



ESCUELA INTERNACIONAL DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS  
ECONOMÍA Y FINANZAS INTERNACIONALES

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE  
ECONOMISTA CON ÉNFASIS EN FINANZAS INTERNACIONALES

APLICACIÓN DEL ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS PARA LA  
EFICIENCIA ECOMMERCE EN COLOMBIA

Director:

Omar Fernando Arias Reinoso

Presentado por:

Juan David Portilla Montealegre

Chía, noviembre 3 de 2020

## **Dedicatoria**

Para mi bella prometida Marcela y nuestra hija Julieta, te estamos esperando con mucho cariño y amor. Gracias por todo el apoyo brindado todos los días, juntos somos el mejor equipo.

## **Agradecimientos**

Gracias a mis padres, por tanto.

Gracias a mi director, quien demostró su vocación al enseñar y mostrarme el camino correcto.



## **Aplicación del análisis envolvente de datos para la eficiencia Ecommerce en Colombia**

**Resumen.** El objetivo de esta investigación es evaluar la eficiencia técnica de las empresas que trabajan con eCommerce en Colombia, usando la metodología no paramétrica de DEA. Durante los últimos años, los canales de venta se han adaptado a las tecnologías actuales, y evaluar eficiencia de cómo las empresas evolucionan sus modelos de negocio para ganar ventaja competitiva es importante para hallar estrategias que mejoren las ventas e ingresos y enfrentar de una mejor manera los retos empresariales post Covid-19.

### **Palabras clave**

eCommerce, Eficiencia, DEA (Análisis envolvente de datos), Minimización de insumos, Maximización de producción, Problema primal del productor, Problema dual del productor.

## **1. Introducción**

El internet se ha convertido en una de las tecnologías que han cambiado la forma de hacer negocios alrededor de todo el mundo, en cuestión de décadas ha permitido ser más eficiente y rápida la comunicación, transporte de datos, transporte de mercancías y mezcla de diferentes culturas. Esto ha contribuido a que se hayan abierto diversas oportunidades de realizar negocios por medio de internet, que han sido aprovechadas por empresas de todos los sectores.

El comercio electrónico es una de las aplicaciones más importantes del internet, que ha facilitado el acceso a los mercados internos nacionales e internacionales a las empresas. Este nació desde la década de 1990, y aprovechó la creciente tendencia de la globalización para posicionarse como una de las tecnologías favoritas de gobiernos, empresas y personas individuales. Después de la burbuja PuntoCom, las empresas que lograron superar los diversos retos presentados, en la actualidad son de las más rentables y con mayores oportunidades de crecimiento. Esta tecnología cambiaría el estilo de vida de las personas, porque la manera de comprar, vender y trabajar estaba entrando en la llamada tercera revolución industrial.

En Colombia, lentamente las empresas han adaptado sus modelos de negocio a la digitalización aprovechando las ventajas que esta puede ofrecer a sus proyectos empresariales, dado que este canal de compra y venta de productos y servicios tiene un mayor alcance, porque con estos medios de comunicación las empresas tienen un poder de contacto de gran escala para dar a conocer sus productos. También tiene ventajas respecto a los egresos, permitiendo que las empresas puedan ahorrarse los costos asociados a las ventas, arriendos, y salarios, que permiten tener mejores estructuras de costos, estabilidad intertemporal y posibilidad de lograr eficiencia reduciendo sus costos fijos. Como explica (Fan, Tang, Zhu y Zou, 2018) el comercio electrónico elimina la necesidad de las empresas de tener líneas complicadas de distribución y tiendas físicas, que disminuyen sus beneficios netos.

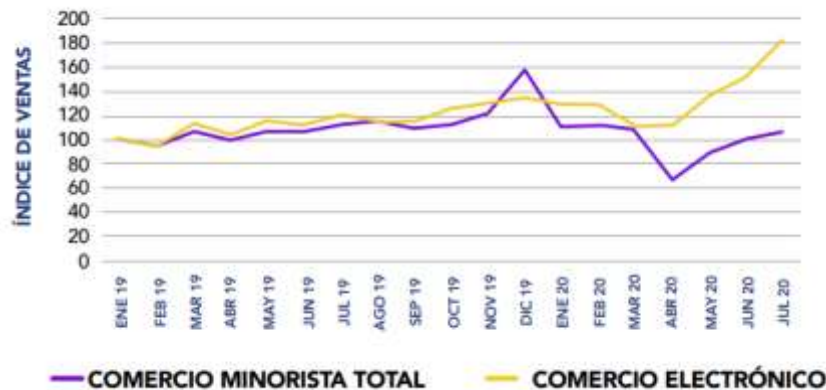
Las estadísticas reflejan que en la última década las empresas colombianas han decidido llevar sus negocios en terrenos virtuales para ofrecer sus productos. Por ejemplo, según (Observatorio eCommerce, 2018), en 2017 las transacciones digitales (eCommerce + recaudo) en Colombia representan \$51,1 billones de pesos; comparado con 2016 se refleja un incremento del 24%. Esto muestra que la confianza en realizar transacciones y compras por internet está creciendo, esto es porque gracias a las empresas que se encargan de gestionar y generar logísticamente las ventas por internet, han puesto sus esfuerzos económicos y administrativos para que la seguridad informática sea eficaz para ambas partes de la negociación.

Según Cámara Colombiana de Comercio Electrónico (CCCE), con datos de la encuesta mensual de comercio del DANE, Redeban y ACH, en 2020 el comercio electrónico tuvo un mejor desempeño que el mercado minorista total. Como se muestra en la **Figura 1** desde marzo de 2020 el índice de ventas en comercio electrónico está 80 puntos básicos por encima del índice del comercio minorista. Muchos de los negocios han migrado rápidamente a los medios virtuales para seguir con sus actividades económicas, demostrando que esta estrategia es adaptiva, exitosa y con un importante potencial para el corto, mediano y largo plazo. (Molla and Heeks, 2015) explican que el eCommerce reduce los costos de transacción de la promoción y fabricación de los productos, indica que tan costoso es para las partes interesadas en la negociación de un producto o un servicio de encontrarse, coordinar los esfuerzos, reducir asimetrías de la información disponible y tener un canal seguro donde puedan llevar a cabo su negocio<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> La teoría de los costos de transacción busca explicar cómo los entes económicos que componen a un mercado se conectan entre ellos. Por ejemplo, las restricciones de la regulación gubernamental, transportes, coordinación, comunicación, entre otros. Estos tienen un efecto directo en los intercambios de bienes y servicios de una economía (Williamson, 1979). Como explica (Wigand, 1995) El precio por el que se vende un producto consta de tres elementos: costos de producción, costos de coordinación y margen de beneficio. (Molla and Heeks, 2015) explican que la coordinación brindada por el eCommerce reduce el margen de costos de coordinación entre compradores y vendedores sin la necesidad de tener intermediarios, teniendo la posibilidad de poder acceder más rápido y a mejores precios a las negociaciones entre ellos.

