplaciano del concepto está presente de manera predominante entre los estudiantes, el enfoque subjetivo se ubica en segundo lugar y el enfoque frecuencial se muestra ausente. Diversas heurísticas referidas en la bibliografía se observan también en las respuestas, en particular, las heurísticas de anclaje, disponibilidad y representatividad.

Palabras claves: probabilidad, enfoques, laplaciano, frecuencial, subjetivo, concepciones, Anclaje, Disponibilidad, Representatividad.

Abstract

This paper presents an investigation whose objective was to establish the predominant written conception(s) and views in relation to the concept of probability in engineering students of Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

A study is conducted with 105 fifth-semester students who are taking “Probability and Statistics” for the first time, to whom a 10-item probability-based questionnaire is presented. The results of the qualitative interpretive study show that the Laplacian approach to the concept is present among students, the second place for the subjective approach, and the frequentist approach does not show. Likewise, in the students’ answers, several heuristics referred to in the literature arose, namely, Anchoring, Availability, and Representativeness.

Keywords: probability, approaches, laplacian, frequentist, subjective, heuristics, anchoring, availability, representativeness.

INTRODUCCIÓN

Probability is a particularly slippery concept... like a frictionless surface; it not only trips you up, but keeps you sliding once you're down. (El concepto de probabilidad es particularmente resbaladizo... como una superficie sin fricción; no solamente te hace tropezar, sino que te mantiene deslizando luego de que estás abajo).

KONOLD, 1988

El enfoque clásico o laplaciano del concepto de probabilidad es, quizás, el más conocido. A la pregunta “¿por qué cree usted que, al lanzar una moneda al aire, el chance de que caiga en una de las caras es del 50 %?”, posiblemente la respuesta más común sea del tipo “porque hay dos caras y la moneda cae en una de esas dos caras”, lo cual señala una concepción laplaciana del concepto (un resultado favorable, de entre dos posibles, ambos equiprobables).

Sin embargo, la probabilidad se ha estudiado, históricamente, desde al menos tres enfoques: laplaciano, frecuencial y subjetivo. El enfoque frecuencial no es quizá tan conocido como el laplaciano, pese a que, como se ha señalado en la bibliografía, es necesario para interpretar correctamente los procedimientos de la estadística inferencial (Albert, 2003). Esta concepción de la probabilidad permite que algunos fenómenos de naturaleza aleatoria, al parecer, se expliquen mejor desde este punto de vista (como cuando se dispone de suficiente información histórica). El siguiente es un ejemplo de este aspecto particular, proveniente de los cursos de probabilidad y estadística PRYE en la Escuela:

La afirmación “la probabilidad de que un avión llegue a tiempo a su destino es del 82 %” (Walpole, 2012) se puede justificar si la información histórica de llegadas de ese avión, o de aviones de esa ruta, es suficientemente abundante¹ y sugiere esa proporción de aviones que llegan a tiempo.

Por otra parte, los jóvenes poseen ideas informales y prejuicios en situaciones en las que interviene el azar

(Alvarado et al., 2018). En el ámbito local, los estudios sobre las respuestas que estudiantes sin formación previa proporcionan a preguntas o situaciones probabilísticas, así como sobre los puntos de vista y sesgos observados en tales respuestas son inexistentes, a juicio del autor, pese a tratarse de temas de investigación clásicos en didáctica de la probabilidad (Vergara et al., (2020; Pratt & Kazak, 2018; Salcedo et al., 2008; Tarr, 1997; Konold, 1988; Tversky & Kahneman, 1974, entre muchos otros). De manera particular, cuando un curso de probabilidad y estadística es tomado la primera vez por estudiantes de segundo o tercer año de una carrera de Ingeniería en la Escuela, con frecuencia se trata del primer curso formal en tales temas, lo que implica que dichos estudiantes llegan con concepciones probabilísticas intuitivas. Las preguntas guía para esta investigación son las siguientes:

¿En qué proporción se evidencian los tres (3) enfoques revisados sobre el concepto de probabilidad en la estructura de pensamiento de los estudiantes sin formación previa en el área?

¿De cuáles heurísticas/concepciones, de entre los referidos en la literatura en relación con el concepto de probabilidad, hacen uso los estudiantes sin instrucción formal al afrontar situaciones en que interviene el azar?

En la sección 2 se muestra el marco conceptual del trabajo, en la sección 3 se puede observar un cuestionario basado en las preguntas de investigación y se lleva a cabo un análisis de las respuestas dadas por estudiantes de la Escuela, y en la sección 4 se presentan conclusiones e implicaciones del trabajo realizado.

MARCO CONCEPTUAL

Enfoques de la probabilidad: breve recuento histórico

El pensamiento probabilístico ha tenido un desarrollo relativamente tardío, en comparación con otras ramas del pensamiento matemático. Batanero & Parzys (2005) señalan que el salto decisivo se dio apenas en el siglo XVII con la correspondencia entre Pascal y Fermat, en la que se cuantificaron los chances de ganar en un juego cuando este se detiene en algún momento antes de terminar. No obstante, al parecer, la primera aseveración concreta sobre cómo calcular la probabilidad de un evento la hizo de manera precisa, De Moivre hacia 1718: “Si constituimos una fracción donde el numerador

1. Por supuesto que cabe la discusión clásica de qué se entiende por información *suficientemente abundante*. Y es que, aunque en algunos contextos se han hecho consideraciones informales de qué tamaño de muestra es *suficiente* para dar soporte a ciertas afirmaciones de probabilidad (por ejemplo, en el teorema central del límite), en general este tipo de preguntas recaen en el ámbito de la teoría de la credibilidad y, por ende, quedan fuera del alcance de este trabajo.

es el número de formas en que un evento puede ocurrir, y el denominador indica la cantidad total de posibles resultados, la fracción será una definición adecuada de la probabilidad de ocurrencia del evento” (De Moivre, 1718/1967). Esta definición llevaría a la definición de Laplace en 1814: “(una probabilidad es) una fracción donde el numerador es el número de casos favorables y el denominador es el número de todos los casos posibles”. Esta es la definición clásica, el enfoque *laplaciano* de la probabilidad.

Si bien hasta el siglo XIX el enfoque predominante del concepto de probabilidad fue el laplaciano, el origen del enfoque frecuencial es incluso anterior a aquel. Hacia 1620, el duque de Toscana presentó a Galileo un problema catalogado como el primer problema concreto que se haya planteado sobre probabilidad (Bellhouse, 2000). El problema se inspiró en el escenario de lanzar tres dados comunes y en él se planteó la siguiente observación: aunque los resultados 9, 10, 11 y 12 ocurren con igual número de configuraciones cada uno, se observa sin embargo que, tras *muchos* lanzamientos, los resultados 10 y 11 son ‘algo más frecuentes’ que los resultados 9 y 12. Con esto aparecen indicios de un enfoque *frecuencial* de la probabilidad. Bernoulli comenzó a comprender dicho fenómeno en 1713, al señalar la necesidad de buscar la probabilidad de un evento observando el resultado de múltiples experimentos en los que dicho evento ocurre en condiciones iniciales idénticas. Al respecto,

es famoso el enunciado –y prueba– del teorema “Ley de los grandes números” (Bernoulli, 1713).

Los enfoques laplaciano y frecuencial de la probabilidad han tenido pros y contras desde su formulación, en lo referente a sus supuestos de base y sus implicaciones, entre otros aspectos (Batanero et al., 2016). Quizá teniendo en mente tales objeciones se ha considerado el concepto desde un enfoque *subjetivo*: la probabilidad de un evento es, según este enfoque, un valor que depende de la información disponible para el observador y, por ende, dicho valor no es único. Entre los autores que han descrito el concepto de esta forma están Ramsey (1931) y De Finetti (1974); incluso Émile Borel, uno de los fundadores de la teoría de la medida, afirmó que “debemos insistir brevemente en el carácter subjetivo de la probabilidad” (Borel, 1930/1991).

En el siguiente ejemplo se contrastan los supuestos de los tres enfoques descritos. Supóngase que dos objetos se dirigen, de manera independiente, hacia una intersección a cierta velocidad. Para un observador **O**, con plena visión de los dos objetos y la intersección, así como de las velocidades que llevan, la probabilidad **p** de choque es 1 al ver sus posiciones relativas. Sin embargo, para cualquier otro observador con menos información que **O** (por ejemplo, con visión de solo uno de los objetos), la probabilidad podría ser menor que 1. A continuación se muestran diversos aspectos del experimento desde cada uno de los enfoques (tabla 1).

Tabla 1
Probabilidad **p** de choque entre dos objetos, desde tres enfoques de la probabilidad

Enfoque	Requerimientos para el cálculo de p	No requiere...	Valor(es) de p
Laplaciano	Conocer o definir el número total n de posibles resultados, siendo k de ellos denominados “choque”.	<ul style="list-style-type: none"> Repetir el experimento muchas veces. Conocer información de eventos pasados <i>idénticos</i>. 	k/n
Frecuencial	Repetir el experimento muchas veces, o conocer información de <i>suficientes</i> eventos pasados <i>idénticos</i> .	<ul style="list-style-type: none"> Conocer el número total de posibles resultados. 	$0 \leq p \leq 1$ Es imposible conocer el valor <i>a priori</i> .
Subjetivo	Un observador O , con información precisa en relación con el evento.	<ul style="list-style-type: none"> Conocer el número total de posibles resultados. Repetir el experimento muchas veces. Conocer información de eventos pasados <i>idénticos</i>. 	1 para O , menor que 1 para otro observador con menos información o de menor precisión. Depende de la información de cada observador.

Fuente: Elaboración propia, con elementos de Batanero & Díaz (2007), pp. 117.

Cabe señalar que, además de los enfoques descritos, desde el siglo XX se han hecho grandes esfuerzos por axiomatizar la Probabilidad, formalizándola matemáticamente. Émile Borel describió en 1930 la probabilidad como una medida especial y esta idea la empleó Kolmogorov para describir una probabilidad como un objeto matemático que cumple ciertos axiomas (Kolmogorov, 1933/1950); estos axiomas, gracias a su exactitud y extraordinaria precisión, permitieron que la probabilidad sea una rama formalizada de las matemáticas que ha alcanzado una rápida y enorme expansión en descubrimientos teóricos y aplicaciones prácticas. Este enfoque axiomático ha sido ampliamente aceptado por las diferentes escuelas de estudios en probabilidad debido a que, en mayor o menor medida, permite formalizar aspectos de los enfoques laplaciano, frecuencial y subjetivo (Batanero et al., 2016).

Heurísticas en relación con probabilidad

Las heurísticas son estrategias utilizadas por las personas al emitir un juicio, hacer una estimación o tomar una decisión, entre otras acciones, para descomplejizar un problema, disponiendo de información limitada (Al-

varado et al., 2018). Aunque las heurísticas implicaban decisiones erróneas para varios autores del periodo comprendido entre los años cincuenta y noventa, en épocas más recientes se han reconocido como igualmente válidas frente a otras estrategias de decisión (Pratt & Kazak, 2018). En la tabla siguiente hay descripciones de heurísticas importantes en relación con el concepto de probabilidad (tabla 2). Siguiendo a Batanero et al. (2014), en adelante se utilizará el término *concepciones* para referir las heurísticas empleadas por los estudiantes al dar respuestas a preguntas de índole aleatoria. Se muestran los nombres de dichas concepciones y explicaciones breves de estas, así como sesgos de pensamiento inherentes a cada una.

En cuanto al origen de estas y otras concepciones se han brindado variedad de explicaciones que colindan con el campo de la psicología y que se describen a continuación de manera breve. En primer lugar, dichas concepciones han sido “cableadas” por la evolución (Gigerenzer, 2011) como estrategias de toma de decisiones; según Seeley (2001), esto se observa ya en abejas al tomar una decisión sobre la ubicación de una nueva colmena o al percibir el tamaño de un objeto tridimensional. En segundo lugar, tales estrategias

Tabla 2
Concepciones y sesgos en relación con la probabilidad

Concepciones	Explicación	Sesgos
Ajuste - anclaje	Estimación basada en valores iniciales que se ajustaron a la respuesta final. El valor inicial puede ser sugerido por las palabras usadas en el problema.	Sesgo de valor inicial: diferentes valores iniciales conducen, frente a una misma situación, a diferentes estimaciones.
Disponibilidad	La probabilidad de un evento es evaluada según la información disponible en la mente.	Se ignora la data disponible. Se podría hacer uso de concepciones personales.
Enfoque en el próximo resultado	La probabilidad de un evento se interpreta en términos de cuál será el próximo resultado.	Se ignora el panorama general, así como posible información relevante del pasado.
Independencia	Se asume que los resultados anteriores influyen en los resultados futuros.	No se reconoce la independencia entre etapas de un experimento. Se ignora su naturaleza aleatoria.
Interpretaciones personales	Se evalúa la probabilidad de un evento en términos subjetivos tales como: experiencias personales, creencias, etc.	Pueden asignarse probabilidades diferentes a eventos idénticos con condiciones iniciales idénticas.
Representatividad	Preferir eventos que parecen representar mejor la situación. Cuanto más representativo se juzga un evento, mayor probabilidad recibe.	La población se ve como similar a la muestra. Se espera que las características de la población sean visibles en la muestra, aun si esta es pequeña. Actualización: El resultado del siguiente ensayo debe actualizarse, dado que el experimento es aleatorio. No se reconoce la independencia entre ensayos del experimento.

Fuente: Elaboración propia, con elementos de Batanero et al. (2014) y Konold (1988).

pueden ser seleccionadas y aprendidas por procesos sociales tales como imitación o enseñanza explícita de estas (Snook et al., 2004). En tercer lugar, se ha señalado que son fuentes de confiabilidad para las personas debido a la “racionalidad ecológica” que suelen tener, lo cual a su vez se ha descrito como el grado en que se tiene en cuenta la estructura del entorno (Gigerenzer et al., 1999). El concepto de “racionalidad ecológica” señala que la racionalidad de una concepción depende no solo de reglas preestablecidas sino del contexto en que se aplica, así como de los objetivos o metas de quien la emplea. En este orden de ideas, las concepciones se aceptan como modelos explicativos para dilucidar el mundo con alcances determinados y aplicables en algunos contextos y en otros no, de modo que las respuestas obtenidas no son correctas o incorrectas *a priori* (Pratt & Kazak, 2018).

