

**Artículo Original**

**SECUENCIA INVERSIONISTA EN OPORTUNIDADES DE  
NEGOCIOS DEL DESARROLLO DE UNA FÁBRICA DE AZÚCAR  
COMO BIORREFINERÍA**

**INVESTOR SEQUENCE IN BUSINESS OPPORTUNITIES FOR THE  
DEVELOPMENT OF A SUGAR FACTORY AS A BIOREFINERY**

Erik Espinosa Sánchez<sup>1</sup> <https://orcid.org/0009-0007-3628-5123>  
Daiseny González Bravo<sup>1</sup> <https://orcid.org/0009-0005-3084-0873>  
Yaillet Albernas Carvajal<sup>2</sup> <https://orcid.org/0000-0003-4363-4401>  
Adiánez Sánchez González<sup>2\*</sup> <https://orcid.org/0000-0002-2654-0262>  
Erenio González Suárez<sup>2</sup> <https://orcid.org/0000-0001-5741-8959>

<sup>1</sup> Empresa Agroindustrial Azucarera "Heriberto Duquesne", Remedios, Villa Clara, Cuba.

<sup>2</sup> Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Química y Farmacia. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

Recibido: Septiembre 25, 2024; Revisado: Octubre 1º, 2024; Aceptado: Octubre 19, 2024

**RESUMEN**

**Introducción:**

El trabajo presenta los resultados de la evaluación del riesgo inversionista de las propuestas de negocios consideradas en el encadenamiento productivo de una empresa azucarera en su desarrollo en el concepto de biorrefinería.

**Objetivo:**

Determinar el orden de ejecución menos riesgoso para efectuar las necesarias inversiones económicas previstas en el desarrollo de una fábrica de azúcar como biorrefinería, de manera que crezcan paulatinamente sus volúmenes de negocios.

**Materiales y Métodos:**

Los investigadores emplean métodos de análisis económico de riesgo, considerando la esperanza matemática y el coeficiente de variación de cada una de las inversiones que requieren las oportunidades de negocios, para diferentes escenarios posibles.



Este es un artículo de acceso abierto bajo una Licencia *Creative Commons* Atribución-No Comercial 4.0 Internacional, lo que permite copiar, distribuir, exhibir y representar la obra y hacer obras derivadas para fines no comerciales.

\* Autor para la correspondencia: Adiánez Sánchez, Email: [asgonzalez@uclv.cu](mailto:asgonzalez@uclv.cu)



### **Resultados y Discusión:**

El orden inversionista que económicamente es menos riesgoso, implica realizar primero la oportunidad de negocio reconocida con el código 2, en segundo término, la registrada con el código 1, posteriormente la referente al código 4 y finalmente la identificada con el código 3.

### **Conclusiones:**

Es factible decidir el orden de menor riesgo inversionista en un encadenamiento productivo en una empresa azucarera que se transforme en biorrefinería, utilizando los indicadores dinámicos y el análisis de riesgo económico.

**Palabras clave:** derivados; encadenamiento; inversiones; indicadores, riesgo.

### **ABSTRACT**

#### **Introduction:**

The paper presents the results of the evaluation of the investment risk of the business proposals considered in the productive chain of a sugar company in its development in the biorefinery concept.

#### **Objective:**

To determine the least risky order of execution to carry out the necessary economic investments foreseen in the development of a sugar factory as a biorefinery, so as to gradually grow its business volumes.

#### **Materials and methods:**

The researchers employ methods of economic risk analysis, considering the mathematical expectation and the coefficient of variation of each of the investments required by the business opportunities, for different possible scenarios.

#### **Results and discussion:**

The investment order that is economically less risky, implies realizing first the business opportunity recognized with code 2, secondly the one registered with code 1, then the one referred to code 4 and finally the one identified with code 3.

#### **Conclusions:**

It is feasible to decide the order of lowest investment risk in a productive chain in a sugar company that is transformed into a biorefinery, using dynamic indicators and economic risk analysis.

