

# Optimización de recursos económicos para compras de medicamentos e insumos médicos, aplicando modelos matemáticos determinísticos y estocásticos

*Optimization of economic resources for the purchase of medicines and medical supplies, applying deterministic and stochastic mathematical models*

<https://doi.org/10.5281/zenodo.6506085>

**AUTORES:** Kelvin Pizarro Romero<sup>1\*</sup>

María Ruiloba Cueva<sup>2</sup>

Omar Martínez Mora<sup>3</sup>

**DIRECCIÓN PARA CORRESPONDENCIA:** [khpizarro2016@gmail.com](mailto:khpizarro2016@gmail.com)

**Fecha de recepción:** 12 / 09 / 2021

**Fecha de aceptación:** 19 / 12 / 2021

## RESUMEN

La presente investigación es de carácter netamente económica. Se consideró información vinculada a los hospitales del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS) de varios años atrás hasta la actualidad, debido a que, de manera frecuente, se presenta un problema relacionado a los insumos médicos; medicinas caducadas o desabastecimiento y sobrepuestos. Muchos de estos casos no tomaron en cuenta un cálculo matemático para la optimización de recursos.

---

<sup>1\*</sup> Ingeniero en Finanzas, Magister Administración de Empresas, Doctorando en Estadística y Matemáticas Aplicada, Universidad Nacional de Tumbes, Perú, [khpizarro2016@gmail.com](mailto:khpizarro2016@gmail.com)

<sup>2</sup> Ingeniero en Industrias Agropecuarias, Magister en Informática Educativa, Doctor en Ciencias de los Alimentos, Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador, [bernardaruilova@gmail.com](mailto:bernardaruilova@gmail.com)

<sup>3</sup> Ingeniero en Industrias Agropecuarias, Magister en Procesos de Alimentación, Doctor en Ciencias de los Alimentos, Universidad Técnica de Machala, Ecuador, [emartinez@utmachala.edu.ec](mailto:emartinez@utmachala.edu.ec)

Aquí nace el objetivo de aplicar modelos matemáticos para inventarios para cantidad óptima de pedido (EOQ) probabilístico o determinísticos, sumamente necesarios para realizar una correcta toma de decisiones en la administración de los nosocomios y así evitar el desabastecimiento de medicamentos e insumos. Además, corregir el abundante stock en los inventarios, para que estos no caduquen en los hospitales como ha sucedido en los últimos años.

Los usuarios que acuden al IESS, son afiliados que entregan a la institución aportaciones mensuales para obtener una atención digna de la salud y evitar que no se sienta perjudicado en afrontar otros gastos adicionales respecto a los fármacos o insumos médicos. Estos son efectos adyacentes que muchas veces sufren los afiliados en el tratamiento de su enfermedad en todo país.

Se concluyó que, más de 59 millones de dólares se invirtieron en compras de medicamentos e insumos entre los años 2017 al 2020. Los procesos fueron contrataciones de comprar directas al proveedor, debido al desabastecimiento. La aplicación de modelos de inventarios determinísticos y estocásticos propuestos en la presente investigación, pueden solucionar estos problemas para obtener una optimización de los recursos.

***Palabras clave:*** *Determinístico, Estocástico, IESS, Modelos de Inventarios, SERCOP.*

## **ABSTRACT**

This research is purely economic. Information related to the hospitals of the Ecuadorian Institute of Social Security (IESS) from several years ago to the present was considered because, frequently, a problem related to medical supplies occurs; expired medicines or shortages and overprices. Many of these cases did not consider an adequate mathematical calculation for optimization.

Here is the objective of applying mathematical models for inventories for probabilistic or deterministic optimal order quantity (EOQ). They are essential for correct decision-making in the administration of hospitals and thus avoid shortages of medicines and supplies. In addition, correct the abundant stock in inventories so that these do not expire in hospitals as has happened in recent years.

Through monthly contributions, users who come to the IESS are affiliates who deliver to

the institution to obtain decent health care so that they are not affected by additional expenses regarding drugs or medical supplies. These are side effects that affiliates often suffer in treating their disease throughout the country.

It was concluded that more than 59 million dollars were made in purchases of medicines and supplies from 2017 to 2020 in contracts to buy direct from the supplier due to shortages; with the help of deterministic and stochastic inventory models, they can solve these problems. Problems and obtain an optimization of resources.

**Keywords:** *Deterministic, Stochastic, IEES, Inventory Models, SERCOP.*

## **INTRODUCCIÓN**

Los modelos de inventarios son muy importantes cuando se trata de una toma de decisiones que optimice los recursos financieros, ya sea en todas las empresas o instituciones. La administración de los hospitales debe aplicar más estos cálculos matemáticos, ya que está orientado al cuidado de la salud de los pacientes y deberá basarse en un orden de operaciones eficientes que logren coordinar con las diferentes áreas de trabajo que existan en la organización, principalmente en la cadena de abastecimiento de los hospitales estatales o privados. Es exactamente el punto donde tiene que presentarse la logística como eje principal en la toma de decisiones respectivas para el manejo general e individual de este sector llamado salud.

Los hospitales del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS), tiene como misión salvaguardar al asegurado en las contingencias de enfermedad y maternidad, con políticas, normas, reglamentos, a través de procesos de aseguramiento, compra de servicios médico-asistenciales y entrega de prestaciones de salud con calidad, oportunidad, solidaridad, eficiencia, eficacia, subsidiaridad, universalidad, equidad, suficiencia, sostenibilidad, integración, transparencia y participación.

Esta investigación está orientada al análisis de modelos matemáticos de inventarios que pueden ser fundamentales para evitar exclusivamente al desabastecimiento y expiración de medicamentos e insumos en los hospitales del IEES correspondiente al sector de la salud, las consecuencias en lo que concierne a la toma de decisiones por falta de logística son

mayores en lo económico para la institución. No solo son pérdidas millonarias económicas que atraviesan al IESS, también existe el malestar desagradable por parte de los afiliados, al no encontrar muchas de las veces el medicamento para el tratamiento para restablecer su salud; son estos y más factores los que sufren las personas que asisten a las casas de salud del IESS.

## **METODOLOGÍA**

La presente investigación se desarrolla mediante diseño no experimental cuantitativa, esto debido a que las variables no pueden ser manipuladas porque ya han sucedido igual que sus efectos, los datos recopilados fueron realizados en un solo momento y en tiempo único, así lo señala Sampieri (2014).

Se logró un análisis de los datos que fueron recopilados a través del portal del Sistema Nacional de Compras Públicas (SERCOP), ente que se encarga de regular que las diferentes modalidades de contratación públicas realizadas por las instituciones del Estado, se cumplan con la norma legal establecida por este organismo. La base de datos a considerar es del año 2017 al 2020.