**Figura 1:** Índice de ventas de comercio minorista y electrónico en Colombia



**Fuente:** Tomado de la Cámara Colombiana de Comercio Electrónico, informe 2020. (COMPORTAMIENTO DEL ECOMMERCE EN COLOMBIA DURANTE 2020 Y PERSPECTIVAS PARA 2021, 2020). Los datos usados para esta gráfica provienen de la Encuesta Mensual de Comercio, DANE (2020); Credibanco, Redeban, ACH. Elaborado por la CCCE.

El eCommerce también hace más eficientes los mercados. La información de los productos y reputaciones de los vendedores están al acceso de los usuarios de la web. La competitividad del mercado será mejor para la empresa que demuestre mejor eficiencia, que tenga las mejores características, y que tenga la capacidad de capturar la atención de los clientes para generar ventas. (Milong, 2011) explica que el comercio electrónico permite una mejor eficiencia de distribución de los recursos, dado que las partes de la cadena de valor están fuertemente relacionadas entre ellas, eliminando intermediarios innecesarios y dando mejores beneficios al productor y al consumidor final.

(Wen, Lin and Huang, 2003) estudian la eficiencia de los índices financieros de las empresas eCommerce usando la metodología DEA. Encuentran que el eCommerce tiene una gran amplitud de estrategias de implementación, y una gran parte se realiza por medio de Internet. Tener un dominio dentro del gran mercado del internet es

imperativo para el comercio actual. Las páginas web son la interfaz más importante para ayudar a los negocios y las organizaciones para interactuar directamente con los compradores y sobresalir ante los competidores, la medición de la efectividad de una empresa en el eCommerce necesariamente debe tener en cuenta los indicadores de su sitio web.

El objetivo del presente trabajo es estudiar la eficiencia técnica de las empresas que están aplicando eCommerce en Colombia para el año 2020. Empleamos la metodología DEA, porque como explican Seilord y Zhu, (Handbook on Data Envelopment Analysis, 2011) es pertinente para modelar procesos operacionales para evaluaciones de eficiencia con conjuntos de datos reducidos<sup>2</sup>. Las variables analizadas están directamente relacionadas con el mercado digital usadas por los motores de búsqueda SEO (Search Engine Optimization) para las páginas web más consultadas. En particular, las variables para productos serán visitas diarias por visitante, tiempo diario de la visita a la página (en segundos), cociente de rebote entre páginas y tráfico en los buscadores Web; las variables para insumos serán tiempo de respuesta de la página (en segundos), tamaño de la página (MB), tiempo desde el primer resultado en google (años) y palabras clave.

Este trabajo está compuesto por tres partes. Primero, marco teórico donde se explica el modelo matemáticos para esta investigación, las variables y su importancia. Segundo, resultados donde se muestran los cálculos para insumos y productos del DEA, y por ultimo las conclusiones y recomendaciones. Adicionalmente se presenta un test de robustez donde se replican los resultados considerando diferentes variables dentro de la metodología para analizar los cambios en las eficiencias presentadas y analizar las variables más relevantes.

---

<sup>2</sup> El método DEA es usado comúnmente en análisis de estudios de ciencias administrativas y económicas, como ha sido profundizado por (Abd El-Aleem, Abd El-wahed, Ismail and Torkey, 2020), donde implementa la metodología para estimar la eficiencia técnica con análisis web. DEA tiene una gran amplitud de aplicaciones en instituciones educativas, gubernamentales, empresas privadas, logística de transportes, entre otros diversos ámbitos donde se pueda medir la eficiencia técnica.

## 2. Marco Conceptual (DEA)

El Data Envelopment Analysis de (Charnes, Cooper y Rhodes, 1979) es una herramienta orientada a los datos para medir la eficiencia del uso de los recursos a la hora de la transformación de unos insumos en productos, esta eficiencia puede entenderse tanto desde el lado de la optimización maximizando el producto (output), o minimizando los insumos (input). Seilord y Zhu, (Handbook on Data Envelopment Analysis, 2011) y (Sîrbu, Cimpoieş y Racul, 2016) explican que la metodología DEA al ser un método no paramétrico requiere pocas suposiciones estadísticas sobre los datos para encontrar el nivel de eficiencia y convertir inputs en outputs. Las aplicaciones de esta metodología son variadas entre empresas, administración de gobiernos, métodos y líneas de producción, instituciones educativas, hoteles, entre otros.

### 2.1 Modelo CCR DEA

El modelo planteado por Charnes, Cooper y Rhodes (1978), plantea que para medir la eficiencia, se utilizará un término Unidades de Toma de Decisión (UTD) cuando se refiere a las entidades que se están evaluando, si existen 10 empresas, entonces, existirán 10 UTD para evaluar en este modelo, de las cuales cada  $UTD_k$  utiliza una cantidad de  $m$  tipos de insumos para producir  $s$  tipos de producto final, entendiendo que, no necesariamente la entidad evaluada tiene que estar ofreciendo un producto físico, puede variar dependiendo de qué se quiere encontrar en el trabajo.

Las  $UTD_k$  necesitan gastar una cantidad de  $x_{ik}$  del insumo  $i$  para finalmente producir una cantidad  $y_{rk}$  del producto  $r$ , asumiendo que la cantidad de insumos y productos no pueden ser menores a (o), es decir,  $x_{ik}, y_{rk} \geq 0$ . Como también  $k$  es el identificador de la entidad, siendo  $k = 1, 2, \dots, n$   $UTD_k$ .