**Keywords:** derivatives; chaining; investments; indicators, risk.

## **1. INTRODUCCIÓN**

En la base del progreso económico de la humanidad está la capacidad del hombre de generar nuevas ideas. Por muchos años la industria azucarera representó el principal renglón de la economía cubana, manteniendo un liderazgo indiscutible dentro del desarrollo de la economía nacional. Sin embargo, con el paso del tiempo, esta industria ha sufrido transformaciones dadas por: diferentes factores externos como la crisis económica desatada en el país a causa del derrumbe del campo socialista, manifestándose con mayor fuerza el proceso de agudización de esta agroindustria y el

---

recrudescimiento del bloqueo económico hacia Cuba. Estas causas, de forma general, han traído como consecuencia una industria inestable y en ocasiones ineficiente. En este contexto, se ha valorado con fuerza, debido al progreso científico y las experiencias en la diversificación azucarera, trabajar en el sentido del desarrollo de la industria de la caña de azúcar como biorrefinería (de Armas y col., 2018), para lo cual se han reportado procedimientos tanto para cuando la industria de producción de azúcar ya está diversificada (de Armas y col., 2021), como para cuando no está diversificada (Liaño y col., 2024).

Este desarrollo como biorrefinería, descansa en las posibilidades del uso de la biomasa como fuente de productos químicos y de energía. Lo anterior debe responder a una estrategia que garantice la asimilación acelerada, no solo de los resultados de la generación de conocimientos en las instituciones de investigación o las empresas nacionales, sino también de los resultados de las investigaciones y tecnologías reportadas en el mundo científico técnico. Constituye también un requerimiento del desarrollo de los procesos que utilizan la biomasa como fuente de materias primas y energía crear una capacidad adecuada de asimilación, transferencia y creación de tecnologías. Lo que se ha acelerado mediante la evaluación de posibilidades de encadenamiento productivo en una industria transformadora, mediante acciones de postgrado en un estrecho vínculo universidad empresa (González y col., 2023).

En el mundo moderno la transferencia de tecnología desde los países industrializados a los menos desarrollados es una realidad inexcusable y también necesaria, que debe ser gerenciada. En este contexto los aspectos concernientes a la transferencia y asimilación de tecnologías de los países desarrollados son de gran relevancia para países cuyos recursos tecnológicos son infinitamente menores.

Si se parte, de que por un lado la transferencia de tecnología es indispensable para el desarrollo de los países con menos recursos y por otro, que existen factores que hacen a las tecnologías transferidas inapropiadas, se concluye que es necesario realizar acciones para resolver este problema. Entre estas acciones es aconsejable en el campo científico técnico, la confección de metodologías y capacidades científicas para la adaptación y asimilación de tecnologías foráneas, para hacerlas compatibles con los mercados, las materias primas y fuentes de energía propios de la región latinoamericana y caribeña, así como con la estructura y características de la mano de obra originaria de este territorio.

No obstante, una práctica sana y viable, es la asimilación de tecnologías concebidas por los propios centros de generación de conocimientos nacionales o en alianza con empresas también nacionales, minimizando la erogación de gastos fuera del país, por pago de patentes o *royalty*. Un elemento importante de este proceso de asimilación de tecnologías, es el financiamiento de las necesarias inversiones en cada proceso de transferencia, que también debe ser gerenciado.

En correspondencia con lo anterior y con el fin de lograr la optimización sistémica, a través de la cooperación, comunicación y coordinación se propone el siguiente trabajo investigativo, pensando en cómo contribuir al fortalecimiento dinámico del proceso inversionista apoyando el encadenamiento productivo de una industria de la caña de azúcar que se transforma en biorrefinería.

Por lo que el objetivo del presente trabajo es, determinar el orden de ejecución menos

---

riesgoso para efectuar las necesarias inversiones económicas previstas en el desarrollo de una fábrica de azúcar como biorrefinería, de manera que crezcan paulatinamente sus volúmenes de negocios.

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

El eje metodológico de esta investigación, es utilizar las cadenas de valor como fuente de nuevas inversiones y con ello, del desarrollo de una fábrica de azúcar como biorrefinería. La cadena de valor es un sistema constituido por actores interrelacionados: empresas, entidades, cooperativas, entre otros; que intercooperan de acuerdo con los aspectos conceptuales definidos de inicio, dado por una sucesión de operaciones: insumos, producción, procesamiento, transportación, almacenaje, comercialización y consumo. Dentro de los actores algunos intervienen directamente en la producción, otros en la comercialización y otros brindan servicios. Es una herramienta estratégica usada para analizar las actividades de una empresa y así identificar sus fuentes de ventaja competitiva (Nova y col., 2020).