Los procesos de contratación pública existe una modalidad llamada ínfima cuantía (I.C.) para obras, adquisición de bienes o prestación de servicios, y este es igual o menor a multiplicar el coeficiente 0,0000002 del presupuesto inicial del Estado. Hay que indicar que este tipo de contratación se la efectúa de *forma directa con un proveedor* selecto por la entidad contratante después de una comparación tres cotizaciones como mínimo, es por este motivo que se ha especulado mucho con los *precios* desde varios años atrás. Las I.C. tienen un valor asignado por el Estado según el año, estos fueron \$ \$ 7.099,68 año 2020, \$ 7.105,88 año 2019, \$ 6.970,67 año 2018, \$ 5.967,02 año 2017, datos que se encuentran en la página del portal del SERCOP.

**Cuadro N°.- 1** Ciudades más pobladas del Ecuador y Hospitales del IESS

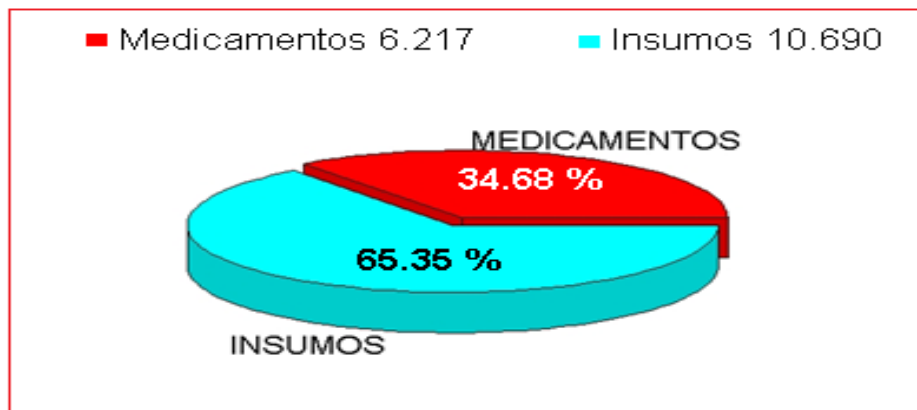
HOSPITALES	CIUDAD
Carlos Andrade Marín IESS	Quito
Quito Sur IESS	Quito
Ceibos IESS	Guayaquil
Teodoro Maldonado Carbo IESS	Guayaquil
José Carrasco Arteaga IESS	Cuenca
General Santo Domingo IESS	Santo Domingo
General Ambato IESS	Ambato
Portoviejo IESS	Portoviejo
General Machala IESS	Machala
Básico de Durán IESS	Durán
General Manta IESS	Manta
General Quevedo IESS	Quevedo

Elaborado por los autores

Para la base datos se consideró una muestra aleatoria simple, obteniendo un total de 12 hospitales de las ciudades más pobladas del Ecuador, que se detallan en el cuadro El cuadro N°.- 1 según el reporte del Instituto Nacional de Estadística y Censo. (INEC, 2010).

**RESULTADOS**

**Figura 1:** Porcentaje de compras (I. C.) Medicamentos e Insumos del año 2017 al 2020



Elaborado por los autores

De las 16.907 compras que se observan en la figura 1, que realizaron los hospitales del IESS durante los años 2017 al 2020, de las cuales el 62.35% se destinó a los insumos médicos o sea 10.690 compras, justo allí es donde más carece de modelos matemáticos de inventarios

para la importante toma de decisiones. Los medicamentos representan el 34.68% que serían 6.217.

Al poseer poco inventario el autor Taha (2017), menciona que, puede incurrir en el incremento del costo por desabasto, esto es lo que acontece prácticamente en el IESS, debido a que al momento de quedarse desabastecidos en algunos medicamento e insumos, recurren de último momento a este tipo de compra (I.F.) donde no pueden obtener muchos descuentos por ser una compra de emergencia, que además no hay muchas exigencias en cuanto requisitos y estudio de mercado de precios a los proveedores, todo esto hace que pérdida de la lealtad del cliente sea notable.

Esto hace que el afiliado no pueda recibir el medicamento cuando lo necesita, y genera una inconformidad por parte de él, además que hace notar la falta de administración de los hospitales. Un modelo de sistema de inventario ya sea determinístico o estocástico es de mucha ayuda en esta problemática.

**Cuadro N°.- 2 Compras de Medicamento e Insumos por Ínfimas Cuantías de Hospitales.**

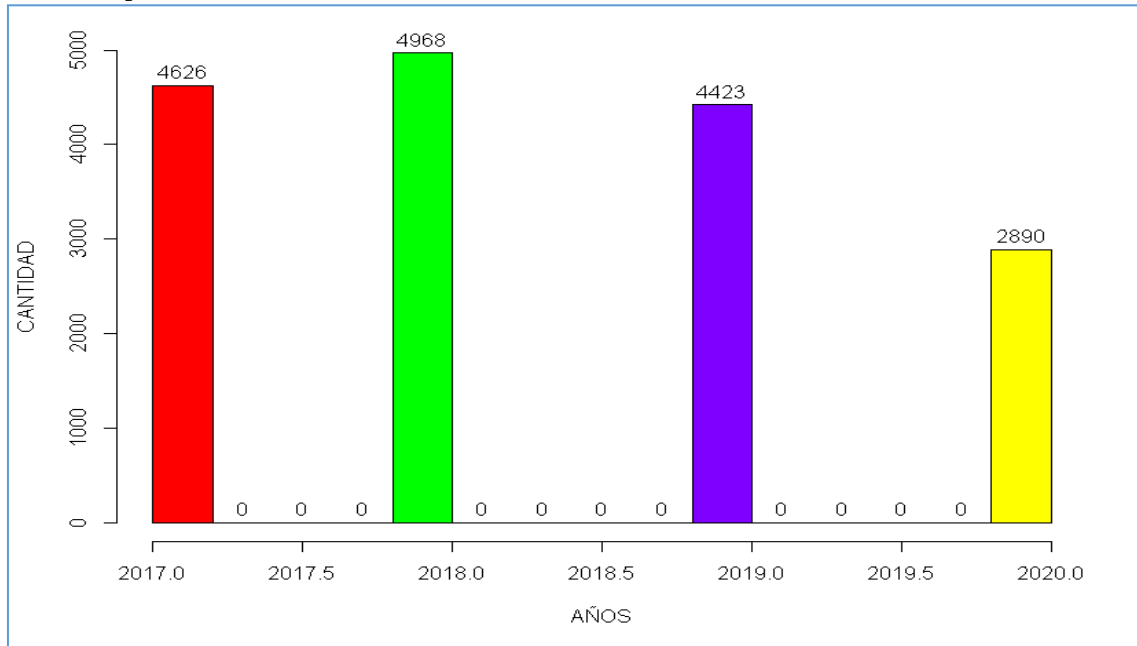
Hospitales	Medicamento 2017-2020	Insumos médicos 2017-2020	Total de Compras 2017-2020
Carlos Andrade Marín IESS	1995	4123	6118
Quito Sur IESS	371	1250	1621
Ceibos IESS	257	586	843
Teodoro Maldonado Carbo IESS	280	753	1033
José Carrasco Arteaga IESS	396	741	1137
General Santo Domingo IESS	42	38	80
General Ambato IESS	296	611	907
Portoviejo IESS	976	822	1798
General Machala IESS	325	955	1280
Básico de Durán IESS	498	304	802
General Manta IESS	236	242	478
General Quevedo IESS	545	265	810
<b><u>TOTAL</u></b>	<b><u>6.217</u></b>	<b><u>10.690</u></b>	<b><u>16.907</u></b>