Por otra parte, se ha señalado que el punto de partida del trabajo con estudiantes de un curso de probabilidad puede ser interpretar sus respuestas ante situaciones de índole aleatoria, las cuales el instructor puede retomar y replantear como teorías científicas *a priori* sobre un mismo fenómeno (Konold, 1988). Esto reconoce que hay valor en el proceso empleado por el estudiante para

explicar una situación, incluso si el resultado de dicho proceso no concuerda con las ideas preestablecidas de quien formula la pregunta, lo cual está en concordancia con estudios más recientes sobre el tema (Batanero et al., 2014).

METODOLOGÍA

El siguiente estudio de carácter mixto se llevó a cabo a través de un cuestionario presentado a un total de 105 estudiantes, de entre 19 y 23 años de edad, que cursan tercer año de carreras de ingeniería de la Escuela, con el fin de revisar los enfoques y las concepciones de estos alumnos.

Instrumento

El siguiente cuestionario, administrado en línea, consta de diez ítems; se diseñó a través de Google Forms, con un tiempo máximo de respuesta de 90 minutos. Los ítems buscaban determinar los enfoques de la probabilidad usados y las concepciones presentes. Los estudiantes debían dar respuesta a todas las preguntas presentadas.

Tabla 3
Diez ítems, clasificados según objetivo de evaluación

N°	Pregunta	Objetivo de evaluación
DIAG	¿Ha llevado algún curso universitario de probabilidad anteriormente?	Diagnóstico
1	¿Qué entiende, en sus propias palabras, por “probabilidad”?	Descubrir el enfoque utilizado; autopercepción del concepto
2	Si se lanza una moneda común y corriente una vez, ¿cuál es la probabilidad de obtener “cara” y por qué?	Descubrir el enfoque utilizado
3	Suponga que la moneda se lanza cinco veces, que “C” denota el resultado “cara” y “S” denota “sello”. Después del cuarto lanzamiento se observa que han salido cuatro “caras”, o sea, la secuencia C-C-C-C. ¿Qué es más plausible; que el quinto lanzamiento sea de nuevo “cara”, o que sea un “sello” ¿Por qué?	Descubrir las concepciones empleadas
4	Al lanzar la moneda seis veces, ¿cuál de las siguientes secuencias es más factible y por qué? C-C-C-C-C-C; C-S-S-C-C-S.	Concepciones empleadas
5	En el juego del parchís, cuando queda la última ficha en la torre para ganar, ¿cuál es el número más difícil de obtener con el dado y por qué?	Concepciones empleadas
6	Se va a lanzar el dado una vez. Dé un ejemplo, en palabras, de lo que sería cada uno de los siguientes eventos: a) Un evento imposible; b) Un evento posible; c) Un evento probable; d) Un evento seguro.	Enfoque utilizado; autopercepción del contexto
7	¿Qué significa para usted que un presentador, de la sección del Clima en el <i>Noticiero de la noche</i> , diga que “la probabilidad de lluvias para mañana es del 80 %”?	Concepciones empleadas
8	Se tienen dos cajas, con bolas azules y rojas en cada una. En la caja A, hay un total de 20 bolas, de las cuales 7 son azules y 13 rojas, mientras que en la caja B hay apenas un total de 5 bolas, de las cuales 2 son azules y 3 rojas. Si se va a sacar una bola de cada caja, al azar, ¿en cuál de las dos cajas es más probable sacar una bola azul y por qué?	Enfoque utilizado
9	Teniendo en cuenta las preguntas anteriores y sus respuestas, ¿cómo puede definir “probabilidad”?	Concepciones empleadas; enfoque utilizado

En la tabla siguiente se muestra el enunciado de cada pregunta, así como los objetivos de evaluación de cada una (tabla 3). La pregunta 1 apunta al concepto de probabilidad; las preguntas 2 - 4 están asociadas al experimento aleatorio de lanzamiento de una moneda equilibrada; las preguntas 5 y 6 están relacionadas con el experimento de lanzamiento de un dado equilibrado. Las preguntas restantes presentan variados escenarios de incertidumbre.

La autoría de las preguntas del cuestionario se presenta a renglón seguido (tabla 4).

Tabla 4
Fuentes de elaboración de cada pregunta

Pregunta	Autoría
1, 2, 5, 6, 9	Propia
7	Basada en Konold (1988)
3, 4, 8	Basada en Kahneman y Tversky (1972)

ANÁLISIS Y RESULTADOS

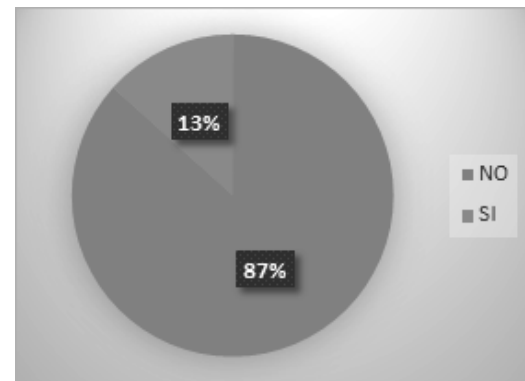
Seguidamente, se presenta una clasificación de las respuestas dadas por los estudiantes a las preguntas, según los enfoques y las concepciones encontradas (tabla 5).

Tabla 5
Enfoques y concepciones encontrados

N.º de pregunta	Enfoque utilizado o concepción encontrada
1	Subjetivo; disponibilidad
2	Laplaciano
3	Anclaje, independencia, actualización
4	Representatividad
5	Disponibilidad, concepciones personales
6	Laplaciano
7	Predicción del próximo resultado; disponibilidad
8	Laplaciano
9	Subjetivo; disponibilidad

Las respuestas a las preguntas sobre probabilidades de eventos se clasificaron según los tres enfoques descritos. Las demás respuestas se analizaron de acuerdo con las concepciones encontradas en la bibliografía, particular y ampliamente por Chernoff & Sriraman (2014) y se contrastan con resultados de estudios similares. El tamaño de muestra para todas las preguntas es $n = 105$, tanto en las figuras como en las tablas, las proporciones de respuestas se muestran como porcentajes.

Diagnóstico: ¿Ha llevado algún curso universitario de probabilidad anteriormente?



Alrededor de un 13 % de los estudiantes manifestó haber llevado antes un curso de probabilidad en el ámbito universitario. De entre los demás estudiantes, seis manifestaron haber tenido un breve acercamiento a algunas fórmulas de la Probabilidad en su bachillerato y a algunos conceptos dispersos en diversas asignaturas universitarias.

1. ¿Qué entiende, en sus propias palabras, por “probabilidad”?



Figura 1. Percepción del concepto de probabilidad en los estudiantes ($n = 105$).

Fuente: Elaboración propia.

Las respuestas se clasificaron en cuatro áreas (figura 1). De las dos primeras columnas en esta figura se observa que un 74 % de los estudiantes concibe el término como la posibilidad o factibilidad de un evento, haciendo uso de la concepción de disponibilidad (descrita en la tabla 2). Este porcentaje es superior al 55 % de estudiantes que utilizaron esta concepción en Alvarado et al. (2018), similar al 72 % que la emplearon en Fischbein (1972) y algo mayor que el encontrado por

Salcedo y Mosquera (2008) de un 62 %. Por otro lado, un 10 % asocia el término con frecuencias relativas de ocurrencia, lo cual da pie para afirmar que el enfoque frecuencial está ausente –por el momento, posiblemente– en el pensamiento de la mayoría de los estudiantes.

2. Si se lanza una moneda común y corriente una vez, ¿cuál es la probabilidad de obtener “cara”?

A esta pregunta, un 96 % de los estudiantes indica como respuesta el número 0,5 o 50 % (con lo que se puede afirmar que, en este caso, es indudable la asociación del término **probabilidad** con un valor numérico). Se observa que un 70 % de las respuestas sigue un razonamiento laplaciano (“cara” es una posibilidad de entre dos, igualmente posibles) mientras que apenas un 3 % sigue una explicación frecuencial (al lanzar muchas veces la moneda, cerca de la mitad de las veces caería “cara”) y un 27 % de las respuestas son subjetivas, con justificación o sin ella. La proporción de respuestas se ilustra a continuación (figura 2).

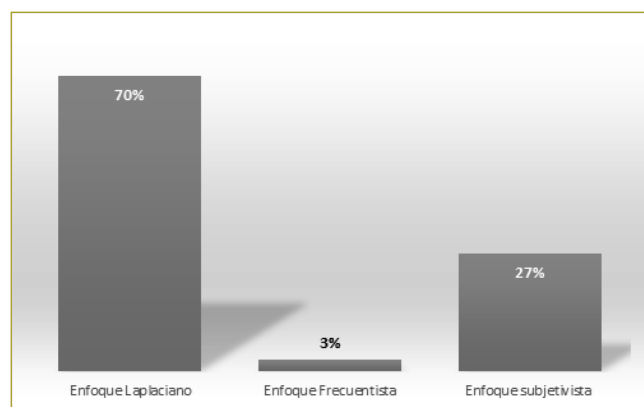


Figura 2. Respuestas según diversos enfoques de la Probabilidad.

Fuente: Elaboración propia.

Estos porcentajes se pueden contrastar con los encontrados en Vergara et al. (2020), que son de un 56 % para el enfoque laplaciano, un 19 % para el enfoque frecuencial y un 26 % de respuestas subjetivas (Vergara et al., 2020, p. 14). De aquí que el enfoque laplaciano se muestra preponderante en los estudiantes sin formación previa, seguido por el enfoque subjetivo, y ya se muestra lejano el enfoque frecuencial en las respuestas dadas.

Es notorio que más de la cuarta parte de las respuestas se enmarcan en un enfoque subjetivo del concepto,

según el cual, siguiendo a Alvarado et al. (2018), la probabilidad es el grado de creencia personal que se tenga en una situación de incertidumbre. Por otra parte, se evidencia la suposición de equiprobabilidad en todas las respuestas numéricas, supuesto de base en el pensamiento laplaciano (Chernoff & Sriraman, 2014).

3. Suponga que la moneda se lanza al aire cinco veces, que “C” denota el resultado “cara” y “S” denota “sello”. Después del cuarto lanzamiento se observa que han salido cuatro “caras”, o sea, la secuencia C-C-C-C. ¿Qué es más plausible: que el quinto lanzamiento sea de nuevo “cara”, o que sea un “sello”?

Las respuestas se muestran en la tabla siguiente (tabla 6), en la que se indican los porcentajes de cada razón argumentada, dada la respuesta correspondiente. La posible respuesta “cada resultado es igualmente plausible” se omitió a propósito en el enunciado, con el fin de descubrir si los estudiantes la contemplaban por sí mismos como una opción válida, aunque no estuviera dada explícitamente.

Tabla 6
Frecuencia de respuestas al ítem 3 sobre plausibilidad en quinto lanzamiento de moneda

Respuesta	%	Razón	%
Cada resultado es igualmente plausible	27	Cada lanzamiento es independiente de los anteriores	53
		Otras razones	47
Es más plausible el resultado “cara”	36	Es lo que ha sucedido en los anteriores lances	11
		Otras razones o respuesta sin justificación	89
Es más plausible el resultado “sello”	37	No ha salido	22
		Sin justificación	78

Se puede observar que la respuesta normativamente correcta “cada resultado es igualmente plausible” la eligió solo un 30 % de los estudiantes; el restante 70 %, siete de cada diez, eligió alguna de las opciones dadas en el enunciado. Es posible que esto esté influenciado por el hecho de que la pregunta plantea deliberadamente

una falsa dicotomía en lugar de una tricotomía, pero también es posible que un estudiante de este 70 % esté basando su respuesta en una de las concepciones de anclaje, independencia o representatividad: en la primera, la respuesta se ve influenciada por las palabras usadas u omitidas en el enunciado (Tversky & Kahneman, 1974; Lecoutre et al., 1990). En la concepción de independencia –pese al nombre–, los eventos pasados influyen de algún modo en los eventos futuros, aunque no se aclare en qué consiste dicho modo (Green, 1990; Pratt, 2005); en la tercera, representatividad, se juzga como más probable que el siguiente resultado sea “sello” porque así se tendría una secuencia que parece **más aleatoria, más representativa del experimento** (Tversky & Kahneman, 1974; Batanero et al., 1998; Chernoff, 2009). Esta concepción la empleó un 84 % de los estudiantes en las investigaciones de Alvarado et al. (2018), donde, sin embargo, el porcentaje de respuestas normativamente acertadas fue de apenas un 7 % (en contraste con el 30 % observado ahora).

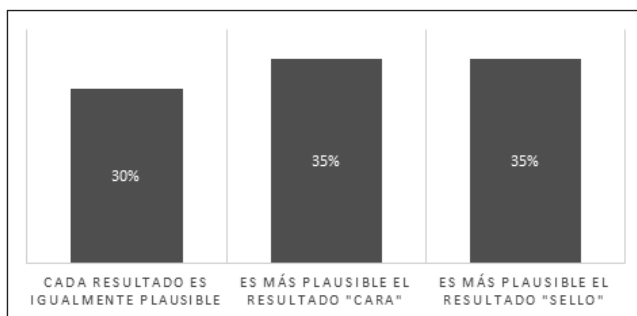


Figura 3. Plausibilidad del próximo lance de moneda.

Fuente: Elaboración propia.