La cadena de valor describe el modo en que se desarrollan las acciones y actividades de una entidad económica. Cada eslabón interviene en un proceso, desde el trabajo con la materia prima hasta la distribución del producto terminado, y cada uno agrega valor. Hay una secuencia de actividades dependientes y relacionadas que son necesarias para situar un producto o servicio, hacerlo llegar a los consumidores finales y, por último, para su desecho o reciclaje (Nova y col., 2020).

Un elemento decisivo es insertar en la cadena de valor productos demandados con estabilidad, que pueden ser pequeños en cantidad, lo que permite viabilizar la rentabilidad de las instalaciones industriales. Esto puede materializarse a través de una gama de productos que satisfagan diversas solicitudes comerciales, quizás con algunos productos líderes de alta demanda como el azúcar, el etanol y la electricidad, en el concepto de biorrefinería de la caña de azúcar, como ya se ha logrado en esta industria (García y col., 2015).

El análisis de la cadena de valor permite optimizar el proceso productivo, ya que puede apreciarse el funcionamiento de la entidad en su interrelación económica. La reducción de costos y la búsqueda de eficiencia en el aprovechamiento de los recursos suelen ser los principales objetivos básicos, para así llegar a conformar un precio final del producto, que alcance uno de los ejes fundamentales de la seguridad alimentaria: el acceso económico del consumidor (Nova y col., 2020).

Con el sustento de los métodos de estrategia de procesos para la industria química y fermentativa, diseño experimental y de prospectiva tecnológica, la metodología para enfrentar el problema se sintetiza en la definición de las oportunidades de negocios reales a introducir en la cadena de valor, respaldados por su impacto técnico económico individual en CUP y en USD, con las siguientes definiciones, para cada posible oportunidad de negocio:

- Título
  - Descripción
  - Cliente
  - Tecnología disponible
-

- Valor inversionista estimado (VIE)
- Indicadores dinámicos (VAN, TIR, PRD)

Siendo el primer punto la descripción del producto, otro los ingresos y egresos en ambas monedas y la justificación teórica. Las estimaciones inversionistas y económicas se hicieron con apoyo de la estrategia de proceso y los métodos empleados en la industria de procesos químicos según (Peters y Timmerhauss, 1981). La selección de las oportunidades de negocios estuvo apoyada en los estudios realizados por González y col., (2023).

Para decidir el orden o prioridad de la estrategia inversionista, se han seguido las propuestas referentes, incluso en la literatura nacional, sobre la aplicación de la esperanza matemática y el coeficiente de variación del riesgo en la inversión, ya propuestos en la industria de la caña de azúcar para su diversificación (Lauchy y col., 2003) y más recientemente, en la evaluación del orden de las inversiones en la industria del petróleo para incrementar su disponibilidad (Alemán y col., 2022). El empleo de la esperanza o expectativa matemática constituye una herramienta muy ventajosa para los investigadores e inversionistas pues permite planear estratégicamente las operaciones financieras a realizar, evaluando diversos escenarios hipotéticos de negocio para finalmente, tomar una decisión correcta en el campo de la incertidumbre de la economía mundial.

En esta dirección, desde el punto de vista metodológico, la elección de aquellas inversiones con unas esperanzas matemáticas de valor capital (o de tasa de retorno) mayores constituye, una línea de conducta racional. El empresario no debe conformarse solamente con el conocimiento de la esperanza matemática del valor capital para la adopción de la decisión de inversión. Dos inversiones con el mismo valor capital pueden no ser indiferentes para el inversor, debido precisamente al distinto grado de riesgo, como se ha referido por (Lauchy y col, 2003).

El riesgo de un proyecto viene definido por la variabilidad de sus flujos de caja y suele convenir tomar como medida del mismo la varianza del valor capital. Considerando que el costo de inversión es una variable conocida y que el flujo de caja es una variable aleatoria que se conoce en términos de probabilidad, pueden existir tres tipos de flujos de caja: pesimista, probable y optimista.