Elaborado por los autores

En este cuadro N°.- 2 se puede ver más detallado las compras de medicamento e insumos médicos que realizó cada hospital durante los cuatro años de investigación.

**Figura 2:** Frecuencia Absoluta de compras de Ínfimas Cuantías de Medicamentos e Insumos en Años 2017 – 2020.

Elaborado por los autores



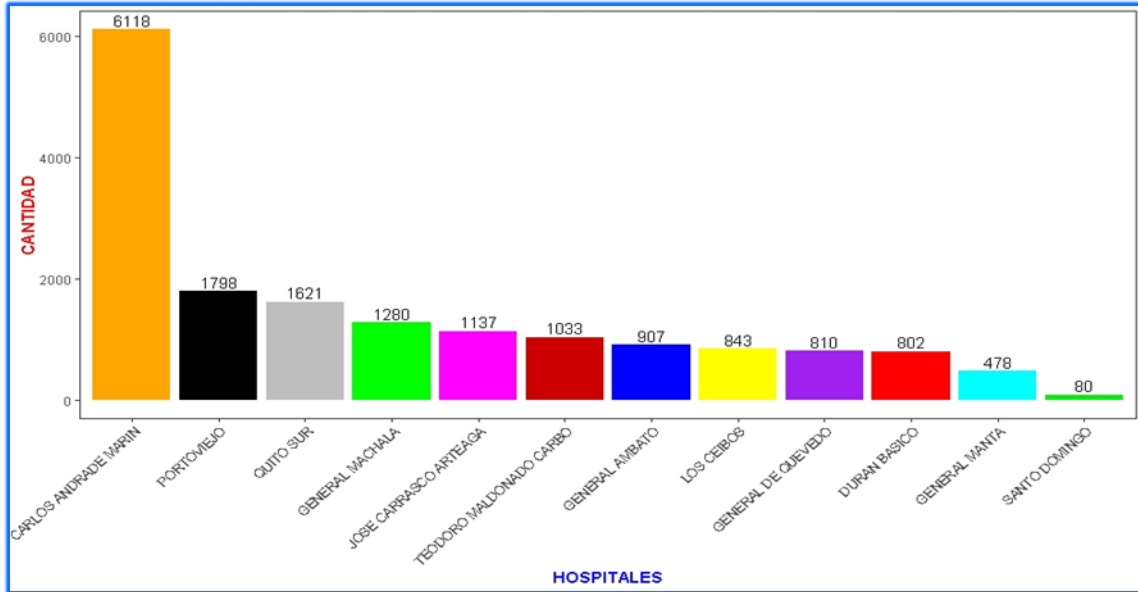
Se evidencia en la figura 2, que en el año 2017 los hospitales en estudio del IESS realizaron 4626 compras, para el siguiente año 2018 esa cifra se incrementó a 4968, ya para el año 2019 decrece la cantidad de compras a 4423 y por último para el año 2020 con una tendencia a la baja llego 2890 compras realizadas. Sumadas todas están cantidades obtenemos la cantidad de 16907 compras se realizaron.

Claramente se nota el poco manejo, la falta o la no comprensión de aplicación de modelos de inventario, ya que por más de una ocasión se han quedado desabastecidos los hospitales, ya lo menciono el autor Hillier & Lieberman (2015) en una investigación describiendo el nivel de complejidad analítica de los modelos de inventario depende mucho de la demanda, que puede presentarse en dos escenarios, pueden ser determinísticos o probabilísticos, esto debido a que la demanda puede variar en el tiempo o no hacerlo. En lo que respecta a lo determinístico y estático, nos referimos a que la demanda es fija a través del tiempo, lo determinístico y variable es lo opuesto, o sea demanda se muestra de forma inestable.

“Los modelos cuantitativos puedan ayudar en la toma de decisiones de cuánto y cuándo ordenar. Primero se consideran modelos de inventario determinísticos en los cuales suponemos que el grado de demanda del artículo es constante o casi constante”. (Anderson, et al., 2011, p. 608). Lo mencionado por el los autores son preguntas fundamentales para

los modelos de inventarios, estas variables pueden ayudar a disminuir el costo de inventario y logra una mejor optimizar de estos recursos para el IESS.

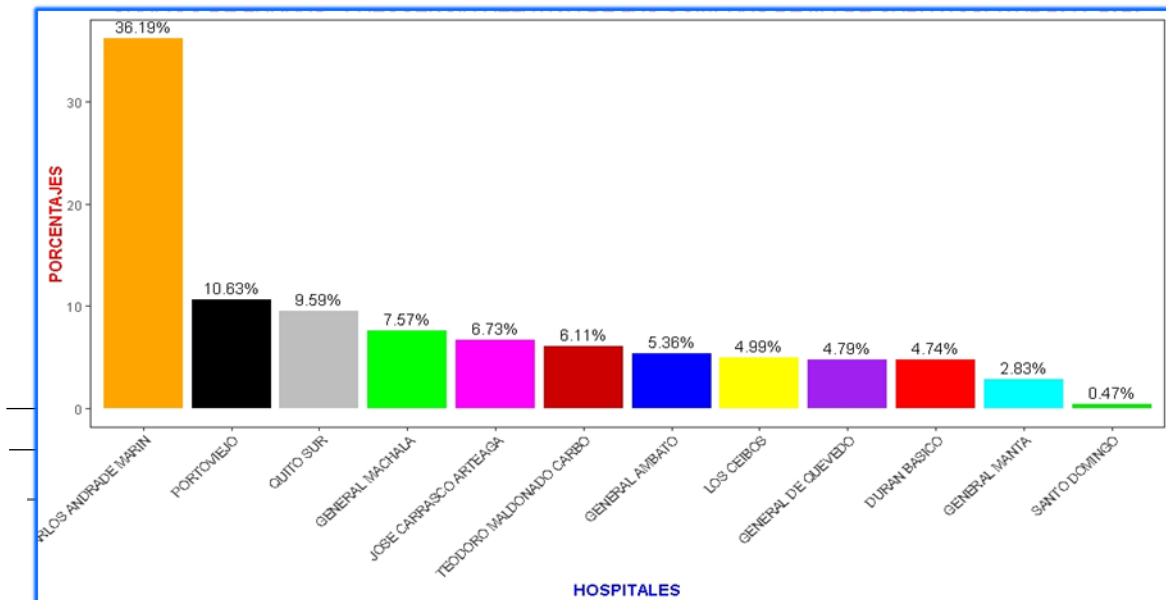
**Figura 3:** Frecuencia absoluta de las compras de Medicina e Insumos por I.C. de cada Hospitales del IESS Años 2017 – 2020