Hay sesgos inherentes a cada una de estas decisiones, sesgos que se describieron en forma muy general en la (tabla 2) y que ahora se desarrollarán brevemente en relación con las respuestas a la pregunta 4. En relación con la concepción de anclaje, un sesgo consiste precisamente en que se haya elegido como respuesta solo una de las opciones dadas, aun cuando la situación permite otras opciones. En cuanto a la concepción de independencia, se evidencia un sesgo conocido como *falacia del jugador*: la idea de que el próximo resultado de la secuencia debe cambiar porque (se estima que) la probabilidad de que un evento ocurra **disminuiría** si dicho evento ha ocu-

rrido recientemente (Kahneman & Tversky, 1982). Con respecto a la concepción de representatividad se observa un sesgo llamado *actualización positiva*: el nuevo lanzamiento debe resultar en “cara”, ya que, de otro modo, se desbalancearía (se restaría uniformidad a) la secuencia completa (Batanero et al., 2014). Nótese que, entre las respuestas del tipo cara-sello, la proporción es casi 50/50, por lo cual ninguno de estos sesgos se muestra predominante.

4. Al lanzar la moneda seis veces, ¿cuál de las siguientes secuencias es más factible? C-C-C-C-C-C; C-S-S-C-C-S

Las respuestas se muestran a continuación (tabla 7).

Tabla 7
Secuencias factibles de seis lanzamientos de moneda

Respuesta	P(%)	Razón	%/P
La primera	6,7 %	La probabilidad de una secuencia como C-S-S-C-C-S es menor	14 %
		Sin justificación	86 %
La segunda	83,8 %	“Cara” o “sello” tienen la misma probabilidad de ocurrir, 50 % - 50 %	18 %
		Respuesta sin justificación	82 %
Son igualmente factibles	9,5 %	Iguales probabilidades de cada lanzamiento o de las secuencias completas	100 %

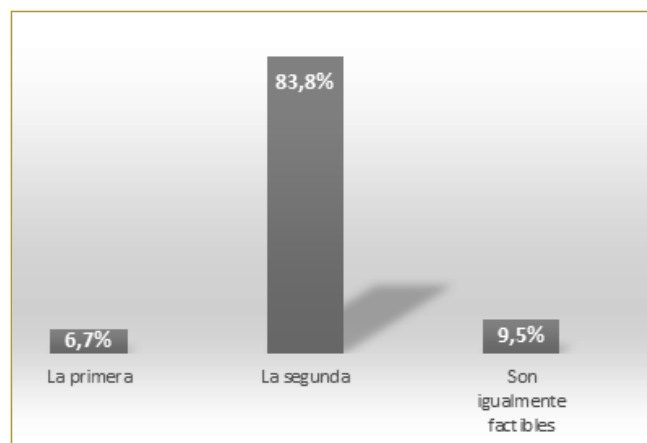


Figura 4. Factibilidad de las dos secuencias.

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior se aprecia que un 91 % de los estudiantes opina que una de las dos secuencias es más factible que la otra, comportamiento observado en la pregunta anterior (falsa dicotomía). Pero se confirma una particularidad que ya se vio (en la tabla 6): al justificar el porqué de la secuencia escogida, en general no hay justificaciones argumentadas. De manera particular, un 84 % respondió que la segunda secuencia es más factible, usando así una faceta de la concepción de representatividad; se estima que una secuencia con repeticiones es menos aleatoria que una secuencia alternada y, a causa de ello, se prefiere la alternancia (Falk, 1981; Falk & Konold, 1997). Este 85 % está en concordancia con el alto porcentaje de estudiantes en Alvarado et al. (2018), descrito en la pregunta anterior, que emplearon tal concepción en sus respuestas (84 %). Se observa también la concepción de independencia, y varios autores señalan que el estudiante no suele considerar la independencia entre eventos, quien opta más bien por una interpretación sesgada de la situación (Langer, 1975; Savard, 2008b).

Es posible que el instructor dé por hecho que sus estudiantes reconocen la naturaleza aleatoria de un experimento, sin que dicho reconocimiento se produzca realmente en ellos.

5. En el juego del parchís (ludo, variante del parqués), cuando queda la última ficha en la torre para ganar, ¿cuál es el número más difícil de obtener con el dado?

La pregunta es motivada por el hecho de que este juego (y sus variantes, sobre todo la conocida como parqués) es ampliamente conocido en Colombia y fue muy popular desde el inicio del confinamiento en el primer semestre de 2020; fue aún más popular entre los jóvenes debido a la aplicación parchís, versión del juego *online* y en tiempo real para 1 - 4 jugadores en línea². En esta pregunta, la palabra “difícil” ha sido introducida deliberadamente. A continuación, las respuestas (figura 5):

2. (<https://www.eltiempo.com/tecnosfera/videojuegos/parchis-houseparty-y-stop-el-fenomeno-de-las-apps-de-juegos-en-linea-durante-la-cuarentena-477364>).

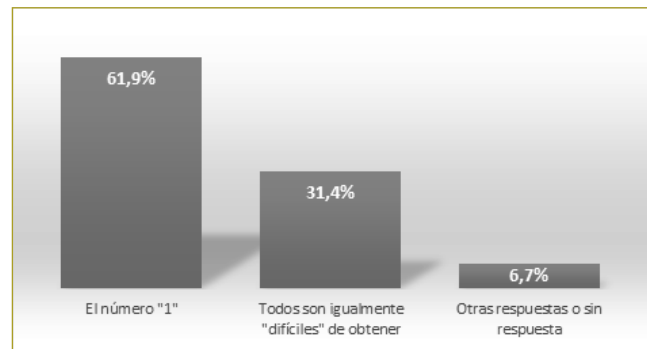


Figura 5. Porcentaje de respuestas al ítem 5 sobre juego parchís.

Fuente: Elaboración propia.

Se puede ver que un 62 % afirma que el número 1 es el resultado más difícil de obtener, en consonancia con una creencia popular sobre la dificultad superior del “as”. La dificultad asignada a este resultado puede derivarse del uso de la concepción de disponibilidad: como al lanzar dos dados la pareja 1-1 tiene una probabilidad menor o igual que la de cualquier otra, entonces se asume que con un solo dado sucede lo mismo. También puede deberse a que, si se necesita solo un 1 para ganar, ningún otro resultado acerca más la ficha a la cima (a diferencia de si se necesita 2 o más para ganar). Aparentemente, una interpretación personal del tipo “el haber menos resultados que acerquen a la cima implica una mayor dificultad para llegar a aquella” sale a flote (en la tabla 2 se describe esta concepción. Interpretaciones personales).

6. Se va a lanzar el dado una vez. Dé un ejemplo, en palabras, de lo que sería cada uno de los siguientes eventos: a) Un evento imposible; b) Un evento posible; c) Un evento probable; d) Un evento seguro.

El objetivo de esta pregunta era revisar las concepciones de los estudiantes sobre los términos “imposible”, “seguro”, “posible” y “probable”, términos de uso común en lenguaje relacionado con probabilidades. Cabe aclarar que, aunque los términos “posible” y “probable” se conciben en el lenguaje cotidiano como sinónimos, lo posible es ‘lo que puede ser o suceder’³, mientras que lo probable es aquello ‘verosímil’, que aparentemente es verdadero o hay buenas razones para pensar que lo es⁴. Las respuestas a esta pregunta son las siguientes (tabla 3).

3. <https://dle.rae.es/posible>.

4. <https://dle.rae.es/probable?m=form>.

Tabla 8
Porcentaje de respuestas al ítem 6 sobre lenguaje probabilístico

Evento	Respuesta	%
Imposible	Obtener un resultado fuera del rango {1,2,3,4,5,6}	60 %
	Obtener el mayor número (6) o el menor (1)	13 %
	Otras respuestas	27 %
Posible	Obtener el resultado específico "x", del rango de valores {1,2,3,4,5,6}	50 %
	Obtener un resultado en un subconjunto de dos o más elementos, en el rango {1,2,3,4,5,6}	34 %
	Otras respuestas	15 %
Probable	Obtener el resultado específico "x", del rango de valores {1,2,3,4,5,6}	54 %
	Obtener un resultado en un subconjunto de dos o más elementos, en el rango {1,2,3,4,5,6}	32 %
	Otras respuestas	13 %
Seguro	Obtener un resultado, no especificado, en el rango {1,2,3,4,5,6}	39 %
	Obtener un resultado (no especificado) en un subconjunto propio del rango {1,2,3,4,5,6}	35 %
	Otras respuestas	26 %

En la tabla anterior se observa el enfoque laplaciano como predominante en las respuestas y se puede evidenciar que, en general, hay una percepción parcial de lo imposible como aquello de probabilidad 0 y de lo seguro como aquello de probabilidad 1. La percepción se muestra parcial porque, por una parte, se evidencia que no siempre un evento imposible se describe como de probabilidad cero en el marco del experimento: los que describen un evento tal desde concepciones personales, junto con los que lo describen como un evento de probabilidad baja, suman un 40 %. Así mismo, son válidas observaciones similares en relación con el evento seguro: la asociación de este adjetivo a eventos de probabilidad 1 es parcial.

Tercer experimento: escenarios variados.

7. ¿Qué significa para usted que un presentador, de la sección Clima en el *Noticiero de la noche*, diga que “la probabilidad de lluvias para mañana es del 80 %”?

En esta pregunta se pide interpretar un valor de probabilidad dado (no calculado por el estudiante). Las respuestas se presentan a continuación.

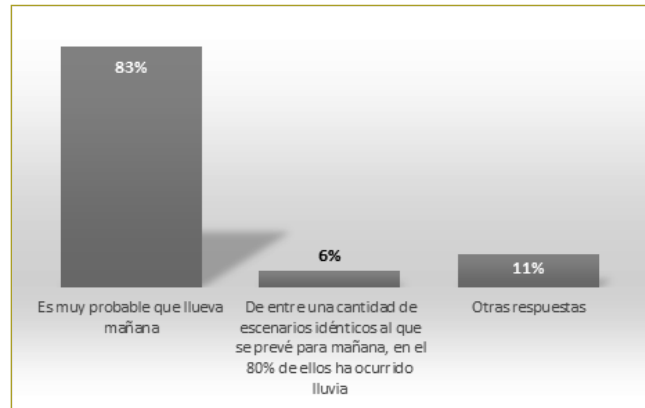


Figura 6. Respuestas al ítem 7 sobre probabilidad de lluvia para mañana.

Fuente: Elaboración propia.

En esta figura se evidencia estadísticamente —una vez más— la carencia de pensamiento frecuencial en los nuevos estudiantes al dar respuesta a preguntas de índole probabilística. Por otra parte, se evidencia que la gran mayoría de las respuestas (el 81 %) se enmarcan en una concepción de la probabilidad enfocada hacia la predicción de la siguiente etapa de un experimento (“es muy probable que llueva mañana”). Usando una tabla anterior (tabla 2) se puede identificar esto como una “predicción del próximo resultado”, concepción descrita inicialmente por Konold (1988). Se evidencia —al igual que lo describió dicho autor— que la mayoría de las respuestas son del tipo “lloverá mañana”.

Un sesgo importante en esta concepción consiste en ignorar que el próximo evento pueda ser una etapa de un experimento más amplio o, de forma más escueta, se ignora el panorama general.

8. Se tienen dos cajas, con bolas azules y rojas en cada una. En la caja A, hay un total de 20 bolas, de las cuales 7 son azules y 13 rojas, mientras que en la caja B hay apenas un total de 5 bolas, de las cuales 2 son azules y 3 rojas. Si se va a sacar una bola de cada caja, al azar, ¿en cuál de las dos cajas es más probable sacar una bola azul, y por qué?

A continuación, una visualización rápida de la distribución de las respuestas dadas.

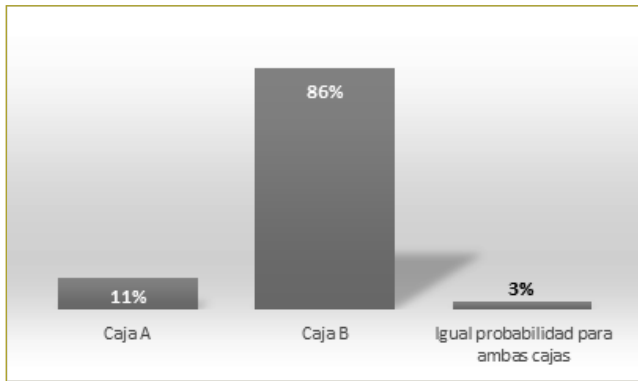


Figura 7. Caja con mayor probabilidad de que sea extraída una bola azul.

Fuente: Elaboración propia.

A renglón seguido se muestra un mayor detalle de las respuestas dadas a esta pregunta. La palabra *apenas*, en el enunciado de la pregunta, se ha introducido adrede con el fin de constatar si sugería como más probable que la bola azul se extrajera de la caja A (tabla 10).

Tabla 10

Porcentaje de respuestas al ítem 8 sobre probabilidades de bolas en cajas

Respuesta	P(%)	Razón	%/P
Caja A	11	Hay más bolas azules que en la caja B	75 %
		Otras respuestas	25 %
Caja B	86	Hay un menor número total de bolas en la caja B	23 %
		La proporción calculada de bolas azules en esta caja, frente al total de bolas, es mayor que en la caja A	62 %
		Otras respuestas	14 %
Igual probabilidad para ambas cajas	3	Sin justificación	100 %

Así las cosas, se puede corroborar nuevamente la preponderancia del pensamiento laplaciano en la mayoría de las respuestas dadas, un 86 %. Adicionalmente, pese a la información de que hay “apenas 5 bolas en la caja B”, esto en general no implicó que la respuesta elegida fuera la caja A porque menos del 11 % interpretó que una mayor cantidad de bolas azules en la caja A

implicaba una mayor probabilidad de extraer una bola de este color y de esta caja; de hecho, un 86 % eligió la caja B como respuesta y, entre este 86 %, un 62 % calculó las probabilidades vía proporciones, lo cual se justifica plenamente en un contexto laplaciano de casos favorables/casos posibles. En esta pregunta se evidencia de nuevo la preponderancia del pensamiento laplaciano en general, y el hecho de que tal preponderancia se sobrepone incluso a concepciones como el anclaje, donde las respuestas se pueden influenciar desde el enunciado de la pregunta.