Para evaluar la eficiencia en términos de producción para la respectiva  $UTM_k$ , maximizamos la cantidad producida entre la cantidad de insumos necesarios para esa producción, multiplicando cada una por  $u_r$  y  $v_i$  respectivamente, para que, de esta



manera se pueda representar de manera matemática y poder realizar la maximización por medio de programación lineal.

$$ET_k = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ik}} \quad (1)$$

Donde:

$TE_k$  es la eficiencia técnica de la empresa  $j$  usando los insumos  $m$  para producir  $s$  insumos

$y_{rk}$  es la cantidad de productos  $r$  producidos por la empresa  $k$

$x_{ik}$  es la cantidad de insumos  $i$  consumidos por la empresa  $k$

$u_r$  es la ponderación del producto  $r$

$v_i$  es la ponderación del insumo  $i$

$n$  es el número de empresas a evaluar

$s$  es el número de productos

$m$  es el número de insumos

Primera representación matemática del programa de optimización:

Maximizar

$$ET_k = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ik}} \quad (2)$$

Sujeto a

$$\frac{\sum_{r=1}^x u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1 \quad j = 1, \dots, n \quad (3)$$

$$u_r, v_i > 0 \quad \forall r = 1, \dots, s; i = 1, \dots, m \quad (4)$$

El objetivo principal de las empresas es generar utilidades, y su capacidad de realizar este objetivo es crucial a la hora de competir en un mercado, para lograr que puedan tomar las mejores decisiones y maximizando sus utilidades, siendo que estas se ven, generalmente desde los principios de la contabilidad como ingresos menos costos, la maximización de esta puede ser tanto produciendo más unidades con los insumos que tienen para vender más y tener mayores ingresos o reduciendo la cantidad de insumos necesarios para producir para reducir los costos del negocio.

Dado lo anterior, el modelo se puede aplicar de dos maneras, ya que la eficiencia tiene dos puntos de vista diferentes como mencionado anteriormente, en la primera orientación se piensa en la producción, donde las empresas con sus insumos fijos quieren aprovecharlos de la mejor manera para llegar a producir la mayor cantidad de productos maximizando de esta manera su producción:

Segunda representación matemática del programa de optimización:

Maximizar

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rk} \quad (5)$$

Sujeto a

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \geq 0 \quad j = 1, \dots, n \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ik} = 1 \quad (7)$$

$$u_r, v_i > 0 \quad \forall r = 1, \dots, s; \quad i = 1, \dots, m \quad (8)$$

Por otro lado, desde el problema dual del productor, este puede buscar minimizar sus costos reduciendo los insumos usados para lograr la misma cantidad de producto, viendo el modelo de la siguiente forma:

Tercera representación matemática del programa de optimización:

Minimizar

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \quad (9)$$

Sujeto a

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \geq 0 \quad j = 1, \dots, n \quad (10)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rk} = 1 \quad (11)$$

$$u_r, v_i > 0 \quad \forall r = 1, \dots, s; \quad i = 1, \dots, m \quad (12)$$

## 2.2 Retornos de escala

Los retornos a escala tienen un importante papel en el análisis de la productividad, como es explicado por (Benicio and Soares de Mello, 2015) en la productividad media (PMe) se calcula suponiendo que para el factor producido Y, se usa la misma cantidad de insumos X para la producción. Viéndolo desde el punto de vista algebraico:

$$P_{Me} = \frac{Y}{X}$$

Para el total de bienes producidos Y se usaron X cantidad de unidades del insumo. En la productividad marginal de un factor, se tienen en cuenta la división entre la variación de la cantidad usada del insumo X y la variación del producto Y.

$$P_{Mg} = \frac{\Delta Y}{\Delta X}$$

De lo anterior se define que si  $P_{Mg} = 1$  la producción tiene rendimientos constantes a escala, es decir que para aumentar (variar) en una unidad el producto Y, se debe aumentar (variar) en una unidad el insumo X. Si  $P_{Mg} > 1$  la producción tiene retornos crecientes a escala, es decir que al aumentar (variar) en una unidad el insumo X, el producto Y aumentará en más de una unidad, está siendo crecientemente productivo. De la manera contraria, si  $P_{Mg} < 1$  la producción tiene retornos decrecientes a escala, que significa que al aumentar (variar) en una unidad el insumo X, el producto Y aumentará en menos de una unidad.

En el contexto del comercio, la introducción de la tecnología que facilita el proceso de comercialización ha impulsado positivamente la productividad del sector, dado a que pueden generar más ingresos con un costo marginal mucho menor. Por ejemplo, si la página web de una empresa cuenta con sus características totalmente optimizadas puede generar ventas para la cantidad de clientes que estén dispuestos a realizar compras en

13ella, con un costo de ventas marginal prácticamente inexistente. Si la empresa logra coordinar su logística para distribuir correctamente, sus costos de envío serán reducidos de igual forma. Como explican (Zunder and Zahurul, 2011), las llamadas eLogistics, que se refieren a las tecnologías de información y comunicación (TIC) en los procesos logísticos internos y externos en la cadena de suministro, uno de los objetivos de estas tecnologías, es crear la manera óptima de distribuir productos para las partes interesadas.

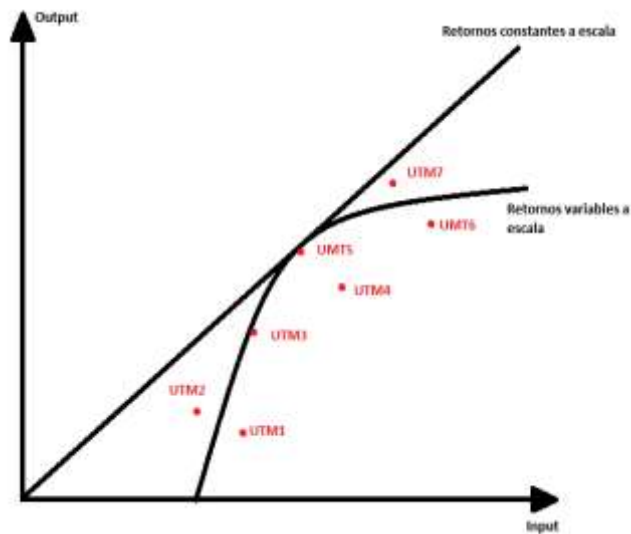
### 2.3 Rendimientos a escala en DEA

El modelo DEA original propuesto por Charnes, Cooper y Rhodes (1978) asume rendimientos constantes a escala, (Metters, Frel y Vargas, 1999) explican que en este caso se asume que la productividad promedio es igual a la productividad marginal, DEA identifica las UTD con los niveles más altos de productividad promedio como eficientes.

Se han creado diversas variaciones a este modelo, una de ellas es introducida por (Banker, Charnes, and Cooper 1984; Seiford and Thrall 1990) implementando la posibilidad de usar rendimientos variables a escala, que se utiliza principalmente cuando el modelo debe tener en cuenta las economías a escala, también (Metters, Frel y Vargas, 1999) recomiendan usar retornos variables a escala cuando los datos de las empresas evaluadas son muy diferentes entre ellas.