La esperanza matemática (o media teórica) de una suma de variables aleatorias, sean estas independientes o dependientes, es siempre igual a la suma de las esperanzas matemáticas de cada una de dichas variables, aplicado al valor capital se describe como se muestra en la ecuación 1:

$$E [VC] = -E[A] + \frac{1}{(1+k)} \times E[Q_1] + \frac{1}{(1+k)^2} \times E[Q_2] + \dots + \frac{1}{(1+k)^n} \times E[Q_n] \quad (1)$$

$$= -E[A] + \sum_{t=1}^n \frac{E[Q_t]}{(1+k)^t}$$

donde:

$$E[A] = \sum_{r=1}^h A_0^r \times P_0^r \quad (2)$$

$$E[Q_t] = \sum_{r=1}^h Q_t^r \times P_t^r \quad (3)$$

$A_0^r$ : posible valor que puede tomar el desembolso inicial ( $r = 1, 2, \dots, h$ ).

$P_o^r$ : probabilidad de ocurrencia de  $A_o^r$ .

$Q_t^r$ : posible valor que puede tomar el flujo de caja en el momento  $t$  ( $r = 1, 2, \dots, h$ ;  $t = 1, 2, \dots, n$ ).

$P_t^r$ : probabilidad de ocurrencia de  $Q_t^r$ .

$k$ : tasa de interés aplicada al costo inversionista inicial (10 - 15 %)

Nota: para el cálculo de  $E [Q_t]$  se realiza una sumatoria cuyo desarrollo comprende efectuar tres productorias donde se multipliquen los 3 flujos de caja para los tres escenarios posibles por el valor de la probabilidad de ocurrencia de  $Q_t$  que serían los valores de 0,2 (escenario pesimista); 0,5 (escenario probable) y 0,3 para el escenario optimista. Esta sumatoria se realiza para los cinco primeros años con los valores de los flujos de caja disponibles en cada oportunidad de negocio.

Cuando el desembolso inicial o alguno de los flujos de caja es una magnitud perfectamente conocida y no una variable aleatoria, ya se sabe que su esperanza matemática es idéntica a su valor y su varianza es nula.

En realidad, solo tiene sentido hablar de esperanza matemática y de varianza de una variable aleatoria. Sin embargo, al determinar estos parámetros puede ocurrir que no todos los sumandos sean variables estocásticas y unos pueden conocerse con exactitud mientras que otros solo es posible conocerlos en términos de probabilidad.

En los casos donde la esperanza matemática coincide, es muy importante conocer la dispersión o variabilidad, la cual es mayor mientras más alejados se encuentran los posibles valores, respecto al valor esperado y cuanto mayores son las probabilidades de estos valores que se encuentran distanciados de la media. Aunque existen diversos parámetros por los que se mide la dispersión, los más empleados son la varianza y la desviación típica (Alemán y col., 2022).

El valor de la varianza le advertirá al inversor del riesgo que lleva implícito la decisión de inversión y entre las inversiones con igual valor capital serán preferibles aquellas que tengan una menor varianza. Un inversor puede preferir una inversión con un valor capital menor que otra con un valor capital mayor, porque tiene también una varianza menor. La varianza de una variable aleatoria, es igual a la media aritmética ponderada de las desviaciones cuadráticas de dicha variable con respecto a su valor medio. Para un período de tiempo  $t$ , la varianza del flujo de caja correspondiente vendrá dada por la expresión 4:

$$\sigma^2(Q_t) = \sum_{r=1}^h (Q_t^r - E[Q_t^r])^2 \times P_t^r \quad (4)$$

donde:

$Q_t^r$ : flujo de caja de la posibilidad en el período  $t$ .

$P_t^r$ : probabilidad de que ocurra  $Q_t^r$ .

$E[Q_t^r]$ : esperanza matemática de  $Q_t^r$ .

La varianza del valor capital vendrá dada por la ecuación 5:

$$\sigma^2(VC) = \sigma^2(A) + \frac{1}{(1+k)^2} \times \sigma^2(Q_1) + \frac{1}{(1+k)^4} \times \sigma^2(Q_2) + \dots + \frac{1}{(1+k)^{2n}} \times \sigma^2(Q_n) \quad (5)$$

La varianza de una suma de variables aleatorias es igual a la suma de varianzas cuando tales variables son independientes; en el caso de que las variables sean dependientes habrá que tener en cuenta los momentos mixtos (Alemán y col., 2022).