Elaborado por los autores

La figura 3, nos indica la cantidad total de las compras de I.C. de medicamentos e insumos médicos que realizaron los hospitales del IESS durante los años 2017-2020. Podemos apreciar que la primera barra que está a la izquierda del gráfico es la que más altitud tiene en relación a las demás barras y pertenece al hospital Carlos Andrade Marín de la ciudad de Quito con un total 6118 de las compras, y la barra de menor tamaño que se encuentra a la derecha del gráfico pertenece al nosocomio de Santo Domingo donde indica una cifra de 80 compras que es lo que realizo esa casa de salud durante los cuatro años de gestión.

**Figura 4:** Frecuencia relativa de las compras de Medicina e Insumos por Ínfimas Cuantías de cada Hospitales del IESS



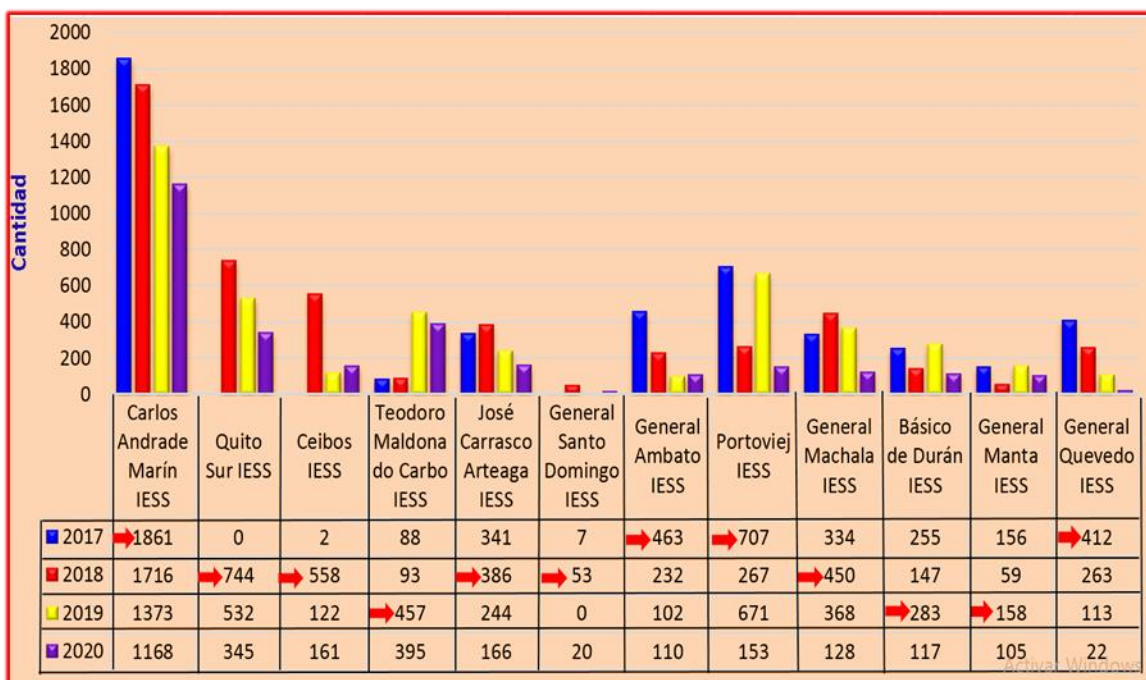


Años 2017 – 2020.

Elaborado por los autores

Esta figura 4, de barras tiene igual interpretación de lectura que la figura 9. El hospital con mayor porcentaje es el Carlos Andrade Marín con 36.19% del total de las compras, los hospitales de Portoviejo, Quito Sur, General Machala y José Carrasco Arteaga, se encuentran en un rango del 10.63% al 6.11%. En otro grupo con porcentajes que oscilan entre los 5.36% al 4.74 % son los nosocomios de General Ambato, Los Ceibos, General Quevedo y Durán Básico. Tenemos al hospital General Manta y Santo Domingo, que se encuentran con un porcentaje inferior al 3% de las compras realizadas durante su administración.

**Figura 5:** Frecuencia Absoluta de las compras de Ínfimas Cuantías de Medicamentos e Insumos de cada Hospital Años 2017 – 2020.



Elaborado por los autores

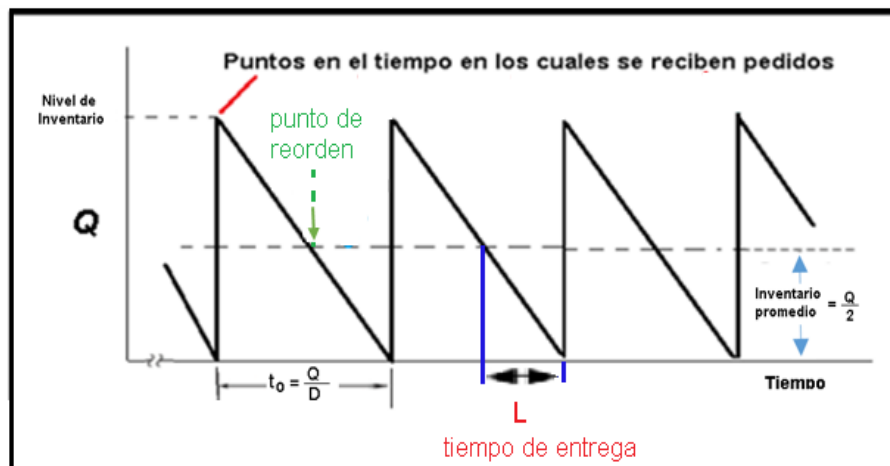
Se puede observar a continuación la figura 5, el año 2017 se destaca para Carlos Andrade Marín, General de Ambato, Portoviejo y General Quevedo, debido a que en ese año aumentaron el número de compras en comparación a los otros periodos 2018, 2019 y 2020. Siguiendo este mismo método de comparación, el año 2018 fue el de mayor adquisición para los nosocomios Quito Sur, Ceibos, José Carrasco Arteaga, Santo Domingo y General

Machala, para los hospitales Teodoro Maldonado Carbo, Básico de Durán y General Manta fue el año 2019 donde se incrementó el número de compras.