En la **Figura 2** se puede observar una representación gráfica de los rendimientos constantes y variables a escala en la metodología DEA. Siguiendo la orientación principal de retornos constantes a escala el único eficiente es la  $UTD_5$ , mientras que, bajo la orientación de retornos variables a escala, tanto el  $UTD_5$  como el  $UTD_3$  son eficientes. A nivel general, el nivel de eficiencia del modelo usando retornos variables a escala debe ser mayor que usando el modelo tradicional.

**Figura 2:** Rendimientos constantes y variables a escala en la metodología DEA



**Fuente:** Elaborada por el autor.

Para esta investigación, se aplicaron variables que, dentro del mercadeo digital son importantes y han sido usadas en otros artículos tales como C. cinco, Y. callen, C. Molinero (2005) y Abd El-Aleem, A., Abd El-wahed, W., Ismail, N. and Torkey, F. (2020) sobre el mismo tema usando la metodología DEA para medir la eficiencia de los portales web que ofrecen productos y servicios, estas coinciden que estas variables son indicadores valiosos a la hora de realizar evaluaciones y comparaciones entre las empresas del sector eCommerce, debido a que miden el desempeño y desarrollo de las empresas dentro un ambiente competitivo como es el internet. En la **Tabla 1** presentamos los insumos y productos empleados en el trabajo. Estas variables evalúan los 'insumos' que necesita una página web para ser funcional, atractiva y moderna para el usuario actual, las cuales son necesarias para generar tráfico, confianza y seguridad suficiente para crear la intención de compra y finalizar la venta, también, para los 'productos' se usaron variables que miden el rendimiento de una página web, por indicadores de efectividad utilizados para la toma de decisiones empresariales para el mantenimiento oportuno de las plataformas digitales, uno de los canales más importantes de venta en los tiempos actuales.

**Tabla 1:** Insumos, productos y conceptos empleados en la aplicación

<b>Recurso</b>	<b>Variable</b>	<b>Concepto</b>
<b>Insumos</b>	Tiempo de respuesta (segundos)	El tiempo que debe esperar el usuario al entrar a una página web, para que la anterior cargue por completo su contenido
	Tamaño de la página (MB)	Peso de los archivos de la página web, si esta tiene una gran cantidad de archivos multimedia, enlaces permanentes internos y demás, su peso será mayor
	Tiempo desde el primer resultado en Google (Años cumplidos)	La experiencia en años cumplidos que tiene la empresa usando su página web, esto refleja los aprendizajes que la empresa ha tenido para desarrollar una página web adaptable a las necesidades de los clientes a través del tiempo
	Palabras clave orgánicas	Los motores de búsqueda como Google relacionan las palabras clave que repite una página web, con su contenido en general, esto ayuda a que los usuarios puedan encontrar las páginas web que necesitan según las palabras claves buscadas
<b>Productos</b>	Daily Pageviews per visitor	La cantidad de veces que un usuario visita una página web al día, si la visita repetidas veces, es porque esta tiene información de su interés, por tanto, es efectiva
	Daily time on site (seconds)	El tiempo que un usuario invierte navegando por una página web, entre más tiempo permanece, es porque se siente cómodo y es atractiva para el usuario
	Bounce rate	Indicador que muestra la medida como un usuario entra a una página web, encuentra lo que necesita y procede a salir de la pagina
	Search traffic	Indicador que muestra cuantas visitas a la página web, fueron producto de clicks pagados por publicidad y cuántos fueron porque el usuario encontró esa página de manera orgánica (no pagada)

Existen cuatro categorías del eCommerce. El B2C que es el tradicional modelo de negocio donde la empresa busca ofrecer productos al consumidor final, quien desea comprar los productos o servicios para su propia utilidad o consumo. El modelo B2B que es el modelo de negocio a negocio, donde las empresas realizan negociaciones entre ellas para comprar y vender insumos que necesitan para producir sus propios modelos de negocio, y así generar rentabilidad, son dependientes uno del otro. El C2B un modelo de negocio poco tradicional donde el consumidor ofrece productos o servicios a las empresas Finalmente, el C2C es un modelo de negocio donde los clientes realizan negocios entre ellos. La **Tabla 2** muestra las estadísticas descriptivas para nuestra muestra de empresas siguiendo la clasificación anteriormente explicada.

Las empresas elegidas para la investigación, tienen una importante presencia en el eCommerce, y parte de sus ingresos se realizan por este medio. Cuentan con variada experiencia dentro del sector comercial y cuentan con la característica que han migrado progresivamente sus operaciones al comercio electrónico, aprovechando las ventajas logísticas que este ofrece, reduciendo costos de almacenamiento y distribución. La mayoría de estas son clasificadas entre tamaño mediano y grande, según su nivel de ingreso, establecido por el Decreto número 957 de 2019 por el (Ministerio de Industria y Comercio, 2019).

Los datos de las empresas analizadas muestran que la administración de sus páginas web es diferente y cumple con diversos objetivos. Mercadolibre que es la empresa de eCommerce más importante en Latinoamérica y cumple con un gran portafolio de productos en su plataforma y enlaces permanentes que hacen que sea más pesada, cuenta con un tamaño de página de sólo 1.3 MB. Paralelamente logra un tiempo de respuesta de 1.06 segundos, la razón de poder obtener estos resultados siendo una de las páginas web de eCommerce más robustas de las empresas estudiadas es porque la ingeniería web usada esta optimizada, logrando la eficiencia en DEA.