También se hace manifiesta la naturalidad con que los estudiantes usan el enfoque laplaciano, similar a lo observado en Albert (2003).

9. Teniendo en cuenta las preguntas anteriores y sus respuestas, ¿cómo puede definir “probabilidad”?

Tabla 11

Respuestas a la última pregunta, sobre definición de probabilidad

Respuestas	P	Razón	%/P
Posibilidad de que ocurra un suceso	46%	Teniendo en cuenta los resultados posibles o ciertas variables	52 %
		Sin justificación	48 %
Un valor numérico que depende de factores por considerar, tales como	29%	La información cualitativa disponible	40 %
		El número de opciones favorables y posibles	33 %
		El número de veces que dicho evento ha ocurrido antes	27 %
Otras respuestas	26%	Ciencia que estudia lo aleatorio	37 %
		Algo relativo e incierto	30 %
		Un pronóstico para una situación	22 %
		Grado de seguridad para la ocurrencia del evento	7 %

Se puede observar que un 46 % informa que se trata de “la posibilidad de que ocurra un suceso”, porcentaje casi igual al que informó lo mismo en la pregunta 1, recurriendo de nuevo a la disponibilidad como concepción predominante. Sin embargo, un 52 % de este

46 % afirma que es una posibilidad que depende de los resultados posibles y otras variables. De manera significativa, ahora un 29 % dice que se trata de un valor numérico que puede ser afectado por factores de tipo cualitativo y cuantitativo.

En términos generales, de las respuestas a esta pregunta se puede observar una mezcla de concepciones tanto laplacianas como subjetivas, al igual que la poca presencia del enfoque frecuencial (en alrededor del 10 % del total de respuestas); se evidencia que la mayoría de los estudiantes nuevos no describen ni calculan la probabilidad de un evento desde un enfoque que no sea laplaciano o subjetivo. Nótese en particular que el número de respuestas enmarcadas en el enfoque frecuencial sigue siendo bajo tras finalizar el cuestionario (29 % * 27 % = 7,8 %).

Siguiendo a Konold (1988), Renyi (1992) y Pratt & Kazak (2018) en cuanto a que la probabilidad es un medio para cuantificar incertidumbre en experimentos aleatorios, el test aplicado evidencia el desbalance inicial en los enfoques de la probabilidad presentes inicialmente en los estudiantes y da pie para afirmar que, incluso tras un cuestionario tan breve, se puede comenzar a formar conciencia de la importancia del concepto y su interpretación en situaciones cotidianas.

CONCLUSIONES DEL TRABAJO REALIZADO

En el trabajo realizado por 105 estudiantes universitarios de la Escuela al iniciar el curso “Probabilidad y estadística”, se revisó si había uno o varios enfoques predominantes del concepto de probabilidad al afrontar situaciones de índole aleatoria. También se revisaron el uso y la influencia de concepciones determinísticas y probabilísticas en las respuestas dadas por ellos. Ambas revisiones se llevaron a cabo a partir del hecho comprobado de que la mayoría de los estudiantes en la muestra no habían recibido previamente instrucción formal en probabilidad.

Se ha evidenciado que, a la hora de dar respuesta a situaciones de naturaleza probabilística, del razonamiento declarado por los estudiantes, se ha podido evidenciar que, en términos de los orígenes de las concepciones descritas,

- El enfoque laplaciano de la probabilidad está presente de forma predominante.
- El enfoque subjetivo está presente en segundo lugar.
- El enfoque frecuencial está ausente.

- El enfoque frecuencial del concepto no viene “cableado” en el pensamiento del estudiante, a diferencia de los enfoques laplaciano y subjetivo. Por lo tanto, se requiere instrucción formal para darlo a conocer y que el estudiante lo pueda incorporar a su línea de pensamiento en probabilidad y estadística.

Por otra parte, se ha visto que la concepción de disponibilidad es predominante en las respuestas dadas y se ha constatado la presencia de otras, tales como representatividad, actualización, anclaje, independencia y predicción del próximo resultado. También se ha observado gran variedad de concepciones personales al dar respuesta a las situaciones planteadas, algunas de las cuales incluso se mantienen, pese a que se disponga de información adicional⁴.

POSIBLES IMPLICACIONES A LA ENSEÑANZA

El instructor, reconociendo preconcepciones fundamentalmente laplacianas y subjetivas en los estudiantes que llegan a un primer curso de probabilidad/estadística, puede hacer hincapié en el punto de vista frecuencial cuando le sea posible y su importancia como herramienta para analizar fenómenos aleatorios. Una manera de hacer esto es con base en herramientas computacionales y simulaciones. Así mismo, se puede enfatizar al estudiante que los enfoques del concepto no son necesariamente excluyentes, así como hacerle hincapié en las ventajas y desventajas de abordar diversas situaciones desde uno o varios de ellos.

Las concepciones observadas se pueden incorporar en la formación como aspecto válido a la hora de abordar situaciones probabilísticas si se considera cada contexto en que se planteen, lo que implica tener en cuenta uno de los orígenes de dichas concepciones y la racionalidad ecológica de estas.

La inclusión en la enseñanza de las concepciones y los distintos enfoques del concepto de probabilidad puede ser de conveniencia para la instrucción formal en el curso, para complementar la formación de los estudiantes y también, en un trabajo futuro, para avanzar hacia una articulación adecuada de dichos enfoques.

4. Esto se corresponde con un hallazgo particular referido en Alvarado et al. (2018) sobre la concepción de representatividad: es difícil de suprimir, incluso tras estudios formales de probabilidades con simulación.

REFERENCIAS

- Albert, J.H. (2003). College Students' Conceptions of Probability *The American Statistician*, 57:1, 37-45. DOI: 10.1198/0003130031063.
- Alvarado, H., Estrella, S., Retamal, L. & Galindo, M. (2018). Intuiciones probabilísticas en estudiantes de ingeniería: implicaciones para la enseñanza de la probabilidad. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 21, 131-156. 10.12802/relime.18.2121.
- Batanero, C. y Parzys (2005), The Nature of Chance and Probability. En Graham A. Jones (ed.), *Exploring probability in school: Challenges for teaching and learning*, 16-42. https://link.springer.com/chapter/10.1007/0-387-24530-8_2.
- Batanero, C., Chernoff, E., Engel, J., Hollyline, S. y Sánchez, E. (2016). *Research on teaching and learning probability*. Springer Open, ICME 13 Hamburg, 2-7. <https://www.springer.com/gp/book/9783319316246>.
- Batanero, C., Green, D. R., y Serrano, L. R. (1998). Randomness, its meaning and educational implications. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 29(1), 113-123.
- Bellhouse, D. R. (2000). De Vetula: a medieval manuscript containing probability calculations. *International Statistical Review*, 68(2), 123-136.
- Bernoulli, J. (1987). *Ars conjectandi*. Rouen: IREM (original work published in 1713).
- Borel, E. (1991). *Valeur pratique et philosophie des probabilités [Practical and philosophical value of probability]*. Paris: Jacques Gabay (original work published in 1930).
- Borovcnik, M., y Peard, R. (1996). Probability. In A. Bishop, M.A. Clements, C. Keitel, J. Kilpatrick, & C. Laborde (eds.), *International handbook of mathematics education* (pp. 239-288).
- Chernoff, E. J. (2009). Sample space partitions: An investigative lens. *Journal of Mathematical Behavior*, 28(1), 19-29.
- Chernoff, E. J., y Sriraman, B. (2014). *Probabilistic thinking: Presenting plural perspectives*. Springer.
- De Finetti, B. (1974). *Theory of probability*. John Wiley.
- De Moivre, A. (1967). *The doctrine of chances*. Chelsea (original work published in 1718).
- De Vecchi, G. (1992). *Aider les élèves à apprendre*. Hachette Éducation.
- Falk, R. (1981). The perception of randomness. *Proceedings of the Fifth Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (pp. 222-229). University of Grenoble.
- Falk, R., & Konold, C. (1997). Making sense of randomness: Implicit encoding as a basis for judgement. *Psychological Review*, 104(2), 310-318.
- Finan, M. (2020). *A Probability Course For the Actuaries*. Arkansas Tech University. <https://faculty.atu.edu/mfinan/actuarieshall/PV2020.pdf>
- Fischbein, E. (1975). *The intuitive source of probability thinking in children*. Dordrecht, The Netherlands: Reidel.
- Fischbein, E., Nello, M. S., & Marino, M. S. (1991). Factors affecting probabilistic judgments in children and adolescents. *Educational Studies in Mathematics*, 22, 523-549.
- Gal, I. (2005). *Towards 'probability literacy' for all citizens. Exploring probability in school: Challenges for teaching and learning* (pp. 39-63). Springer.
- Gigerenzer, G. (2011). *Decisiones instintivas: la inteligencia del inconsciente*. Editorial Ariel.
- Good, I. (1959). Kinds of Probability. *Science*, 129(3347), 443 - 447. <https://www.jstor.org/stable/1757847?seq=1>.
- Green, D. (1990). A longitudinal study of pupil's probability concepts. In D. Vere-Jones (ed.), *Proceedings of the Third International Conference on Teaching Statistics* (Vol. 1). Dunedin: ISI Publications on Teaching Statistics.
- Greer, B. (2001). Understanding probabilistic thinking: the legacy of Efraim Fischbein. *Educational Studies in Mathematics*, 45: 15-33.
- Kahneman, D. (2012). *Pensar rápido, pensar despacio*. Penguin Random House.
- Kahneman, D., & Tversky, A. (1982). The psychology of preferences. *Scientific American*, 246(1), 160-173. <http://dx.doi.org/10.1038/scientificamerican0182-160>.
- Kolmogorov, A. (1950). *Foundations of probability's calculation*. Chelsea Publishing Company (original work published in 1933).
- Konold, C. (1988). Understanding students' beliefs about probability. *Scientific Reasoning*, 30 pp. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.833.1936&rep=rep1&type=pdf>.
- Langer, E. J. (1975). The illusion of control. *Journal of Personality and Social Psychology*, 32, 311-328.
- Laplace, P. S. (1986). *Essai philosophique sur les probabilités [Philosophical essay on probabilities]*. Christian Bourgois (original work, published in 1814).
- Lecoutre, M.-P., Durand, J.-L., & Cordier, J. (1990). A study of two biases in probabilistic judgements: representativeness and equiprobability. In J.-P. Caverni, J.-M. Fabre, & M. Gonzales (Eds.), *Cognitive biases* (pp. 563-575).
- Liu, Y., & Thompson, P. (2007). Teachers' understanding of probability. *Cognition and Instruction*, 25(2-3), 113-160.
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1975). *The origin of the idea of chance in children* (original work published in 1951).
- Pratt Nicolson, C. (2005). Is chance fair? One student's thoughts on probability. *Teaching Children Mathematics*, 12(2), 83-89.
- Pratt, D. & Kazak, S. (2018). Research on uncertainty. *International Handbook of Research in Statistics Education*. Springer (pp. 193-227). https://doi.org/10.1007/978-3-319-66195-7_6
- Ramsey, F. (1931). Truth and probability. *The foundations of mathematics and other logical essays* (pp 156-198).
- Real Academia Española. Recuperado el 31 de enero de 2022 de <https://dle.rae.es/probable> <https://dle.rae.es/posible>.
- Renyi, A. (1992). *Calcul des probabilités [probability calculus]* (L. Félix, trans.). Jacques Gabay (original work, published in 1966).
- Rogersdotter, E. (2012). Split Appearance. Patchy and Coherent Features in Fragments of Gameplay, Mohenjo-daro, Sindh. *Iranian Journal of Archaeological Studies*, 2: 1, 1-20. https://ijas.usb.ac.ir/article_1060_3a0653bda75e7632cc3cb36ee104d723.pdf
- Salcedo, A. & Mosquera, J. (2008). Sesgo de la disponibilidad en estudiantes universitarios. Investigación y posgrado, ISSN 1316-0087, vol. 23, N.º 2, pp. 411-432.
- Savard, A. (2008b). Le développement d'une pensée critique envers les jeux de hasard et d'argent par l'enseignement des probabilités à l'école primaire: vers une prise de décision. Thèse inédite. Québec: Université Laval.
- Tarr, J. E., & Jones, G. A. (1997). A framework for assessing middle school students' thinking in conditional probability and independence. *Mathematics Education Research Journal*, 9, 35-59.
- Tversky, A., & Kahneman, D. (1974). Judgement under uncertainty: heuristics and biases. *Science*, 185, 1124-1131. http://psiexp.ss.uci.edu/research/teaching/Tversky_Kahneman_1974.pdf
- Vergara, A., Estrella, S. & Vidal-Szabó, P. (2020). Relaciones entre pensamiento proporcional y pensamiento probabilístico en situaciones de toma de decisiones. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 23(1), 7-36. <http://relime.org/index.php/repositorio/2020/23-1/2020a/524-202001ap/file>.
- Vergara, A. & Estrella, S. (2019). Línea de tiempo de probabilidad. 10.13140/RG.2.2.29826.12484.
- Walpole, R., Myers, R., Myers, S. y Ye, K. (2012). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias* (9.ª ed.). Pearson, México. ISBN: 978-607-32-1417-9.