Existen varios modelos de inventario que nos pueden ayudar a solucionar estas compras en su mayoría inesperadas, dentro los cuales nos vamos a enfocarnos más en los que pueden dar como aporte en nuestra investigación. Dentro de esta categoría están los modelos de *inventario determinístico*, aquí se derivan tres tipos que podemos emplear, los de revisión continua sin faltante, revisión continua con faltante y los de revisión periódica, estos establecen una demanda que está determinada o también se la conoce en un periodo señalado. Moskowitz Sorondo & Wright (1987).

Un modelo que podemos utilizar es el *determinístico de revisión continua sin faltante*, este modelo fue desarrollado en el año 1913 por Ford Whitman Harris, son los más utilizados por las empresas, ya que aquí se considera la tasa de demanda constante durante el año ( $D$ ), la cantidad que se ordene ( $Q$ ) cuando el nivel de inventario indica un promedio de consumo y el pedido llega solo una vez cuando se lo desea, justo en el momento cuando el inventario se encuentra cero para que otra vez alcance su nivel de inventario máximo. A este modelo se lo conoce como EOQ, economic order quantity se puede observar su comportamiento en una línea de tiempo.

**Figura 6.** Modelo determinístico EOQ clásico sin faltante, de revisión continua



Elaborado por los autores

Visualizamos en la figura 6, el tiempo de entrega positiva y constante,  $L$ , que está acotado entre la colocación y la recepción de un pedido. El punto de generar una nueva orden se presenta cuando el nivel de inventario baja a  $LD$  unidades.

Este tipo de modelo de inventario se lo puede aplicar en los hospitales del IESS, donde la demanda en ciertos medicamentos e insumos médicos son estables, implementándolo los algoritmos en un software para lograr así la optimización.

Fórmula para pedir una cantidad óptima en este modelo de inventario será:

Ecuación (1) **Formula de Wilson Cantidad óptima de pedido**

$$Q = \sqrt{\frac{2KD}{h}}$$

En donde:

$K$ : es la variable costo de preparación asociado con la colocación de un pedido (dólares),  $h$ : costo por mantener el inventario por unidad de tiempo.

$Q$ : Cantidad óptima de pedido

$D$ : Demanda anual.

La cantidad promedio del inventario es  $(Q / 2)$  porque es el punto medio entre tener la bodega llena y tenerla vacía.

Ecuación (2) **Duración del periodo**

$$t_o = \frac{Q}{D} \text{ unidad de tiempo}$$

En donde:

La variable  $(t_o)$  representa óptimo entre pedido, y se obtiene de la cantidad de pedido dividido por la demanda constante.

Ecuación (3) **Número de Ordenes colocadas al año**

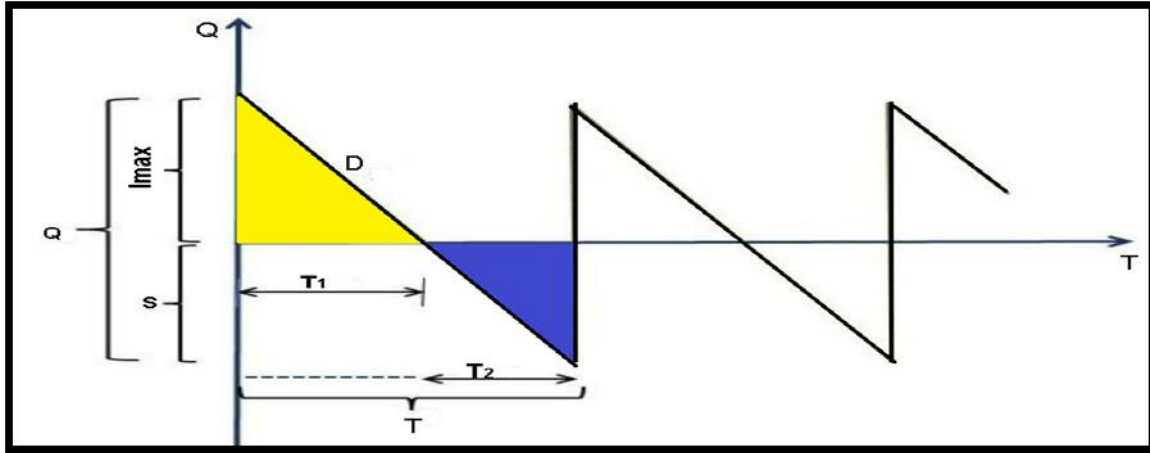
$$\text{Pedidos en el año} = \frac{D}{Q}$$

Otro modelo que podemos emplear en los hospitales del IESS es el *determinístico de revisión continua con faltante*, este se considera cuando el inventario se terminó y no se puede satisfacer a la demanda, pero aquí en este modelo las entregas de los perdidos son inmediatas. Intervienen en este modelo otras variables adicionales,  $(p)$  costo de faltante por unidad,  $(S)$  faltante de inventario.

Este modelo la revisión del inventario es en cualquier momento. El pedido se hace cuando el inventario está por debajo de un cierto umbral preespecificado (punto de reorden), Si el

costo de mantención de inventario es muy muy alto,  $h \rightarrow \infty$ , no es rentable mantener un inventario,  $S = 0$ . Podemos observar en la figura 7,  $T_1$ , indica el tiempo disponible de inventario y  $T_2$  que significa el tiempo que esta desabastecido el inventario.

Figura 7. Modelo determinístico EOQ clásico con faltante de revisión continua.



Elaborado por los autores

Ecuación (4) fórmula para cantidad a pedir.

$$Q = \sqrt{\frac{2DK(h + p)}{p * h}}$$

Ecuación (5) Fórmula para cálculo de faltante máximo.

$$S = \sqrt{\frac{2DKh}{p(h + p)}}$$

En donde:

$K$ : Es la variable costo de preparación asociado con la colocación de un pedido (dólares),  $h$ : Costo por mantener el inventario por unidad de tiempo.