**Tabla 2:** Estadísticas descriptivas

Tiendas en línea que operan en Colombia	Tipo de empresa	Sector	Tamaño	Antigüedad	Ingresos en 2017 (millones)	Año de incorporación
Oster	B2C	Manufactura y comercio	Grande	17	\$ 128.715	2.004
Linio	B2C	Comercio	Mediana	9	\$ 28.357	2.012
Éxito	B2C	Comercio	Grande	71	\$ 40.713.177	1.950
Falabella	B2C	Comercio	Grande	16	\$ 1.629.166	2.005
Jumbo	B2C	Comercio	Grande	14	\$ 3.816.829	2.007
Totto	B2C	Manufactura y comercio	Grande	34	\$ 474.052	1.987
BabyMarket	B2C	Comercio	Grande	8	NA	2.013
Mercadolibre	P2P / C2C	Comercio	Grande	21	\$ 76.547	2.000
Home Center	B2C	Comercio	Grande	27	\$ 2.499.676	1.994
Samsung	B2C	Manufactura y comercio	Grande	24	\$ 2.759.025	1.997
Domicilios.com	P2P	Comercio entre partes	Grande	14	NA	2.007
Koaj	B2C	Manufactura y comercio	Grande	38	\$ 417.492	1.983
Velez	B2C	Manufactura y comercio	Grande	28	\$ 377.555	1.993
Homesentry	B2C	Comercio	Grande	49	\$ 157.369	1.972
Alkosto	B2C	Comercio	Grande	32	\$ 4.865.884	1.989
Olimpica	B2C	Comercio	Grande	44	\$ 5.709.718	1.977
La14	B2C	Comercio	Grande	58	\$ 1.499.306	1.963
Easy	B2C	Comercio	Grande	14	\$ 3.816.829	2.007
Carulla	B2C	Comercio	Grande	71	\$ 40.713.177	1.950
Makro	B2C	Comercio	Grande	16	\$ 1.126.429	2.005
Pricesmart	B2C	Comercio	Grande	12	\$ 1.053.070	2.009
Ktronix	B2C	Comercio	Grande	32	\$ 4.865.884	1.989
Mac Center	B2C	Comercio	Grande	12	\$ 170.779	2.009
<b>Media</b>				<b>28,7</b>	<b>\$ 5.566.621</b>	<b>1.992</b>

Fuente: Cálculos propios a partir de EMIS, an ISI Emerging Markets Group Company, 2021

Homecenter, desde el principio de la pandemia busco adaptarse rápidamente al eCommerce, por ende, ha usado estrategias de optimización web similares a los usados en Mercadolibre para obtener un impresionante 0.607 segundos en tiempo de

respuesta y 0.1914 MB en tamaño de página, que se ubican por debajo que todas las demás empresas analizadas y de la media. Esto se debe a que Homecenter no maneja un portafolio de productos tan grande como Mercadolibre o Linio, y lo podemos confirmar observando la cantidad de palabras clave orgánicas que estas empresas manejan, Marcadolibre cuenta con 7.177, Linio sólo con 721 y Homecenter con 670.

### **3. Resultados**

En la **Tabla 3** se observan los indicadores del rendimiento de las páginas web de las empresas analizadas que serán los datos con los que se realizará la metodología DEA para obtener los niveles de eficiencia. Los datos fueron extraídos del analizador profundo de páginas web Alexa, una extensión de la empresa Amazon, que siendo una de las empresas líderes en eCommerce mundial, quien además invierte una parte de sus recursos y esfuerzos para entender por medio de datos, mediciones e indicadores las mejores formas de posicionamiento web y mercadeo digital. Filtramos los datos más representativos que se usan para la toma de decisiones empresariales en las grandes empresas de la industria eCommerce.

Los resultados se analizan midiendo la capacidad de la empresa para ser eficiente en la maximización del producto y la minimización de los recursos implementados, también es necesario tener en cuenta, que este método se aplicó en ambos enfoques con rendimientos constantes a escala, y rendimientos variables a escala. En la metodología DEA se puede analizar con los rendimientos constantes a escala y con los rendimientos variables a escala, en esta investigación se usarán ambos, con el fin de obtener la información necesaria y requerida.

**Tabla 3:** Indicadores de insumos y productos

Tiendas en línea Colombianas	INSUMOS				PRODUCTOS			
	Tiempo de respuesta (segundos)	Tamaño de la página (MB)	Tiempo desde el primer resultado en Google (Años cumplidos)	Palabras clave orgánicas	Daily Pageviews per visitor	Daily time on site (seconds)	Bounce rate	Search traffic
Oster	4,38	3,1	11	7	2,9	162	0,4	0,46
Linio	1,39	4,6	8	721	5,13	389	0,317	0,3
Éxito	5,99	4,8	14	751	4,05	331	0,321	0,49
Falabella	5,4	16	12	556	4,45	337	0,319	0,36
Jumbo	5,34	7,2	7	292	3,1	285	0,377	0,71
Totto	3,29	2,7	11	86	4,6	311	0,345	0,64
BabyMarket	8,53	4,4	5	3	2	93	0,5	1
Mercadolibre	1,06	1,3	13	7,177	10,7	622	0,205	0,3
Home Center	0,607	0,1914	13	670	4,6	411	0,309	0,62
Samsung	4,56	2,6	14	155	3,14	222	0,484	0,64
Domicilios.com	2,87	1,8	5	31	2,7	124	0,325	0,49
Koaj	5,05	4,6	7	2	6,6	371	0,246	0,63
Velez	6,49	6,5	11	96	3,8	279	0,407	0,33
Homesentry	2,77	3,3	5	25	3,4	202	0,357	0,26
Alkosto	5,55	4	14	846	4,44	312	0,349	0,56
Olimpica	3,25	5,2	10	68	3,2	208	0,41	0,38
La14	6,22	19,7	14	14	4,1	230	0,258	0,36
Easy	5,65	5,8	9	85	3,7	282	0,316	0,7
Carulla	5,39	3,2	11	27	2,1	171	0,469	0,64
Makro	5,48	14,7	13	2	3,2	260	0,455	0,629
Pricesmart	2,16	2,2	14	228	7,4	614	0,191	0,53
Ktronix	5,21	2,1	14	262	3,6	218	0,423	0,52
Mac Center	4,06	4,06	9	109	3,5	179	0,168	0,68
<b>Media</b>	<b>4,3781304</b>	<b>5,393539</b>	<b>10,60869565</b>	<b>219,2686</b>	<b>4,19173913</b>	<b>287,5217</b>	<b>0,3457</b>	<b>0,5317</b>
<b>Varianza</b>	<b>3,5896673</b>	<b>22,69931</b>	<b>9,629489603</b>	<b>74985,71</b>	<b>3,43519698</b>	<b>16917,12</b>	<b>0,00808</b>	<b>0,02943</b>

**Nota:** La información fue extraída de la plataforma Alexa.com, una extensión de Amazon especializada en mercadeo digital.

Para aplicar la metodología, se programó usando el complemento Solver de Excel analizando rendimientos constantes y variables a escala, con los datos de las empresas anteriormente mencionados. Para la parte de resultados se aplicó cuatro configuraciones programadas, minimizando insumos y maximizando producto, cada uno con rendimientos constantes a escala y rendimientos variables a escala.