Aprendiendo desde la práctica: importancia de las visitas técnicas en la formación de ingenieros

Learning from practice: importance of technical visits in engineering education

HERNÁN PAZ PENAGOS¹ - ESTEBAN MORALES MAHECHA² -
DILAN EDUARDO TORRES RODRÍGUEZ²

1. Profesor titular de la Universidad Escuela Colombiana de ingeniería Julio Garavito.

2. Estudiante del Programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad Escuela Colombiana de ingeniería Julio Garavito.

hernan.paz@escuelaing.edu.co - esteban.morales-M@mail.escuelaing.edu.co -
dilan.torres@mail.escuelaing.edu.co

Recibido: 20/01/2023 Aceptado: 21/02/2023

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

Resumen

En este artículo se analiza la importancia de las visitas técnicas como estrategia pedagógica para desarrollar habilidades profesionales en estudiantes, ya que son una herramienta didáctica valiosa en la formación de ingenieros, porque da a los estudiantes la oportunidad de ampliar el conocimiento sobre el entorno real de la aplicación de la teoría, así como de complementar los conceptos adquiridos en el aula. La visita se hizo el 27 de abril del 2023 a la empresa Sintelco, con 22 estudiantes del curso “Medios de transmisión” del programa de Ingeniería Electrónica; esta cumplió las expectativas esperadas porque demostró ser una experiencia enriquecedora para los estudiantes. Durante la visita, los conocimientos adquiridos previamente se contextualizaron en un entorno industrial real, presentando la fibra óptica en el ámbito laboral, lo que permitió a los estudiantes aplicar la teoría en situaciones prácticas y desarrollar un enfoque crítico y reflexivo hacia su futura profesión.

Palabras claves: visita técnica, entorno real, aprendizaje, desarrollo de habilidades.

Abstract

This article analyzes the importance of technical visits as a pedagogical strategy to develop professional skills in students, since they are a valuable didactic tool in engineering training because they provide students with the opportunity to expand their knowledge about the real environment of theory application and complement the concepts acquired in the classroom. The visit took place on April 27, 2023, to the company Sintelco with 22 students from the transmission media course of the electronic engineering program. It met the expected expectations as it proved to be an enriching experience for the electronic engineering students. During the visit, previously acquired knowledge was contextualized in an actual industrial environment, presenting fiber optics in the workplace, which allowed students to apply theory in practical situations and develop a critical and reflective approach to their future profession.

Keywords: technical visit, real environment, learning, skills development.

INTRODUCCIÓN

La formación de los ingenieros es un proceso que va más allá de estar en el aula y comprender libros de textos. Las visitas técnicas representan una oportunidad para complementar los conocimientos teóricos, involucran activamente a los estudiantes en su propio aprendizaje y fortalecen las conexiones entre la docencia, la investigación y la extensión universitaria; además, promueven la formación integral y preparan a los estudiantes para enfrentar los desafíos del campo de la ingeniería de manera más efectiva.

Estas son una alternativa complementaria a los métodos tradicionales de enseñanza en las universidades, que puede derivar en una relación entre las empresas y la universidad, por lo que puede cumplir un papel clave en la socialización de los estudiantes y en la preparación para el mundo laboral. Se sugiere reemplazar la estructura tradicional de asignaturas teóricas y prácticas por un enfoque flexible que integre ambos aspectos.

En este artículo se explorará el uso de las visitas técnicas en la formación de ingenieros, y se examinará su contribución a la complementación y verificación del conocimiento teórico-práctico del estudiante. Se estudiarán también los beneficios en el desarrollo de habilidades, y la aplicación de la teoría en el mundo laboral. Además, se discutirá cómo se genera una buena planificación y cómo se programa la realización de visitas técnicas eficaces, asegurando un buen provecho de estas experiencias formativas.

REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA

Una visita técnica se define como una actividad académica cuyo propósito es articular el conocimiento adquirido con procesos industriales, y procedimientos de producción en la empresa seleccionada, fortaleciendo así la actitud crítica que potencie un buen futuro profesional. Esta actividad permite contrastar los conocimientos teóricos con una experiencia práctica en un escenario real, lo que favorece la contextualización de la disciplina a la realidad industrial nacional [1].

Debido a su importancia, es necesario mencionar algunos aspectos que hay que considerar para el desarrollo eficaz de la visita técnica; por ejemplo, hacer una buena planificación de esta, que sea flexible y tenga temario y objetivos claros; es decir, qué conocimiento se quiere enseñar o complementar, junto con la selección del

escenario más pertinente para ese aprendizaje. Se debe plantear una situación problemática para hacer didáctico el aprendizaje, y contar con los recursos adecuados [2]. Se favorece el aprendizaje del estudiante en la medida en que haya coherencia entre los objetivos y las actividades planteadas; que estas presenten una continuidad y progresión del temario seleccionado, además de una buena contextualización y el planteamiento de un problema real que logre captar la atención. Adicionalmente, la evaluación también sirve como aprendizaje, y como una guía para saber los logros de los estudiantes en la actividad, como lo recomienda la Organización de Estados Iberoamericanos (OEI) [3].

En este contexto, Aguiar et al. [4], en su artículo “Las visitas técnicas a empresas como parte del proceso de enseñanza-aprendizaje en ingeniería mecánica”, presentan un programa de enseñanza-aprendizaje denominado “Visita empresarial de reconocimiento”, el cual tiene como objetivo complementar la tradicional formación teórico-práctica de los estudiantes de Ingeniería Mecánica en la Universidad Positivo en Brasil.

En el artículo se describen las características del programa y se analizan los resultados de las visitas técnicas, a partir de datos recopilados a través de encuestas realizadas a estudiantes que participaron en varias visitas. Una de las principales observaciones fue que los estudiantes mostraron mayor motivación y un mejor rendimiento académico después de participar en las visitas. Además, los estudiantes expresaron mayor nivel de confianza en su proceso de aprendizaje y reconocieron la importancia de estas visitas en su proceso.

Por su parte, Sánchez [5], en su artículo “La relación teoría-práctica, otra faceta de la formación integral”, aborda las deficiencias existentes en la enseñanza actual de la ingeniería, que se caracteriza por la separación entre la teoría y la práctica, el énfasis excesivo en las actividades teóricas, los métodos pedagógicos rígidos y la escasa participación de los estudiantes en investigación y extensión universitaria, para lo cual propone actividades que buscan estrechar la relación entre la teoría y la práctica en la enseñanza de la ingeniería.

A su vez, Neiman et al. [6], en su artículo “La educación ambiental a través de las actividades de turismo educativo en la enseñanza superior”, analiza las actividades de turismo educativo y su impacto en el conocimiento de los estudiantes de Ingeniería Forestal y Ciencias Biológicas sobre la sostenibilidad

ambiental. Se utilizaron la observación participante y una entrevista para evaluar el conocimiento de cada estudiante previo, y después de las visitas, los cambios de actitud y los valores ecológicos relacionados con la sostenibilidad. Los resultados reflejaron una mejora en el conocimiento, pero pocos cambios significativos en relación con la sostenibilidad. Una de las conclusiones del artículo es que las visitas técnicas son oportunidades interesantes para que los estudiantes se sumerjan en diferentes ambientes y realidades, promoviendo así un pensamiento crítico.

Por otro lado, García et al. [7], en su artículo “Importancia de las visitas técnicas en la formación de ingenieros”, abordan las visitas técnicas como una estrategia educativa en la formación de los estudiantes de ingeniería. En el estudio se utiliza una metodología basada en la revisión de la bibliografía existente sobre el tema, al tiempo que se analizan varios enfoques y experiencias que tienen que ver con las visitas técnicas en la formación de ingenieros. Por medio de este análisis, los autores identifican los beneficios y las limitaciones de las visitas técnicas, así como los factores claves para su efectividad. El artículo concluye que las visitas técnicas son una valiosa estrategia educativa que permite a los estudiantes de ingeniería adquirir habilidades prácticas, comprender mejor los conceptos teóricos y prepararse para los desafíos del campo laboral. Además, destaca la importancia de integrar estas visitas en los programas académicos como parte esencial de la formación de ingenieros.

A su turno, Ibáñez et al. [8], en su artículo “Importancia de las visitas técnicas en la formación de ingenieros: el caso de la Universidad Politécnica de Madrid”, presentan un estudio en el que se investigó la importancia de las visitas técnicas como una herramienta pedagógica fundamental y proporcionan evidencia empírica sobre los beneficios y la relevancia de estas en la formación académica y profesional de los estudiantes de ingeniería. Se diseñó un programa de visitas técnicas como parte del plan de estudios, y se recopilieron datos mediante encuestas y entrevistas a los estudiantes participantes. Los resultados reflejan que las visitas técnicas desempeñan un papel crucial en la formación de los ingenieros, al proporcionar una experiencia práctica adicional a los conocimientos teóricos. Los estudiantes participantes en las visitas técnicas mostraron un mayor interés y una mayor comprensión de los conceptos y

procesos relacionados con su campo de estudio. Las visitas técnicas facilitaron un camino entre la teoría y la práctica, lo que permitió una transferencia efectiva de conocimientos y habilidades en situaciones reales.

Finalmente, Campos [9], en su artículo “La importancia del trabajo en terreno, en carreras del área de minería, para la formación integral de profesionales en la Universidad de Atacama, III Región, Chile”, describe las actividades curriculares de la carrera de Ingeniería Civil de Minas, que utilizan metodologías activas en los aprendizajes de los estudiantes en forma significativa y resalta la importancia del uso de estas metodologías, como las salidas a terreno o trabajos de campo, a la hora de formar futuras generaciones de ingenieros. El artículo concluye que luego de analizar las pautas de observación, el trabajo de campo permite que los estudiantes desarrollen la indagación, el análisis y la síntesis, promoviendo el aprendizaje colaborativo entre compañeros; esto les permite abordar problemas relacionados con la minería, ya que implica la realización de tareas concretas en el contexto de su futura vida laboral.

Con la revisión de la bibliografía sobre el tema se subraya que la integración teórico-práctica debe ser permanente a lo largo del plan de estudios y no limitarse a actividades específicas. Aunque las visitas técnicas tienen el potencial de generar transformaciones significativas, todavía no se han aprovechado plenamente; esto puede deberse a la falta de enfoque en las experiencias vivenciales, la ausencia de interdisciplinariedad y la falta de uso de métodos comunicativos variados en la transmisión de conceptos.

INTERVENCIÓN ACADÉMICA

En la visita técnica a la empresa Sintelco, realizada por los estudiantes del curso “Medios de transmisión” (METX), del programa de Ingeniería Electrónica, se presentó en detalle la tecnología de fibra óptica y se abordaron los tipos de fibra óptica disponibles en el mercado, así como sus respectivas aplicaciones en el área de las telecomunicaciones. Para la planificación de la visita, se coordinaron la fecha de la realización (17/04/2023), lugar y tema.

Sobre el desarrollo de la visita *in situ*, el instructor de la empresa explicó conceptos básicos —ya vistos en clase de teoría—, sobre qué es la fibra óptica, partes, características, tipos, aplicaciones, redes, entre otros

temas, y mostró los equipos, elementos de una red de fibra óptica e instrumentos utilizados en la instalación de servicios por fibra óptica. Los participantes recibieron un tramo corto de cable de fibra óptica: lo manipularon, observaron y usaron al final de la sesión para hacer un empalme de fibra óptica.

Durante la visita, se observó cómo los participantes seguían con atención el desarrollo de la charla. En la explicación, el instructor abordó los conceptos de la fibra óptica, comenzando desde los más básicos hasta los más complejos. A medida que lo hacía, utilizó ejemplos de situaciones o problemas reales, como cuando había que cortarle el servicio a un cliente, debido a alguna eventualidad –caída de árbol, cable de fibra óptica averiado, etc.– que sucedía en la conexión. El corte del servicio se hace mediante *software*. A su vez, explicó varias posibilidades de resolverlos y cómo los solucionaba la empresa; también habló sobre cómo algunos problemas trascienden a los multiplexores en la red y añadió que era crucial solucionar rápido el problema para evitar que el daño trascendiera y se interrumpiera el servicio a un número mayor de usuarios de la red. Si la fibra se veía dañada o lacerada era necesario cambiar el cable o hacer un empalme, labor que resulta costosa. Mostró los equipos y herramientas utilizados en las reparaciones, e hizo hincapié en la importancia de su correcta manipulación debido a su fragilidad y costo. Todo esto tenía como objetivo brindar una mayor claridad en el tema y facilitar su comprensión. Siempre interrumpía la charla cuando surgía alguna duda, la que respondía con amabilidad.

Para la realización de la actividad práctica de empalmar dos tramos de fibra óptica, el instructor comenzaba por explicar detalladamente el proceso empalmado de dos secciones de fibra óptica; posteriormente, todos los estudiantes hicieron sus correspondientes empalmes. A continuación, se resume el paso a paso del proceso:

1. Tomar un tramo de fibra óptica y colocar anticipadamente la protección del empalme de cable. Seguidamente, se retira el recubrimiento de sus puntas, dejando el núcleo expuesto (figura 1).



Figura 1. Fibra óptica con núcleo expuesto.

2. Humedecer un pañuelo limpio con alcohol isopropílico o una solución especial y pasarlo por el núcleo del cable de fibra óptica para limpiarlo; hacerlo hasta que rechine el paso del paño por el núcleo (criterio enseñado en Sintelco), para lo cual era necesario acercarlo al oído. Hacerlo por lo menos tres veces.
3. Ubicar el núcleo de la fibra óptica en una cortadora de precisión. De la correcta ubicación del cable de fibra óptica en las ranuras de la cortadora depende en gran medida la calidad del empalme en términos de baja atenuación (figura 2).

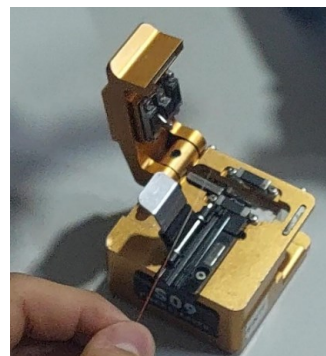


Figura 2. Cortadora de precisión para fibra óptica.

4. Los extremos de la fibra se ubican en los extremos de la máquina que, una vez asegurada, hace la calibración de la distancia y realiza la fusión por electrodo (figuras 3 y 4).

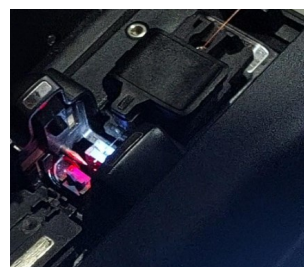


Figura 3. Ajuste de puntas en fusionadora de fibra óptica.