$Q$ : Cantidad óptima de pedido

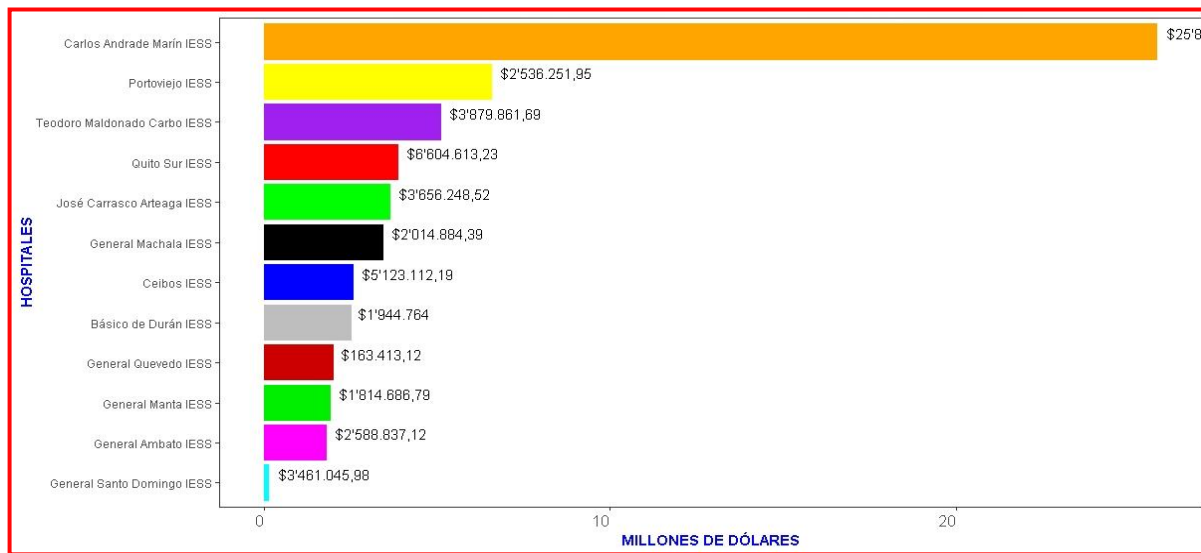
$D$ : Demanda anual.

$p$ : costo de faltante por unidad

$S$ : Cantidad faltante de inventario

Podemos llevar otro control de inventarios en los medicamentos e insumos médicos en las bodegas de los hospitales del IESS, con un modelo *determinístico con revisión periódica*, que nos permite un sistema donde se exige un inventario de seguridad de nivel superior al de revisión continua, deben planificarse cuánto ordenar los próximos (*n*) periodos para nuevamente abastecer el inventario al principio de cada uno de los productos. En este modelo el costo (*h*) se lo evalúa con respecto al inventario que sobra al final del periodo. Las demandas en los respectivos periodos son conocidas, pero no son las mismas en todos los periodos.

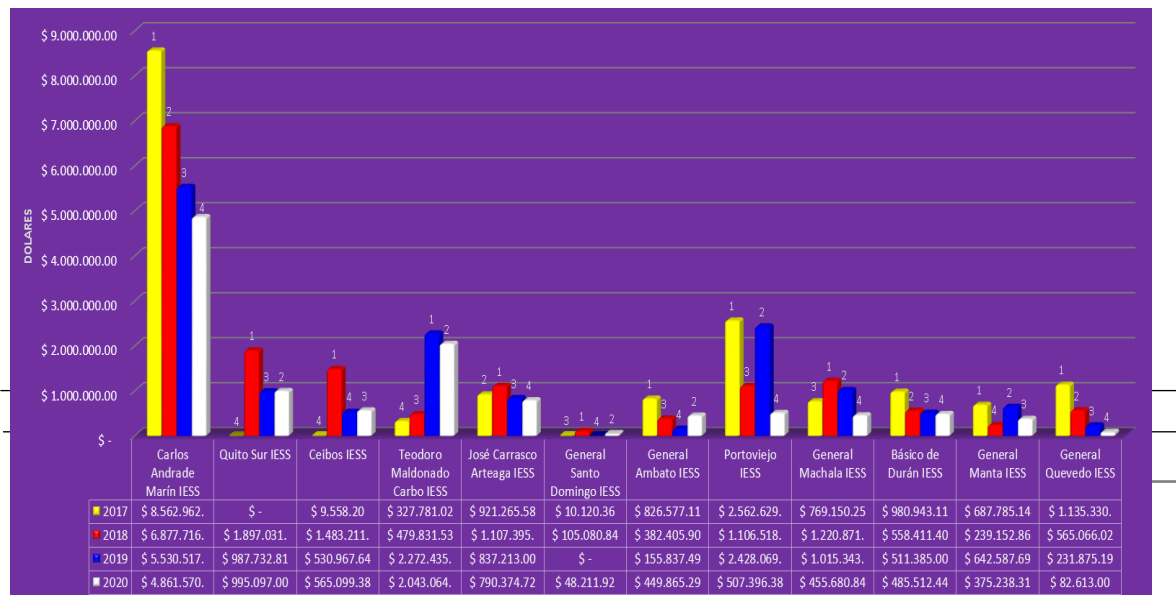
**Figura 8:** Compra en Millones de Dólares de Medicina e Insumos por I.C. de cada Hospt. IESS Años 2017 – 2020.



**Elaborado por los autores**

Las compras en millones de dólares que representa la figura 8, ubica al hospital Carlos Andrade Marín en primer lugar con más de 25 millones de dólares y en el último lugar al Hospital Santo Domingo superando un poco los 3 millones de dólares.

**Figura 9:** Compra en Millones de Dólares de Medicina e Insumos por Ínfimas Cuantías de cada Hospitales del IESS por



*cada periodo.*

**Elaborado por los autores**

El valor total de estas compras desde el año 2017 hasta el año 2020 de los hospitales del IESS, superan los \$59 millones de dólares aproximadamente. Si las compras de estos medicamentos e insumos se hubieran realizado en un proceso donde los proveedores pujen por ofertar un mejor precio, hubiera existido un ahorro para la institución. Hay que considerar aquí que algunos hospitales iniciaron sus actividades en los años 2017 y 2018, donde aún no poseían datos históricos de su demanda, esto afecto para la proyección sus compras en esos años.

Para este caso donde observamos la tabla de valores de la figura 9, millones de dólares en compras, es aquí donde se puede aplicar el modelo de EOQ con descuento por cantidad. Este modelo de inventario es una ramificación del modelo básico EOQ y mantiene sus supuestos. Se asume que el costo de adquisición disminuye en medida que aumenta el tamaño del lote. Este modelos sería los más ideal para las compra de los hospitales del IESS, debido que al momento de realizar una orden de compra de gran tamaño permitirá un mejor descuento en precios en los medicamento e insumos médicos y no incurriría en la comprar de I.C. donde no obtiene muchos descuentos.