La **Tabla 4** muestra los resultados de minimización de insumos. En la minimización de los insumos, las empresas que se encuentran en 100% es porque tienen una manera óptima de utilizar los recursos implementados con una cantidad de producción fija, los que se alejan de este número, indican que su proceso de optimización de los insumos no está siendo completamente aprovechada para alcanzar el 100% de eficiencia técnica, es decir que puede reducir más los recursos utilizados para mantener el mismo rendimiento en su comercio web, utilizándolos eficientemente.

Usando el método de rendimientos constantes a escala para la minimización de los insumos, se encuentra que la empresa Éxito, está presentando ineficiencias en cuanto a sus insumos con un 57.4% de eficiencia total, viendo que, el tiempo promedio de carga en segundos para su página web, es 0.85 desviaciones estándar más que el promedio del mercado. La14 es una empresa que en el mismo sector comercial, también presenta una importante ineficiencia con 57.6% de eficiencia total, en esta empresa específica, su ineficiencia es causada principalmente por el tamaño de su página web, que, al ser 3 desviaciones estándar más pesada que el promedio del mercado evaluado, se sitúa como la página web más grande en términos de tamaño de las empresas que se consideraron en este trabajo, de la misma manera, el tiempo de respuesta de esta página es 0.97 desviaciones estándar más alta que las demás empresas.

En los resultados también se han encontrado casos particulares donde hay empresas que tienen un nivel de eficiencia cercano al 100%, por tanto existen factores que les impiden ser completamente eficientes, una de ellas es Ktronix que, con 94% de eficiencia, se puede analizar con las herramientas estadísticas que, la razón por la

cual se aleja de la eficiencia plena es el tiempo de carga de la página web, dado que se aleja en 0.439 desviaciones estándar del promedio de las empresas analizadas.

Analizando el caso de los rendimientos variables a escala, los resultados son similares a comparación de los rendimientos constantes a escala, sin embargo, se observan mejores valores de eficiencia, haciendo énfasis en Vélez, que ha tenido una eficiencia de 0.8297, en este caso se recomienda aprovechar mejor sus insumos para lograr mejores valores de eficiencia.

**Tabla 4:** Evaluación de minimización de insumos usando DEA

Rendimientos variables a escala		Rendimientos constantes a escala	
Tiendas en línea en Colombia	Eficiencia	Tiendas en línea en Colombia	Eficiencia
Oster	1	Oster	1
Linio	1	Linio	1
Éxito	0,574094043	Éxito	0,571987123
Falabella	0,600461645	Falabella	0,582968249
Jumbo	1	Jumbo	1
Totto	1	Totto	0,986918017
BabyMarket	1	BabyMarket	1
MercadoLibre	1	MercadoLibre	1
Home Center	1	Home Center	1
Samsung	1	Samsung	0,940141206
Domicilios.com	1	Domicilios.com	1
Koaj	1	Koaj	1
Vélez	0,829715123	Vélez	0,599548063
Homesentry	1	Homesentry	1
Alkosto	0,6142271	Alkosto	0,598256873
Olimpica	1	Olimpica	0,91058644
La14	0,576531361	La14	0,47656139
Easy	0,865663876	Easy	0,833912296
Carulla	1	Carulla	0,972407695
Makro	1	Makro	1
Pricesmart	1	Pricesmart	0,991127395
Ktronix	0,940164028	Ktronix	0,895942293
Mac Center	0,986668033	Mac Center	0,904145851

Desde el otro enfoque, al maximizar el producto, cuando el producto se encuentra en 100% es porque con los insumos que tiene disponibles, son optimizados completamente y produce todo lo que puede de manera eficiente. Los resultados se presentan en la **Tabla 5**. Cuando el resultado de la metodología es mayor de 100% es porque esta empresa está presentando ineficiencias en la manera de utilizar los insumos para producir toda su capacidad productiva, entonces muestra en qué porcentaje puede aumentar su producción usando la misma cantidad de insumos. La producción contempla la capacidad de una empresa para ser atractiva en el mercado online, los resultados de la eficiencia en términos de tráfico de páginas web.

Dentro del mercado analizado, la producción contempla la capacidad de una empresa, para ser atractiva en el mercado online, los resultados de la eficiencia en términos de tráfico de páginas web, es algo que en el año 2020 es deseado por las empresas, con la tendencia del e-Commerce actual.

**Tabla 5:** Evaluación de maximización de producto usando DEA

Rendimientos variables a escala		Rendimientos constantes a escala	
Tiendas en línea en Colombia	Eficiencia	Tiendas en línea en Colombia	Eficiencia
Oster	1	Oster	1
Linio	1	Linio	1
Éxito	1,148503256	Éxito	1,748291107
Falabella	1,134179985	Falabella	1,715359286
Jumbo	1	Jumbo	1
Totto	1	Totto	1,01325539
BabyMarket	1	BabyMarket	1
Mercadolibre	1	Mercadolibre	1
Home Center	1	Home Center	1
Samsung	1	Samsung	1,063670004
Domicilios.com	1	Domicilios.com	1
Koaj	1	Koaj	1
Vélez	1,026838029	Vélez	1,667922992
Homesentry	1	Homesentry	1
Alkosto	1,103356421	Alkosto	1,671522793
Olimpica	1	Olimpica	1,098193379
La14	1,433627397	La14	2,098365542
Easy	1,114361282	Easy	1,199166872
Carulla	1	Carulla	1,028375243
Makro	1	Makro	1
Pricesmart	1	Pricesmart	1,008952032
Ktronix	1,039139028	Ktronix	1,116143314
Mac Center	1,010755563	Mac Center	1,106016246

En los resultados usando la metodología de rendimientos constantes a escala, resaltan algunas empresas específicas que, tienen oportunidades de aumentar su producción debido a sus ineficiencias, sin embargo, hay factores de producción que tienden a que el resultado total de eficiencia sea mayor en algunas empresas. La empresa la 14, tiene un índice de ‘Search Traffic’ significativamente más bajo que las demás empresas, con 1 desviación estándar más abajo, acompañado con un ‘Bounce

Rate' con 0.975 desviaciones estándar menos que las demás empresas, la posiciona como la empresa que menos eficiencia presenta, con un resultado de 1.4336, es decir, que puede aumentar su producción en 43.36% con la misma cantidad de insumos. Por otro lado, hay empresas que están aprovechando eficientemente su producción y otras que están cerca de lograr la eficiencia total, pero hay factores que hacen que se alejen levemente de la eficiencia, como la empresa Éxito, que tiene 0.24 desviaciones estándar menos en 'Search Traffic' y 0.27 desviaciones estándar menos en 'Bounce Rate' que las empresas analizadas.