Figura 4. Calibración de la distancia y fusión de fibra óptica.

5. Una vez que la fusión está hecha, se acerca la protección del empalme al canal de alguno de los cables, se abre la abrazadera que lo asegura, se centra la protección, se abre la segunda abrazadera y se retira el empalme con la protección centrada (figura 5).
6. Se ubica el empalme con la protección en la zona de fusión por calor para que la protección (termo-encogible) se adhiera al empalme (figura 5).



Figura 5. Protección del empalme.

Para el cierre de la visita, el profesor propuso como actividad evaluativa la elaboración de un informe que abarcara los conocimientos adquiridos durante la experiencia, incluyendo los pasos enseñados para la realización de un empalme de fibra óptica. Esta actividad permitió a los estudiantes reflexionar sobre lo aprendido, interiorizar información, profundizar en ciertos detalles que tal vez no quedaron tan claros y fomentar su análisis crítico. Así mismo, sirvió como evidencia, tanto para el profesor como para el estudiante, de la comprensión y aplicación de conceptos.

Vale la pena destacar que la charla se desarrolló de manera amena y clara, lo cual permitía que los participantes hicieran comentarios, fomentando así un ambiente de compañerismo. Incluso se propuso una competencia entre los estudiantes durante la actividad de empalme, en la que el ganador era aquel que obtuviera la menor atenuación. Cabe mencionar que al término de dicha prueba cada uno se podía llevar su empalme; además, entre esos empalmes se obtuvieron variedad de resultados. En algunos, la máquina descartó completamente el empalme (no era implementable por gran atenuación), y otros empalmes resultaron con 0,2 dB o 0,1 dB; esta última fue la mejor experiencia de empalme por su baja atenuación.

La competencia le añadió expectativa y entretenimiento a la actividad, lo que generó mayor motivación y participación por parte de los estudiantes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la visita fueron claridad en el tema abordado y aprendizaje mediante otro método de enseñanza. En este método se plantea situación de aprendizaje y se utiliza la práctica para su consecución. Además, se evidenció coherencia entre los objetivos planteados y las actividades realizadas; dichas actividades iban de la mano con el tema que se quería explicar, de manera que no se perdió el hilo del tema en ningún momento. Se cumplió con la contextualización previa a los estudiantes, siendo el profesor quien proporcionó la información de cómo se desarrollaría la visita y la explicación anticipada del tema, mientras que el instructor logró dar un buen progreso al tema y brindar la comprensión adecuada para facilidad de los estudiantes.

A su vez, con los temas tratados y las actividades realizadas, se evidenció que gran parte de los estudiantes mejoraron sus conocimientos y habilidades, en especial un criterio de cómo es el mundo de los ingenieros que se dedican a las comunicaciones con fibra óptica y, en general, en las comunicaciones guiadas, criterio que en algunos participantes generó motivación por dicha área y en otros no tanto; adicionalmente, obtuvieron confianza al expresarse y discutir acerca de la fibra óptica, y a la hora de manipularla los prepararon para enfrentar de manera eficiente el desafío correspondiente a la realización del empalme. Además, la actividad fomentó el desarrollo de habilidades de comunicación, capacidad de aceptar retroalimentación y corregir errores conceptuales o en la realización de empalmes. También se mejoró la habilidad para defender una postura al debatir con otros compañeros que presentaban dudas o falta de información, así como la resolución de problemas, y el compañerismo.

Lo anterior permitió a los participantes aplicar los conocimientos teóricos adquiridos en un entorno práctico. Con base en los informes presentados por los estudiantes, se evidencia que la visita técnica permitió conocer de primera mano las características y ventajas de la fibra óptica, así como de comprender los pasos y consideraciones necesarias para llevar a

cabo un empalme exitoso; también evidenciaron en la práctica las características de un empalme mal hecho, el cual presenta una mayor atenuación de la señal, o en el peor caso, la pérdida total de la conexión; se reforzó la importancia de las visitas técnicas como una herramienta esencial para la formación de ingenieros, ya que brindan la oportunidad de conectar la teoría con la práctica y llenar vacíos teóricos, como lo mencionaron en su respectivo momento Diego González y Karol Martínez: “La experiencia de hacer un empalme de fibra nos pareció una experiencia muy enriquecedora, ya que logramos tener un acercamiento a campo, un área en la que, como ingeniero, tenemos que aprender a desempeñarnos de una manera correcta”. Esta afirmación ratifica que las visitas técnicas mejoran las habilidades y competencias para desenvolverse en el futuro como profesional, y fomenta un aprendizaje más completo y enriquecedor.

Estos beneficios adicionales fortalecen la importancia de incluir las visitas técnicas como parte integral del programa educativo de ingeniería, ya que preparan a los estudiantes para los desafíos del mundo laboral y contribuyen a su crecimiento profesional de manera integral.

CONCLUSIONES

Rasgos destacados de la visita fueron el interés y la motivación de los estudiantes por aprender aspectos prácticos relacionados con la fibra óptica. Además, se logró una mejora significativa en los conocimientos, brindando a los participantes mayor confianza y seguridad en los conceptos y procesos relacionados, evidenciando en los informes un buen entendimiento del tema. La actividad también permitió a los estudiantes obtener una visión más completa del campo laboral e industrial de la fibra óptica, lo que les ayudará en su trayectoria profesional.

En términos de la planificación y ejecución de la visita, se pudo apreciar la adecuada organización de las actividades. Esta experiencia práctica les ayudó a los estudiantes a comprender las bondades de la fibra óptica, y a aprender a manipularla mediante el empalme de dos fibras; pero también advirtió sobre las consecuencias por el uso inadecuado de los equipos y herramientas, expresadas en altos costos para su

reparación o reposición. La visita técnica complementó de manera efectiva la formación teórica de los estudiantes al proporcionar habilidades prácticas y conocimientos relevantes para su futuro desempeño profesional. Este enfoque de conectar la teoría con la práctica resulta fundamental en el desarrollo de habilidades prácticas y en la resolución de problemas por parte de los futuros ingenieros.

Con base en lo anterior se puede afirmar que la visita técnica se planificó de buena manera y se ejecutó eficazmente, lo que dio como resultado una experiencia enriquecedora que permitió cumplir con los objetivos planteados. Los estudiantes adquirieron habilidades prácticas, ampliaron sus conocimientos teóricos y se familiarizaron con el entorno laboral de la fibra óptica.

Lo expuesto reafirma la importancia de las visitas técnicas como una forma efectiva de articular la teoría con la práctica y de brindar a los estudiantes una perspectiva más completa, que ayuda a fortalecer su preparación para enfrentar los desafíos del campo profesional.

REFERENCIAS

- [1] Fundación de Estudios Superiores Comfanorte (FESC) (2021). *Visitas técnicas*. Recuperado de <https://www.fesc.edu.co/portal/archivos/reglamentos/Visitas-Tecnicas.pdf>.
- [2] López Mallorquín, M. Á. (2020). *Visitas técnicas guiadas como recurso didáctico: diseño de una visita al Centro I+D+i de Renault*. Recuperado de: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/43215/TFM-G1142.pdf?sequence=2>.
- [3] Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI) R.D. (2019). Recuperado de [.](https://oei.int/downloads/disk/eyJfcmFpbHMiOnsibWVzc2FnZSI6IkJBaDdDRG9JYTJWNVNTSWhjM0oyWVRWemVuUXhhR0prY0dOcE-5YTmpZVEF5YmpsM2EyUmtlQVvk2QmtWVU9oQmthWE53YjNOcGRHbHZia2tpZjJsdWJHbHVhVHNnWm1sc1pXNWWhiV1U5SW1kMWFXRXRaR1V0Y0d4aGJtbG1hV05oWTJsdmJpMTVMV1YyWVd4MVIxTnBiMjR0YjJWcExuQmtaaUk3SUdacGJHVnVZVzFsS2oxVIZFWXRPQ2NuWjNWcFITMWtaUzF3YkdGdWFXWnBZMkZqYVc5dUxYa3RaWFpoYkhWaFkybHZiaTF2WldrdWNHUm1CanNHVkrVUlkyOXVkr1Z1ZEY5MGVYQmxTU0lVWVhCd2JHbGpZWfJwYjI0dmNHUm1CanNHVkrE9PSI-slmV4cCl6ljWmJmMtMDYtMDFUMjI6NTI6MTYuMDE4WilsInB-1cil6ImJsb2Jfa2V5In19--535bb010ead2cddcbb2b9a924f-8d7a18f607153b/guia-de-planificacion-y-evaluacion-oei.pdf?content_type=application%2Fpdf&disposition=inline%3B+filename%3D)
- [4] Aguiar, G.F., Jurandir Peinado, J.C. & Aguiar, B. C. X. C. (2010). Las visitas técnicas a empresas como parte del proceso de enseñanza-aprendizaje en ingeniería mecánica. *Formación Universitaria*, 3(5), 21-28. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062010000500004>.

- [5] Sánchez Bolívar, G. (1990). La relación teoría-práctica, otra faceta de la formación integral. *Ingeniería e Investigación* (21), 58-67. <http://doi.org/10.15446/ing.investig.n21.19698>.
- [6] Neiman, Z., Barbosa Frederico, I. & Pereira, J.C. (2012). La educación ambiental a través de las actividades de turismo educativo en la enseñanza superior. *Estudios y Perspectivas en Turismo*, 21(2), 477-494. Recuperado el 29 de mayo de 2023, de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-17322012000200012&lng=es&tlng=pt.
- [7] García, E., & Luengo, F. (2014). Importancia de las visitas técnicas en la formación de ingenieros. *Revista Iberoamericana de Educación*, 64(2), 1-12.
- [8] Ibáñez-Martín, J. A., Martín-González, M. R., & Soler-Córcoles, R. (2019). Importancia de las visitas técnicas en la formación de ingenieros: el caso de la Universidad Politécnica de Madrid. *REDU. Revista de Docencia Universitaria*, 12(1), 99-120.
- [9] Campos-Olivares, L. (2020). La importancia del trabajo en terreno en carreras del área de minería, para la formación integral de profesionales en la Universidad de Atacama, III Región, Chile. ResearchGate. Recuperado de (PDF) LA IMPORTANCIA DEL TRABAJO EN TERRENO, EN CARRERAS DEL AREA DE MINERIA, PARA LA FORMACIÓN INTEGRAL DE PROFESIONALES EN LA UNIVERSIDAD DE ATACAMA, III REGION, CHILE ([researchgate.net](https://www.researchgate.net)).

The useful life cycle of mobile phones

El ciclo de vida de los teléfonos móviles

LAURA DANIELA SUÁREZ GÓMEZ¹ - YULY ANDREA SÁNCHEZ LONDOÑO²

1. Estudiante del Programa de Ingeniería Ambiental de la Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

2. Profesor de cátedra del Centro de Estudios Ambientales de la Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

laura.suarez-g@mail.escuelaing.edu.co - yuly.sanchez@escuelaing.edu.co

Recibido: 28/01/2023 Aceptado: 01/03/2023

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

Abstract

This document is based on the evaluation of the life cycle of technological devices taking into account factors such as the use of raw materials extracted from the earth, manufacturing processes, determining what happens to the product at the end of its life cycle and it becomes obsolete equipment, what average impact environmental it has, if it is deposited in a landfill and how long it may degrade and what damage it could cause or, if it is recycled, which parts are useful and what happens with the rest.

Keywords: life cycle, raw materials, environmental impact, landfill, mobile phones.

Resumen

Este documento se basa en la evaluación del ciclo de vida de los dispositivos tecnológicos, teniendo en cuenta factores como el uso de materias primas extraídas de la tierra, los procesos de fabricación, el impacto que tiene en el medioambiente si se deposita en un vertedero, el tiempo en que se puede degradar, los daños que podría causar o, si se recicla, qué partes son útiles y qué ocurre con el resto.

Palabras claves: ciclo de vida, materias primas, impacto ambiental, vertedero, teléfonos móviles.

*Human use, population, and technology
have reached that certain stage where
Mother Earth no longer accepts
our presence with silence.*

DALÁI LAMA

INTRODUCTION

The useful life cycle of a technological device is determined by its function and the use of each consumer. The technology is composed of raw materials and many of these materials need extraction, which indicates an impact on the environment since those many compounds help the operation of the electronic device. In the case of batteries, they can use nickel (Ni), cadmium (Cd), lithium (Li), or methane; the screens require glass and mercury (Hg), among other compounds such as crude oil. These contaminants can be left hanging around in the environment and generate an increase in harmful contamination since some are chemical compounds that form negative reactions. At the end of their life cycle, these technological wastes will require a location to mitigate environmental damage, such as a technology point where they manage the still useful parts (recycling); should it not be possible, and it goes to the sanitary landfill, it would have negative consequences for the soil since the compounds generate polluting liquids and the degradation time of said residues is very long.

The materials that we use to produce anything come from the earth, so it is possible to reduce the impact on the environment and the phones can be earth friendly. The production of phones generates a lot of carbon dioxide and is released into the air during the different steps in a cell phone's cycle life; CO₂ (Carbon dioxide) is a greenhouse gas and contributes to climate change [7].

ORIGIN

In 1973, the first telephone was created by Martin Cooper which was the DynaTAC 8000X, the first telephone call with this device was made from the digital establishments of New York [4].

RAW MATERIALS AND EMISSIONS

Raw materials

There are about 60 different substances in a smartphone, of these 40% are plastics (made from carbon compounds), 40% metal, and 20% glass or ceramic.

Circuit boards are made from mined raw materials such as copper (Cu), a vital element because it conducts electricity and heat very efficiently and is used for wiring for all kinds of electronic components, gold (Au), lead (Pb), nickel (Ni), zinc (Zn), beryllium (Be), tantalum (Ta), coltan, among others.

It requires crude oil for the use of plastic, sand, and limestone for fiberglass, and mercury (Hg) is used for LCD screens which also require the use of glass or plastic.

For the use of batteries, raw materials such as nickel, cobalt, zinc, cadmium, and copper are used.