Al existir un descuento por cantidad o volumen de compra se genera un incentivo a pedir lotes de un mayor tamaño, sin embargo, esto a la vez incrementa el coso de mantener unidades en inventario. Por lo tanto se busca determinar la cantidad óptima a pedir.

Si tenemos una demanda muy variable como se ha demostrado en nuestra investigación, y ha sido causante para realizar exageradas I.C. y especulaciones de precios, podemos utilizar el modelo de *inventario estocástico*, el cual su aplicación es utilizada cuando *no se puede predecir con exactitud la demanda*, por lo que se presenta como una variable aleatoria, como el problema que estamos abordando en los hospitales del IESS, debido a que cambia en cualquier periodo, con una función de distribución de probabilidad conocida. Dentro de estos modelos estocásticos existen con revisión continua, de revisión periódica y modelo estocástico con faltante, que son los más utilizados cuando se presentan demandas muy aleatorias.

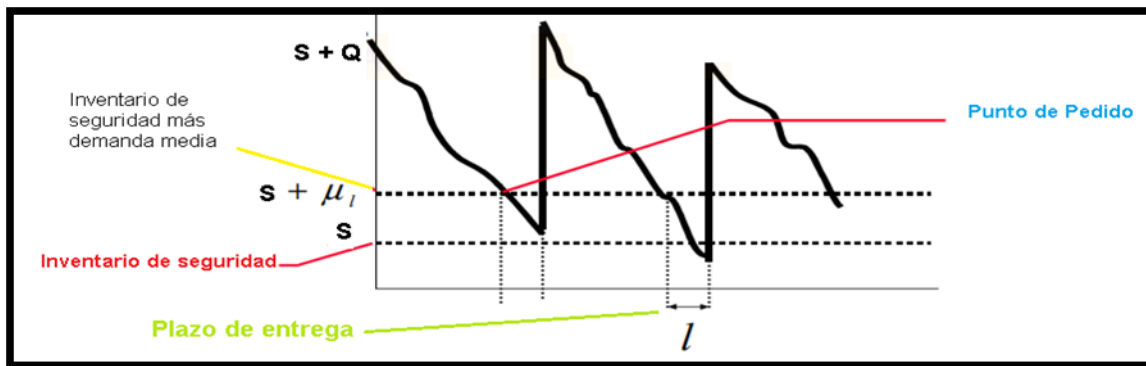
*Modelo Estocástico con revisión continua* son los indicados de mucha ayuda para los nosocomios del IESS, cundo se presenten una alta incertidumbre acerca de la demanda

futura en algunos medicamentos o insumos médicos, y el nivel del inventario se revisa de manera continua, esto debido a que una orden se la realiza cuando el nivel de inventario llega al punto de pedido como indica la figura 10.

Características de este modelo es que el stock de seguridad (nivel de inventario que tiene una probabilidad de ruptura de inventario), existe diferencia entre la demanda y su media exceda el stock de seguridad

En otra tesis los autores Ríos et al., (2008), mencionan a este modelo de inventario que se debe fijar un punto R, es el que indica el punto de reorden, este se marca cuando en inventario desciende al punto de pedido, se debe realizar un pedido de tamaño constante ( $Q$ ).

Figura N° 10. Modelo estocástico con revisión continua.



Fuente: Elaborado por Autor

Lo que respecta a la revisión en este modelo, se informa que debe hacer cada vez que exista un retiro o colocación del producto en el inventario de las bodegas de los hospitales del IESS, esto implica que tiene que considerar más tiempo en el mantenimiento del inventario, por esta razón es recomendable solo realizarlo únicamente a los productos de mayor precio e importancia para la empresa.

El modelo de revisión continua se presenta con dos variantes, uno es el control que se realiza en el inventario con el nuevo pedido, aquí se derivan dos modelos: a) el costo con faltante y b) nivel de servicio; y el control de inventario sin nuevo pedido.

*Modelo Estocástico con faltante*

Para el autor Bonini et al., (2000) explican que el objetivo principal de este modelo es minimizar el costo total en que los administradores de empresa cometen durante un periodo dado. Señala además que hay que tener en cuenta 3 costos “a) de situar el pedido; b) de

mantener una unidad en el inventario durante un año; 3) de carecer una unidad de inventario (costo faltante o de escasez)".

Hillier et al., (2015) describe que el pedido y el punto optimo serán en general, una función de los 3 costos citados en el párrafo anterior, a esto se suma la tasa promedio de (d) la demanda durante el periodo de producción u (orden) y la variabilidad de la demanda durante ese periodo.

Para Gutiérrez et al. (2020), en su investigación informa que los inventarios es la inversión más importante en una empresa en comparación con los demás activos existentes. Lo citado por los autores en este párrafo, se lo puede implementar en los hospitales del IESS, debido a que es fundamental el control de inventarios, para optimizar los recursos financieros dentro de la institución, evitando así el desabastecimiento o demasiado stock de medicamentos e insumos que pueden caducar y traer gastos al IESS que pudieron ser evitados.

Hay que mencionar que existen componentes de estos modelos de inventario, uno es el costo de ordenar, el costo de conservación del inventario y el costo con faltantes y sin faltante. En el primero, una cantidad  $x$  (costo de ordenar) se podría presentar mediante una función  $c(x)$ , donde  $c$  es el precio unitario y está directamente proporcional a la cantidad ordenada que tiene una constante  $K$  donde  $x$  positivo y 0 en caso de  $x=0$ .

Función N°.- 1

$$c(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } x = 0 \\ K + cx & \text{si } x > 0 \end{cases}$$

Hay que mencionar que también existen otros supuestos que también hacen referencia al costo de ordenar.

Refiriéndonos al costo de conservación de inventario, representa costos asociados respecto al conservar un producto en el inventario hasta que sea usado por el consumidor.

Para los autores Céspedes et al., (2017) menciona que este costo tendrá una función de las variables en dos formas, controladas y no controladas, sería entonces  $c = (x, y)$ , siempre es necesario encontrar un modelo matemático que nos permita encontrar qué valor de estas variables controladas podrán hacer minimizar la función, o sea cumpla de la siguiente manera:  $f = (x^*, y) \leq f(x, y)$  para todo valor que obtenga las variables  $x$  e  $y$ .



En mucho de los hospitales del IESS paga un valor por arremedar espacios donde pueden almacenar medicamento e insumos, este costo debe ser considerado ya que puede minimizarse para los nosocomios.