Analizando los rendimientos variables a escala, las empresas pueden obtener mejores tasas de eficiencia, y que en este caso las empresas optimizan mejor los insumos de su eCommerce para tener mejor reconocimiento en línea, esto se debe a que los rendimientos variables tienen una curva de eficiencia adaptable a los datos. Empresas como el Éxito que aprovecha las economías a escala para lograr una mayor red de comercio por medio del eCommerce, debería ser analizado bajo rendimientos variables, con una puntuación de 1.1485, es decir que puede mejorar 14.85% su productividad en el eCommerce con los insumos disponibles en su tecnología web.



#### 4. Test de robustez

Cuando se utiliza la metodología DEA, usualmente se trabaja acompañado con un test de robustez, el cual para Zhu (2003, p. 217) define si la frontera calculada por la metodología DEA es estable, y depende de si después de realizar perturbaciones en los datos se mantiene la decisión respecto a la eficiencia de las empresas estudiadas.

Huguein, J. (2012) recopila diversos métodos para testear la sensibilidad de la metodología, una de ellas consiste en agregar o extraer empresas del modelo especificado. Dusansky y Wilson (1994, 1995) proporcionan diferentes enfoques para abordar esta idea, también el autor anexa otras formas de probar la sensibilidad de los resultados de DEA que consisten en modificar los valores de las salidas y las entradas.

Los enfoques incluyen la perturbación de datos de:

- Una sola variable de una empresa eficiente (Charnes et al., 1985), los datos de otras empresas que permanecen fijas.
- Perturbación simultánea de datos proporcionales de todas las salidas e insumos de una empresa eficiente (Charnes & Neralic, 1992), los datos de otras empresas permanecen fijas;
- Perturbación simultánea de datos de una empresa eficiente en una situación donde las salidas y entradas se pueden modificar individualmente (Seiford & Zhu, 1998, o Neralic & Wendell, 2004), los datos de otras firmas permaneciendo fijo.
- Perturbación simultánea de datos proporcionales de todas las salidas e insumos de todas las empresas (Seiford y Zhu, 1998).

Por esta razón para identificar el impacto de los resultados omitiendo algunas variables, se analiza el cambio de la eficiencia con los nuevos recursos. Los resultados se presentan en la **Tabla 6**. En el caso de los insumos se retiró del análisis las variables tiempo de respuesta (segundos) y tamaño de la página (MB), que, comparando los resultados con los originales, se evidencia que estas variables efectivamente son importantes para el análisis, cabe aclarar también que en este escenario la

metodología le da más peso a el tiempo desde su primera aparición en Google, ya que este recurso es muy importante, pues remarca la experiencia adquirida de las empresas con sus páginas web.

**Tabla 6:** Test de robustez minimizando insumos.

Test robustez insumos	
Rendimientos constantes a escala	
Tiendas en línea en Colombia	Eficiencia
Oster	0,497350038
Linio	1
Éxito	0,504812372
Falabella	0,597965134
Jumbo	1
Totto	0,677111807
BabyMarket	1
Mercadolibre	1
Home Center	0,740674176
Samsung	1
Domicilios.com	1
Koaj	1
Velez	0,82115261
Homesentry	1
Alkosto	0,505670646
Olimpica	0,608993989
La14	0,419137048
Easy	0,699538465
Carulla	0,691009069
Makro	1
Pricesmart	1
Ktronix	0,466805769
Mac Center	0,606529607

**Nota:** para este análisis se retiró de los insumos las variables tiempo de respuesta (segundos) y tamaño de la página (MB).

Dado el test de robustez, algunas empresas que eran eficientes, mostraron eficiencias con las nuevas variables de insumos, esto se presentó en empresas como Oster, Totto, Home Center, y Carulla, estos resultados son porque estas empresas anteriormente descritas habían optimizado sus páginas web en términos de tamaño y tiempo de respuesta, y esto hacía que sobresalieran entre el grupo, luego, también indica que estas deben enfocar sus esfuerzos también en las otras variables para ser eficientes en todas las partes necesarias para ser exitosos en el eCommerce

Para el análisis de test de robustez en maximización de producto, se han retirado las variables Bounce rate y search traffic y la metodología ha castigado fuertemente la eficiencia de las empresas. Los resultados se presentan en la **Tabla 7**. Las empresas más eficientes ponen estándares altos que las demás no son capaces de alcanzar, sin embargo, esto representa otras oportunidades de mejora que las empresas pueden tener en cuenta, ya que deben optimizar intensamente (algunas más de 300%) las visitas diarias por persona y el tiempo que estos permanecen en sus páginas web.

Los resultados después de realizar el test, demostraron altas brechas entre las empresas eficientes y las que presentan ineficiencias, esto es dado a que, dejando únicamente las variables relacionadas a las visitas y al tiempo que dedican los visitantes en las páginas web, la metodología muestra que tienen mucho por mejorar en su rendimiento, estos resultados indican que las empresas deben enfocar sus esfuerzos para que la experiencia interna sea mejor, y de esta manera ser más eficientes en estas características.

**Tabla 7:** Test de robustez maximizando productos.

Test robustez maximizando producto  
Rendimientos constantes a escala

<b>Tiendas en linea en Colombia</b>	<b>Eficiencia</b>
Oster	3,218390805
Linio	1
Éxito	1,879154079
Falabella	1,721562809
Jumbo	1,301754386
Totto	1,730975348
BabyMarket	1
Mercadolibre	1
Home Center	1
Samsung	2,801801802
Domicilios.com	1
Koaj	1
Velez	1,929510155
Homesentry	1
Alkosto	1,993589744
Olimpica	2,387019231
La14	2,609756098
Easy	1,612293144
Carulla	3,148148148
Makro	1,426923077
Pricesmart	1,013029316
Ktronix	2,853211009
Mac Center	2,276190476

**Nota:** para este análisis se retiró de los insumos las variables Bounce rate y search traffic.

## 5. Conclusiones

A partir de los resultados generales de la metodología DEA aplicada a las empresas eCommerce en Colombia para 2020 y el correspondiente test de robustez, se concluye que el tiempo de respuesta de una página web y el tamaño de la página son de los factores de eficiencia más importantes. Estas variables pueden determinar si una empresa recibe más visitantes en su página web y si estos deciden pasar tiempo dentro de la página. Las dos variables mencionadas están relacionadas entre ellas porque el tamaño de la página influye directamente en la velocidad de respuesta de una página web, entre más pesada, más tiempo deberá requerir para cargar todos los aspectos de la página web.