- (Ni-MH) nickel-methane hydride.
- (Ni-Cd) nickel-cadmium.
- Lead acid.
- (Li-Ion) lithium-ion (lithium metal oxide and carbon-based materials) [7] [4].

Emissions that contribute a negative impact to climate change with the production of cell phones

Almost 43% of CO₂ (Carbon dioxide) is produced in the machines used to discover, extract, and refine petroleum needed to make plastics.

Using fossil fuel in the transportation of products to different destinations (distribution) is due to the use of airplanes or railways.

Packaging: for all the products in the final phase of their distribution, they require natural resources such as paper (from trees), plastic (from crude oil), and aluminum (Al) (from minerals).

Manufacturing: about one-third (34%) of gases are caused by factories that use substantial amounts of electricity [7].

A NEW METHOD WITH GREEN TECHNOLOGIES

We use green energies to do various kinds of activities, most of them, with solar energy or wind energy. If humankind has created an electric car, why could they not have the possibility to make a cell phone that emits

0% gases into the atmosphere, something like a solar cell phone that turns sunlight into electricity? Tellurium (Te) is an alternative to change the metals and reduce corrosion; it can also be used for tinting glass and is paramount for the manufacture of solar panels [3] [4].

PRODUCTION PROCESS AND DESIGN

Production process

In the case of the raw materials to transform into a cellphone, crude oil is combined with natural gas and chemical substances in the processing plant to make plastic. Copper (Cu), is ground, heated, and treated with chemicals and electricity to isolate the pure metal used in circuit boards and batteries. The copper (Cu) pieces obtained are sent to the manufacturing, where they will be transformed into wire and sheets.

Plastics and fiberglass are used for the basic shapes of the circuit boards covered in the gold bath getting this assembly. Next, the electronic components are added to the board connecting to the circuits through wires. In addition, LCD screens are made by placing liquid crystals between layers of glass or plastic [1].

Design

The design team will work on the physical appearance. They will create 3D drawings and models of the exterior and interior of the phone, including the location of components such as the battery function, camera, and display. For example, iPhones mostly use glass for their cases and Android devices often use metal. It is relevant to consider the software and hardware that improves the operation of the cell phone, greater speed, and storage capacity [2].

USEFUL LIFETIME

Cell phones are sometimes used for 18 to 24 months, although their useful life is 4 to 5 years.

All technology has a useful life of 3 to 5 years [6].

CONSUMER

Cell phone consumers are the entire population with the capacity for autonomy and management of the network (internet), usually children, adolescents over 14 years of age, and adults [8].

THE PRODUCT IS RECYCLED OR GOES TO A LANDFILL

Recycle

Mobile phone recycling is where technological devices are treated at the end of their useful life. The main objective is to reduce the accumulation of devices, achieving disassembly, separation of materials, and destruction of electronic equipment for reuse, new products, and preservation of natural resources.

The disassembly of cell phones or electronic devices for recycling begins with the elimination of hazardous materials, the separation in reuse of the parts by removing them, and the elimination of metals with plastics.

The main phases in the recycling process begin with the collection and transport of these devices [5].

What entities promote their recycling? [9]

Claro:

- They are deposited in containers at points of sale.
- They recycled 1,612 tons in 2016.
- They recycle cell phones, chargers, and earphones, along with recycling batteries.

Movistar:

- They are deposited in containers at points of sale.
- A planning operator collects them.
- They are taken to a manager specialized in this waste.
- The equipment is disassembled to separate the reusable parts.
- Some of the parts of the phones are melted.

Why should these products be recycled?

These products must be recycled as they contain potentially harmful elements such as lead, cadmium, and chromium.

How many years does it take to degrade? [6]

- Battery
- Case
- Headphones
- Storage module
- Charger
- Memory
- Circuit board
- Liquid crystal viewfinder
- The complete cell phone

Landfill

How many years does it take to degrade?

If technological waste falls into a sanitary landfill, it would take 4,000 years to decompose since it contains elements such as glass from screens, plastic with petroleum, and lithium or nickel batteries, among other chemical components, aluminum, and paper. When this happens, it has a profound impact on the environment, and electronic waste begins to release toxic substances such as gases, copper, mercury, aluminum, iron, and lead [6].

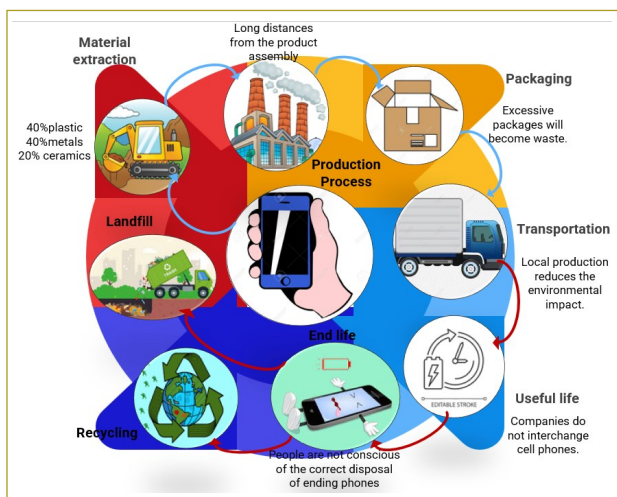


Figure 1. Life Cycle Mobile (2023).

Figure 1 shows the life cycle of mobile phones from the beginning to the end, it shows the entire process, extraction of raw materials, the production process, packaging, and transport that generate CO₂ (Carbon dioxide) emissions into the atmosphere during their useful life, At the end of the cell phone cycle, there are two possibilities, number one: recycling in companies that operate in Colombia such as Claro and Movistar, or if the environmental problems that these chemical wastes would generate on the surface and in the air go to the landfill.

CONCLUSIONS

In conclusion, it is better to opt for recycling awareness about the waste disposed in the sanitary landfill. The chemical components with which mobile devices are

composed filter into the earth causing severe damage and contamination of the atmosphere by the gases. It is important to keep basic information on their collection points and companies in charge of collecting said waste, considering the useful life of each device. Furthermore, when the cell phone battery is damaged the lithium charge it possesses may be exposed and explode.

Reducing the sale of new devices, in turn, minimizes the extraction of raw materials. Since cell phone components that have already completed their cycle with a specialized process can be reused, the manufacture of new devices would be reduced and there would not be so many environmental effects, lowering generation of greenhouse gases by CO₂ (Carbon dioxide).

REFERENCES

- [1] Das, S. (2023). *Mobile Phone Manufacturing Process*. Retrieved from <https://www.mobilecellphonerepairing.com/mobile-phone-manufacturing-process.html#:~:text=The%20mobile%20phone%20manufacturing%20process%20involves%20several%20steps%2C%20including%20designing,software%20features%20are%20decided%20upon.>
- [2] Foundation, I. D. (2021). *The anatomy of a smartphone*. Retrieved from <https://www.interaction-design.org/literature/article/the-anatomy-of-a-smartphone-things-for-designers-to-consider-for-mobile-development.>
- [3] Lotzof, K. (2020). *Your mobile phone is powered by precious metals and minerals*. 15/05/2023. Retrieved from <https://www.nhm.ac.uk/discover/your-mobile-phone-is-powered-by-precious-metals-and-minerals.html#:~:text=Copper%20is%20a%20vital%20element,metal%20for%20mobile%20phone%20componentry.>
- [4] Museum, S. (n.d.). *The invention of mobile phones*. Retrieved from <https://www.sciencemuseum.org.uk/objects-and-stories/invention-mobile-phones#:~:text=Martin%20Cooper%2C%20the%20engineer%20from,for%20wealthy%20financiers%20and%20entrepreneurs.>
- [5] Technological recycling (n.d.). Retrieved from <https://img.lalr.co/cms/2015/02/25223023/reciclaje0226-1000.jpg?size=xl>
- [6] *The product life cycle of a cell phone*. (n.d.). Retrieved from: <https://synerlogis.com/en/synerlogis-news-en/the-product-life-cycle-of-a-cell-phone/#:~:text=The%20product%20life%20cycle%20of%20a%20cell%20phone%20includes%204,phone%2C%20numerous%20resources%20are%20consumed.>
- [7] Yarberr, F. (2021). *Listen Up! The life cycle of a cell phone*. Arkansas. Retrieved from <https://www.acs.org/education/outreach/celebrating-chemistry-editions/2021-ccew/cell-phone-life-cycle.html.>
- [8] The Mobile Consumer is The Consumer. (n.d.) InMobi. 18 05 2023. Retrieved from: <https://www.inmobi.com/blog/the-mobile-consumer-is-the-consumer.>
- [9] The mobile industry working together to manage e-waste in Colombia (2015). GSMA Latin America. Retrieved from [https://www.gsma.com/latinamerica/mobile-industry-ewaste-colombia/.](https://www.gsma.com/latinamerica/mobile-industry-ewaste-colombia/)

Ni arte, ni ciencia / Ni libertad, ni orden

Neither art nor science / Neither freedom nor order

FELIPE RODRÍGUEZ GÓMEZ

Artista. Profesor asistente de la Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

felipe.rodriguez@escuelaing.edu.co

Recibido: 31/01/2023 Aceptado: 03/03/2023

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

La relación entre arte y ciencia más reconocida para la mayoría de las personas que no se especializan en ninguna de las dos siempre ha sido estrictamente técnica. Es posible que esta mirada exclusivamente técnica, más fácil de comprender, haya relegado a las sombras el carácter múltiple de ambas disciplinas, limitando en el caso del arte la posibilidad de autonomía que este delega en sus espectadores, y en el caso de la ciencia, construyendo una distancia cada vez más amplia entre sus impactos y aplicaciones y la participación crítica de la gente. ¿Al hablar de arte y ciencia es posible que la obsesión por lo técnico sea un distractor que impide múltiples formas de discusión y encuentro en la esfera pública?

En el ámbito popular, a la hora de hablar de la intercesión entre arte y ciencia es posible que el referente más común sea Leonardo da Vinci, pues su mirada interdisciplinaria nos podría llevar a sus estudios anatómicos (dibujo y anatomía, técnica y pensamiento), entre otros ejemplos. La invención de la perspectiva por Filippo Brunelleschi reitera este mutualismo. Por

su posición social, Brunelleschi tenía acceso a una gran variedad de herramientas tecnológicas, como lo advierte David Hockney en sus investigaciones. A diferencia de lo que mucha gente piensa, la perspectiva no se creó de un proceso puramente intuitivo; la realidad es que se creó en la confluencia de arte, ciencia y tecnología, sobre todo partiendo de una disposición determinada para la observación. En la misma dirección, la evidente revolución tecnológica que constituyó la cámara oscura en su momento llegó a ser un determinante dentro de la pintura de varios artistas del Renacimiento, entre estos el mismo Da Vinci.

Así las cosas, si se le suma a lo anterior la consigna emocionante de que en el Renacimiento el video ya existía, la cámara oscura permitía que se colaran imágenes invertidas en movimiento a través de un diminuto orificio en un cuarto oscuro. Artistas y científicos hacían realidad el video sin nombrarlo. Esto me lleva a pensar que se ha establecido una mirada técnica limitada, que va de la mano del virtuosismo y que incluso impide una mirada técnica más amplia. El desarrollo técnico óptico

de la época era ocultado por un deseo aún mayor: la idea del genio solitario y aislado del mundo.

El problema en este punto —para hablar de video— era que estas imágenes en movimiento (que ingresaban en la cámara oscura) no se podían fijar como hoy en día lo hacemos en un casete, un CD-ROM o un archivo digital, para poder reproducirlas cuantas veces queramos en diferentes medios. Todas estas maravillas estaban ocultas, pues, al igual que en la ciencia occidental, el arte de Occidente funcionaba a través del recelo, de esconder los secretos, de robar las ideas, de censurar a la competencia, etc. Hockney trae a la luz otros secretos, uno de los cuales es la manera en que los pintores flamencos hacían uso de lentes y distintas herramientas científicas para pintar, todo esto comprobado por el mismo Hockney a través del estudio de algunas pinturas con la ayuda de físicos que lograron determinar qué lentes específicos se usaron para reflejarlas en los caballetes y pintarlas.

La narrativa de la inspiración del genio innato era una tapadera para no revelar los mecanismos que les permitían desarrollar sus obras de arte. Sin embargo, esto no quería decir que no hubiera un alto grado de genialidad; la genialidad se encontraba en el pensamiento crítico, en el uso de las herramientas para la expansión del conocimiento, en posibilitar la creación de nuevos mundos, de mundos imposibles. Además de lo anterior, existía —y sigue existiendo— una limitada concepción de qué es técnica en el arte, hasta el punto de que hoy en día es difícil de aceptar para mucha gente que la técnica utilizada por un artista sea la física, la modificación genética o la biología, entre otras menos convencionales. El deslumbramiento técnico actúa como arma de doble filo y, en muchos casos, impide atravesar las múltiples dimensiones de la obra de arte, al igual que enmascara como arte manifestaciones que no lo son. Es importante enunciar que el arte va más allá de la técnica, y la respuesta a la pregunta concreta ¿qué es arte?, en mi opinión, podría prescindir de cualquier referencia a lo técnico.

Es posible que las grandes confusiones frente a lo técnico en el arte y la ciencia tengan que ver también con el inmenso recelo con que se guardaban estos secretos, ocultos tanto por la ciencia como por el arte, más que justificados; incluso si nos adelantamos varios siglos lo podemos evidenciar más recientemente en la manera como la historia se les atravesó a personajes como Nicolás Tesla, Rosalind Franklin, Marie Lavoisier,

Mary Shelley, Yayoi Kusama o John Cage, o en la forma en que las instituciones científicas y artísticas privaron a la sociedad de alternativas y transformaciones revolucionarias significativas, e incluso privó del crédito correspondiente a algunos de sus creadores.