El *costo por faltante* es el que más interviene en nuestra investigación, debido a que hace referencia al no disponer del medicamento o insumo en los hospitales IESS y por la urgencia de atender los usuarios se ven en la necesidad de comprar bajo la modalidad de ínfima cuantía, y esta forma no permite obtener precios convenientes a la institución, este costo se puede interpretar por un exceso de demanda sobre el inventario que poseen los nosocomios.

Costos sin faltante podemos para nuestro caso referirnos cuando la demanda no supera el inventario, pero aquí se necesita una revisión continua para revisar fechas de expiración de los medicamento e insumos, y así evitar futuras pérdidas económicas para el IESS como ha sucedido en algunos hospitales. El Universo (2020).

Existe un método de evaluación de Inventarios PEPS, que nos ayuda a controlar los inventarios en los hospitales del IESS, para que los medicamentos expiren. Carmichael et al., (2007) indica que en este método de valuación encontramos el promedio ponderado, que se trata de Primeras en Entrar – Primeras en Salir de allí sus siglas PEPS. Este método consiste definitivamente en procurar dar salida al inventario a todos los artículos o productos que ingresaron primero al inventario, así de esta manera aseguramos que el inventario quede solo aquellos productos comprados recientemente.

Utilizando los modelos de inventario pueden tener el cálculo adecuado para adquirir por subasta inversa electrónica u otra modalidad de compra, que permite el SERCOP, aquí pueden solicitar cantidades mayoritarias y permite que a los proveedores que compitan por un mejor precio económico para la institución.

## **DISCUSIONES**

En otra investigación de Choo & Díaz (1999) describe en su tesis donde categoriza algunos modelos e inventario, uno de ellos es el inventarios de seguridad sirven para amortiguar variaciones en la demanda o cubrir errores en la estimación. Esto propuesto por el autor es

de vital importancia y sería un modelo muy bien aplicado en los hospitales del IESS para que no queden desabastecidos de medicinas e insumos médicos, y así evitar el malestar en sus usuarios, donde muchas de las veces el afiliado acude a realizar las compras fuera de la institución.

Varios autores vienen señalando desde el siglo pasado la importancia que tienen los diferentes modelos de inventarios para reducir pérdidas económicas en las empresas, siempre ha sido fundamental el apoyo en la toma de decisiones de la administración. Hoy en día se demuestra en este estudio que es imprescindible seguir utilizando esta importante área de las matemáticas conocida también como investigación de operaciones, y más aún si implementa softwares de acuerdo a las necesidades de cada empresa, para así facilitar el tiempo y optimizar el trabajo de los administradores. Las investigaciones realizadas por Hamdy A. Taha, Frederick S. Hiller y Gerald J. Lieberma son las más comunes en nuestro entorno porque tienen semejanzas en el control de inventarios que llevan las empresas de centro y sur de América.

## **CONCLUSIONES**

Los hospitales del IESS deberían optar por capacitar al personal encargado de llevar los inventarios, con estos modelos citados en este trabajo u otros que a medida del tiempo se vayan desarrollando, pueden adaptarlos a las necesidades de cada administración, para así evitar las pérdidas económicas y lograr una mayor optimización de estos recurso.

En este trabajo de investigación se determinó que los hospitales del IESS durante los años 2017 hasta el 2020 realizaron compras por un valor de \$59 millones de dólares aproximadamente, bajo la modalidad de ínfima cuantía. Estas compras pudieron realizarse de otra manera donde el proveedor pudo ver dado una mejor oferta frente a la competencia que beneficia a le IESS.

Esto demuestra que todos los hospitales tienen problemas al proyectar sus compras de medicamentos e insumos médicos, hay que mencionar además que unas compras a veces son forzadas por factores externos a los hospitales, pero la mayor parte que se ejecutan son por el cálculo no adecuado al no tomar en cuenta su demanda real.

Los modelos de inventario demuestran que son de gran ayuda al momento de realizar dichas compras, siempre y cuando se trabaje en equipo con el departamento que maneja toda la información necesaria con el fin de reducir al mínimo el margen de error.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Carmichael, D., Graham, L., & Whittington, R. (2007). *Accountants' handbook financial accounting and general topics* (11th ed. ed.). Hoboken, N.J.: John Wiley & Sons.
- Céspedes Trujillo, N., Paz Rodríguez, J., Jiménez Figueredo, F., Pérez Molina, L., & Pérez Mayedo, Y. (20 de Mayo de 2017). *La Administración de los Inventarios en el Marco de la Administración Financiera a Corto Plazo*.
- Anderson, D. R., Sweeney, D. J., Williams, T. A., Camm, J. D., & Martin, K. (2011). *Métodos cuantitativos para los negocios*. México: CENGAGE.
- Bonini, C., Hausman, W., & Bierm, H. (2000). *Análisis cuantitativo para los negocios*. Santafé de Bogotá: McGraw-hill.
- Choo, C., & Rey Díaz, D. (1999). *La organización inteligente: el empleo de la información para dar significado, crear conocimiento y tomar decisiones*. Mexico: DF: Oxford University Press.
- Ecuador, C. d. (2008). *Asamblea Constituyente*. Ecuador.
- El Universo. (17 de septiembre de 2020). *Medicamentos caducados y sin el correcto etiquetado se hallaron en hospitales y en botica privada en Guayaquil*. Recuperado el 17 de septiembre de 2020, de <https://www.eluniverso.com/guayaquil/2020/09/17/nota/7978741/medicamentos-operativos-farmacias-covid-19-arcasa>
- Gutiérrez Sarmiento, M., Narváez-Zurita, C., & Ormaza-Andrade, J. (2020). Control interno permanente en la administración de los inventarios del Hospital Homero Castanier Crespo. *Cienciamatria*, 553-583.
- Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2015). *Investigación de Operaciones* (Décima ed.). México: McGraw Hill.

*IESS tuvo fármacos caducados para el VIH.* (22 de Febrero de 2019). Recuperado el 22 de 02 de 2019, de El Telégrafo: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/economia/4/iess-farmacos-caducados-vih-ecuador>

INEC. (2010). *Resultados Censo de Población*. Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>

Moskowitz Sorondo, H., & Wright, G. (1987). *Investigación de operaciones*. España: Prentice-Hall Hispanoamericana.

Ríos, F., Martínez, A., Palomo, T., Cáceres, S., & Díaz, M. (2008). Inventarios probabilísticos con demanda independiente de revisión continua, modelos con nuevos pedidos. *Dialnet*, 252-253.

Sampieri, D. R. (2014). *Metodología de la Investigación* (6 sexta ed.). México: McGRAW-HILL Educación.

Taha, H. A. (2017). *Investigación de operaciones* (Décima ed.). México: Pearson Educación.