Lo anterior se puede soportar comparando el resultado DEA general con el test de robustez donde empresas como Homecenter pasan de tener 100% de eficiencia a 74.06%, Mac Center baja de 98.66% de eficiencia a 60.65%, Oster de 100% de eficiencia a 49.73% después de retirar las variables de tiempo de respuesta en segundos y el tamaño de la página. Sin embargo, cabe resaltar que en empresas donde no sólo enfocaron sus esfuerzos en estas dos variables sino buscaron un equilibrio entre todos los factores necesarios para mantener una página web adaptable al eCommerce saludables, como Mercadolibre o Linio, siguen manteniendo un 100% de eficiencia.

En el análisis por producto, la variable más representativa es el tiempo que un usuario decide emplear en una página web. Esto se debe a que el objetivo principal de un sitio de eCommerce es que los usuarios hagan compras dentro del sitio, y entre más tiempo estén navegando en una página web, es mayor la intención de compra de uno o más productos. Mercadolibre, Pricemart y Koaj tienen los valores más altos entre las empresas analizadas, con 622, 614 y 371 segundos diarios respectivamente por visitante. Estas tres empresas han obtenido un resultado de eficiencia superior al 99.11% tanto en la prueba general DEA como en el test de robustez.

El test de robustez en maximización de producto, al retirar las variables Bounce rate y Search traffic la variación del producto ha sido alta, sin embargo, se recalca que las empresas que tienen un alto índice de segundos diarios por visitante, han demostrado mantener el 100% de eficiencia, mientras que las empresas que tenían un índice menor al promedio, se han visto mayormente penalizadas.

Las empresas que tienen mercado en el eCommerce pueden mejorar su eficiencia usando las nuevas tecnologías de gestión de páginas web, para optimizar los tiempos de carga que es uno de los factores de mejora más notables, optimizando la experiencia de los usuarios y aumentando la verosimilitud de ventas. Las empresas con más años desde su incorporación Web tienen más experiencia y capacidades monetarias para el mejoramiento de las herramientas técnicas de sus páginas, mejorando el comercio electrónico; las empresas menos experimentadas, por su parte, demostraron un gran potencial de optimización de sus plataformas.

## 6. Referencias

- [1] Abd El-Aleem, A., Abd El-wahed, W., Ismail, N. and Torkey, F., 2020. Efficiency Evaluation of E-Commerce Websites.
- [2] Observatorioecommerce.com.co. 2020. [online] Available at: <<https://www.observatorioecommerce.com.co/wp-content/uploads/2018/04/4TO-ESTUDIO-DE-TRANSACCIONES-DIGITALES-EN-COLOMBIA-2016-2017-1.pdf>> [Accessed 2 November 2020].
- [3] Charnes, A., Cooper, W. and Rhodes, E., 1979. Measuring the efficiency of decision-making units. *European Journal of Operational Research*, 3(4), p.339.
- [4] Fan, J., Tang, L., Zhu, W. and Zou, B., 2018. The Alibaba effect: Spatial consumption inequality and the welfare gains from e-commerce. *Journal of International Economics*, 114, pp.203-220.
- [5] International Series in Operations Research & Management Science, 2011. *Handbook on Data Envelopment Analysis*.
- [6] Huguenin, J., 2012. *Data Envelopment Analysis (DEA) A pedagogical guide for decision makers in the public sector*. IDHEAP,.
- [7] Milong, L., 2011. *The Analysis of Strengths and Weaknesses of Online-Shopping*. Beijing University of Posts and Telecommunications,.
- [8] Sîrbu, A., Cimpoeș, D. and Racul, A., 2016. Use of Data Envelopment Analysis to Measure the Performance Efficiency of Academic Departments. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 10, pp.578-585.

- [9] C. Cinca, Y. Callen, C. Molinero, "Measuring DEA efficiency in Internet companies", *Decision Support Systems*, vol. 38, Issue 4, pp. 557-573, Jan. 2005.
- [10] X. Zhang, K. B. Keeling, R. J. Pavur, "Information Quality of Commercial Website Home Pages: An Explorative Analysis", in *Proc. of the 21TH int. conf. on Information systems*, Brisbane, Queensland, Australia, 2000, pp. 164-175.
- [11] Benicio, J. and Soares de Mello, J., 2015. *Productivity Analysis And Variable Returns Of Scale: DEA Efficiency Frontier Interpretation*. Rio de Janeiro.
- [12] Wigand, R., 1995. *Electronic Commerce and Reduced Transactions Costs: Firms' Migration Into Highly Interconnected Electronic Markets*.
- [13] Williamson, O., 1979. *Transaction-Cost Economics: The Governance Of Contractual Relations*.
- [14] Wen, J., Lin, B. and Huang, L., 2003. *Measuring e-commerce efficiency: A data envelopment analysis (DEA) approach*.
- [15] COMPORTAMIENTO DEL ECOMMERCE EN COLOMBIA DURANTE 2020 Y PERSPECTIVAS PARA 2021. [ebook] Available at: <<https://www.ccce.org.co/wp-content/uploads/2020/10/informe-comportamiento-y-perspectiva-ecommerce-2020-2021.pdf>> [Accessed 23 February 2021].
- [16] Molla, A. and Heeks, R., 2015. *Exploring E-Commerce Benefits for Businesses in a Developing Country* Available at: <[https://www.researchgate.net/publication/220175100\\_Exploring\\_E-](https://www.researchgate.net/publication/220175100_Exploring_E-)



Commerce\_Benefits\_for\_Businesses\_in\_a\_Developing\_Country> [Accessed 17 February 2021].

[17] Zunder, T. and Zahurul, D., 2021. E-Logistics Systems Applications for Service Users and Providers.

[18] Ministerio de Industria y Comercio, 2019. DECRETO NÚMERO 957 DE 5 JUN 2019.

[19] EMIS, an ISI Emerging Markets Group Company. [online] Available at: <<https://www-emis-com.ez.unisabana.edu.co/php/dashboard?>> [Accessed 5 January 2021].

[20] Metters, R., Frel, F. And Vargas, V., 1999. Data Envelopment Analysis Of Multiple Sites.