Desde la perspectiva que enuncio en el primer párrafo, el arte y la ciencia solo tendrían en común su deseo de observación y la necesidad de compartir frecuentemente herramientas tecnológicas. En este estado, se reducen a aprovecharse, mas no a entenderse ni a interactuar. Esta mirada reducida restringe tanto el devenir artístico como el científico a una mirada superficial y anacrónica, que priva a la sociedad en general de ambas disciplinas. Es evidente que su relación, históricamente interdisciplinaria, trae a la luz sus características creativas fundamentales. Pero ¿qué las hace posibles? ¿Es acaso el pensamiento crítico? ¿Es acaso la rebeldía determinada? ¿Es el ejercicio del tiempo libre? ¿Es la libertad?

No hay que ser un artista para participar del arte y mucho menos un científico para participar de la ciencia. A pesar de esto, parecen ser dos disciplinas de las cuales se busca excluir a la mayoría de la gente. Las dos a través de situar a las instituciones por encima de las personas, donde lo que legitima el espíritu científico o artístico de alguien son las mismas instituciones. De ahí hemos pasado a una educación científica y artística que se sustenta y se pliega a un montón de burocracia, la cual no deviene en un impacto real en los estudiantes ni en el mejoramiento de las condiciones educativas. Es tan críptico el panorama que a muchos, cuando me refiero a condiciones educativas, se les vendrán a la mente una gran infraestructura, costosos laboratorios, sofisticados edificios, wifi, etc., y no la educación en sí misma, los profesores, los estudiantes, sus retos, sus posibles transformaciones; en contrapartida, una estructura disciplinar rígida que niega el conocimiento.

La educación como un mecanismo que asegura la creación de mano de obra no es ya un mecanismo de conocimiento. Da prioridad a memorizar y repetir sobre pensar y debatir, antepone el *coaching* a la filosofía y la psicología, da preponderancia a las pasantías por encima de los derechos de los estudiantes. ¿Es posible que nuestro entendimiento de lo técnico nos esté impidiendo ver un panorama más amplio? ¿Es posible que sea necesario desviarnos y hablar de educación?

Una anécdota. Exijo en clase que levanten la mano quienes creen que la Tierra es plana, y paradójicamente a

la fecha ninguno la ha levantado en la Escuela. A renglón seguido, exijo que la levanten ahora los que creen que es esférica (término impreciso pero satisfactorio para el propósito de la clase). Toda la clase levanta la mano. Entonces hago una tercera exigencia: pido que levanten la mano los que han dado una vuelta a la Tierra en barco, han hecho algún experimento, cálculo matemático o ejercicio de observación que les permita sustentar con pruebas haber levantado la mano. Tristemente, en este punto, en el mejor de los casos, cuatro personas levantan la mano. Pregunto ahora: “¿Cuántos de ustedes creen que la Tierra es redonda solo porque les dijeron que así era en el colegio?”. La mayoría levanta la mano. Y entonces nos encontramos en una situación crítica. Mejor dicho, todo lo contrario. Poco crítica. Tanto los terraplanistas como quienes apoyan la visión opuesta carecen de pensamiento crítico. ¿En qué momento llegamos a tal desinterés frente al conocimiento? ¿En qué momento confundimos la búsqueda del científico, la búsqueda del artista con la búsqueda de la verdad, de las certezas? ¿En qué momento la búsqueda del artista y del científico se volvió la búsqueda por conseguir un trabajo estable más? Si somos sinceros, ni los científicos ni los artistas buscan la verdad; a lo sumo, buscan entender el mundo en el que se encuentran. ¿En qué momento el conocimiento nos hizo arrogantes? ¿Acaso lo que genera no es todo lo contrario? ¿La tranquilidad de vivir en lo desconocido? ¿La comprensión de que la naturaleza aún nos oculta la mayoría de los secretos? ¿No es acaso emocionante tener tanto por delante?

Otra anécdota. Hace unos meses nos reunimos extralaboralmente con dos profesores de la Escuela: Raúl Chaparro y Alfonso Meléndez. Nos encontramos un sábado en la casa/estudio/taller/biblioteca de Raúl. Él nos había propuesto discutir un tema que nos interesaba a los tres, la inteligencia artificial, desde una pregunta: ¿por qué la gente ya no quiere saber por qué pasan las cosas? Estábamos discutiendo varios ejemplos donde la IA tomaba la mejor decisión (incluso una que está muy lejos de nuestras intuiciones y procesos racionales), pero sobre todo que no había respuesta frente a por qué la IA había llegado a tomar esta decisión. Se entendía que era la más acertada, se entendía que era más eficiente, pero no se entendía por qué. Tal vez hoy en día deberíamos trasladarle la misma pregunta a la educación. Una educación que ya no es una experiencia transformadora, un proceso determinante, sino que en cambio es una meta;

la meta puede ser un título, la meta puede ser conseguir un trabajo, la meta puede ser desligarse de una presión social, la meta puede ser buscar la eficiencia a todo costo, la mano de obra refinada, no sabría decir cuál. Pero seguro la meta ya no es el conocimiento.

El científico y la institución científica no son lo mismo, de la misma manera que el artista y la institución artística no son lo mismo. Si confundimos a los individuos con las instituciones, caeremos en el grave error de restringir a los demás y restringirnos a nosotros mismos la posibilidad de transitar el ilimitable camino del conocimiento y la imaginación, mientras cada día el rumbo de estas dos miradas se dirige en desbandada hacia la productividad. Nuestras herramientas más determinantes se oxidan y se llenan de polvo: la imaginación y el pensamiento. El mundo productivo trata a las personas como “talento humano”, un eufemismo, una hipocresía que reemplazó el término “recurso humano”, una definición por lo menos más sincera de cómo entiende el mundo laboral a la gente, como algo explotable y, sobre todo, prescindible. La búsqueda de la modernidad por el conocimiento devino en el monopolio del conocimiento y en la consolidación de una sociedad de trabajadores que se pueden definir como analfabetos funcionales.

Una última anécdota. Jorge Sarmiento, un artista bogotano, me dijo un día: “Cuando todos son artistas, ninguno es artista”, haciendo referencia a esa mirada totalizadora impuesta, que busca contener el pensamiento y el accionar crítico del arte. Lo mismo aplica para la educación, especialmente universitaria: cuando todos son estudiantes, ninguno lo es. Y en cambio vamos en picada a una nueva forma de aproximarnos a la educación. Sin pensamiento crítico, encontraremos en las calles personas exigiendo educación para todos, pero no preguntándose qué tipo de educación queremos o deberíamos tener. Resultará de la experiencia universitaria no una experiencia transformadora, sino la continuación de una línea de producción. El estudiante se transformará —como ya lo es en muchas partes— en un cliente, dentro de la premisa corrupta del capitalismo de “el cliente siempre tiene la razón”.

Como es evidente hoy en día, las instituciones científicas están determinadas por intereses individuales que se hacen evidentes desde la modernidad pero que hoy en día incluso el más cínico no puede dejar de lado. Una guerra a niveles nucleares, una pandemia que exa-

cerbó la desigualdad, la polarización política global, el resurgimiento del fascismo en las “democracias” más fuertes. Esto nos muestra que el enfoque que le damos al conocimiento no es el adecuado. Poner a la gente a competir y sustentarlo malinterpretando la teoría evolutiva de Darwin (el darwinismo social tan utilizado por los nazis), por ejemplo, demuestra no solo que el modelo actual no funciona, sino que nuestras carencias intelectuales y del conocimiento se reflejan en nuestra incapacidad para apoyarnos mutuamente; nuestra individualidad nos hace vulnerables, como el anciano que se sitúa políticamente a través de las cadenas de WhatsApp que le llegan al teléfono y no tiene las herramientas ni el interés para corroborarlas.

El arte, la ciencia y la educación no pueden ser un negocio; no lo digo ingenuamente, sino porque en esencia son todo lo contrario. Negocio, desde su etimología, significa lo que no es ocio. Bertrand Russell decía: “El sabio empleo del tiempo libre –hemos de admitirlo– es un producto de la civilización y de la educación. Un hombre que ha trabajado largas horas durante toda su vida se aburrirá si queda súbitamente ocioso. Pero, sin una cantidad considerable de tiempo libre, un hombre se verá privado de muchas de las mejores cosas. Y ya no hay razón alguna para que el grueso de la gente haya de sufrir tal privación; solamente un necio ascetismo, generalmente vicario, nos lleva a seguir insistiendo en trabajar en cantidades excesivas, ahora que ya no es necesario”.

El sabio empleo del tiempo libre nos permite tener los encuentros fundamentales para los que ahora no tenemos tiempo. Imaginar qué debería ser el mundo debería ser una constante para formar parte de él. Mario Mendoza, en su libro *Leer es resistir*, dice que fuimos a la Luna porque antes Julio Verne lo había hecho posible. Y sí que imaginar ha hecho posible todo lo que conocemos. Especialmente en estos tiempos tan difíciles, donde creemos que nos las sabemos todas, que tenemos la verdad, que no hay la capacidad de imaginar el futuro sino transitar los imaginarios de otros. En ciudades tan difíciles donde nadie tiene tiempo, donde hay que tener más de un trabajo para subsistir, donde el transporte público les quita a las personas tres horas en promedio diariamente, donde la jornada laboral no solo es extensa sino que no se cumple y se extiende más de la cuenta, donde la educación busca la extracreditación y no entender que todos los estudiantes son distintos,

son humanos y requieren procesos más incluyentes de conocimiento.

La tristeza no vuelve inteligente. En la tristeza estamos perdidos. Por eso los poderes tienen necesidad de que los sujetos sean tristes. La angustia nunca ha sido un juego de cultura, de inteligencia o de vivacidad. Cuando usted tiene un afecto triste, es que un cuerpo actúa sobre el suyo, un alma actúa sobre la suya en condiciones tales y bajo una relación que no conviene con la suya. Desde entonces, nada en la tristeza puede inducirlo a formar la noción común, es decir, la idea de algo común entre dos cuerpos y dos almas.

GILLES DELEUZE

Se hace necesario un cambio. La invitación es a dejar de pensar el conocimiento desde la sobrevivencia y empezar a vivir. Es decir, democratizar la posibilidad de que todos vivamos. Arrancar esta limitación podría permitir que resurja el conocimiento. Arte y ciencia como potencias siguen intactas. La educación, como la entendemos hoy, es un medio que nos está perjudicando. ¿O destruyendo?

Por último, quisiera citar apartes del prólogo de un libro de física general y un fragmento de *Verdad y mentira en sentido extramoral*:

En un apartado rincón del universo centelleante, desparramado en innumerables sistemas solares, hubo una vez un astro en el que animales inteligentes inventaron el conocimiento. Fue el minuto más altanero y falaz de la historia universal; pero, a fin de cuentas, solo un minuto. Tras breves respiraciones de la naturaleza, el astro se heló y los animales inteligentes hubieron de perecer. Alguien podría inventar una fábula semejante, pero, con todo, no habría ilustrado suficientemente cuán lastimoso, cuán sombrío, cuán estéril y arbitrario es el estado en el que se presenta el intelecto humano dentro de la naturaleza. Hubo eternidades en las que no existía; cuando de nuevo se acabe todo para él no habrá sucedido nada, puesto que para ese intelecto no hay ninguna misión ulterior que conduzca más allá de la vida humana. No es sino humano, y solamente su poseedor y creador lo toma tan patéticamente como si en él girasen los goznes del mundo. Pero si pudiéramos comunicarnos con la mosca, llegaríamos a saber que también ella navega por el aire poseída de ese mismo *pathos*, y se siente el centro volante del mundo. No hay nada en la naturaleza, por despreciable e insignificante que sea, que, al más pequeño soplo de aquel poder del conocimiento, no se infla inmediatamente como un odre; y del mismo modo que cualquier mozo de cuadra quiere tener su admirador, el más soberbio de los hombres,

el filósofo, está completamente convencido de que, desde todas partes, los ojos del universo tienen telescópicamente puesta su mirada en sus obras y pensamientos.

FRIEDRICH NIETZSCHE

Al profesor

El profesor de Física General tiene ante sí un formidable trabajo. Sus estudiantes tienen, por lo general, grandes diferencias en sus grados de conocimientos matemáticos. Muchos las temen. Por consiguiente, las manipulaciones algebraicas deben utilizarse con extremo cuidado. Además, los antecedentes científicos y el interés de los estudiantes distan mucho de ser homogéneos.

Dos problemas, la preparación heterogénea de los estudiantes y el tiempo disponible limitado, han inspirado la elaboración de este texto. Esperamos que su presentación ayudará al maestro a remediar estas dificultades... A pesar del interés obvio de disipar el temor general que se tiene a las matemáticas, no se sacrifica el nivel que requiere el uso de matemáticas en física. El estudiante que desea aprender a nadar bien no necesita empezar con la actitud de “nadar o ahogarse”...

A los estudiantes

Antes de leer esto, harían bien en espiar un poco y leer la sección “Al profesor” de las páginas anteriores. Encontrarán analizado ahí cómo considero yo que son ustedes, cómo debería ser este curso y algunos obstáculos que ustedes pueden encontrar...

Primeramente, un curso de Física requiere que piensen con lógica sobre el modo en que las cosas se comportan en la naturaleza. Se les pedirá que memoricen solamente algunos hechos y conclusiones relacionadas con la naturaleza. Su tarea principal será razonar sobre el comportamiento que se espera en situaciones nuevas. Esto quiere decir que deben llegar a ser muy diestros en la resolución de problemas...

F. BUECHE

REFERENCIAS

<https://www.imdb.com/title/tt0387965/>.

Russell, B. (2000). *Elogio de la ociosidad*. Barcelona: Edhasa.

Bueche, F. (2007). *Física general* (10.ª ed.). México, D.F.: McGraw-Hill.

Nietzsche, F. (1970). *Sobre verdad y mentira en sentido extra-moral*. Buenos Aires: Ediciones Prestigio.

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).



Confía en 4-72,
el servicio de envíos
de Colombia

Línea de atención al cliente:
(57 - 1) 472 2000 en Bogotá
01 8000 111 210 a nivel Nacional

.....

www.4-72.com.co