En el cálculo de la varianza del valor capital se distinguen tres casos:

- a) los distintos flujos de caja son independientes,
- b) los flujos de caja están perfectamente correlacionados,
- c) situación intermedia entre las dos anteriores.

Otra variable estadística que se determina es la desviación típica o estándar la cual es igual a la raíz cuadrada de la varianza y matemáticamente se representa con la ecuación 6.

$$\sigma(Q_t) = \sqrt{\sum_{r=1}^h (Q_t^r - E[Q_t^r])^2 \times P_t^r} \quad (6)$$

Es necesario ser cuidadoso al utilizar la desviación típica, ya que solamente es un indicador absoluto de dispersión y no considera la dispersión de valores en relación a un valor esperado.

En comparaciones de proyectos con valores esperados diferentes, la utilización de la desviación estándar se puede perfeccionar fácilmente transformándola en un coeficiente de variación (CV), que integra el riesgo y la esperanza matemática en una sola expresión (Alemán y col., 2022). La ecuación que lo identifica es la 7:

$$CV = \frac{\text{Desviación típica}}{\text{Esperanza matemática}} \quad (7)$$

La ecuación 7 representa el porcentaje de la desviación típica respecto al valor deseable de la variable y mientras más elevado sea este indicador más inseguro es el proyecto.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los posibles negocios abordados, que se mencionarán mediante códigos en vías de proteger las restricciones empresariales, presentan el siguiente posible desempeño reflejado en la tabla 1.

**Tabla 1.** Desempeño y recursos inversionistas por cada oportunidad de negocio

<b>Código</b>	<b>Tecnología</b>	<b>CTI (\$)</b>	<b>CTP · 10<sup>6</sup> (\$)</b>	<b>VAP · 10<sup>6</sup> (\$)</b>	<b>VAN · 10<sup>6</sup> (\$)</b>	<b>TIR (%)</b>	<b>PRD (Años)</b>
I	AZCUBA	231 000,00	133,9	248,00	554,00	66,00	1,0
II	UCLV	117 328,52	0, 638	2,48	1220,0	64,80	1,0
III	UCLV	776 610,60	39,98	38,78	2 ,74	80,00	2,5
IV	AZCUBA	8234040,00	2,00	11,76	34,42	93,00	2,0

Teniendo en cuenta lo anterior, se procede a la aplicación de los métodos de análisis de riesgo para cada oportunidad de negocio. Se parte de los resultados de los cálculos del flujo de caja de las cuatro oportunidades de negocios en condiciones probables.

Los cálculos para las esperanzas matemáticas en las cuatro oportunidades de negocios

se basan en los resultados estimados para pronósticos pesimistas, probables y optimistas que se sintetizan en la tabla 2.

**Tabla 2.** Resultados de referencia para el cálculo de la esperanza matemática (expresada en \$) de las cuatro oportunidades de negocios

<i>Año</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Flujo/Negocio Código 1</i>	<i>Flujo/Negocio Código 2</i>	<i>Flujo/Negocio Código 3</i>	<i>Flujo/Negocio Código 4</i>
1	0,2	Pesimista = 85914220,68	Pesimista = 185893081,07	Pesimista = 414989,27	Pesimista = \$-19 516 924
	0,5	Probable = 114570774,24	Probable = 247866827,71	Probable = 615447,87	Probable = 5 387 275
	0,3	Optimista = 143227327,80	Optimista = 309840574,35	Optimista = 815906,48	Optimista = 10 774 550
2	0,2	Pesimista = 71590563,90	Pesimista = 173500678,31	Pesimista = 390429,76	Pesimista = \$-19 516 924
	0,5	Probable = 107411255,85	Probable = 241671799,61	Probable = 610934,22	Probable = 5 387 275
	0,3	Optimista = 128903671,02	Optimista = 278856047,60	Optimista = 731209,39	Optimista = 10 774 550
3	0,2	Pesimista = 78754702,29	Pesimista = 188994114,97	Pesimista = 440544,41	Pesimista = \$-19 516 924.
	0,5	Probable = 100247117,46	Probable = 250967861,61	Probable = 641003,01	Probable = 5 387 275
	0,3	Optimista = 121739532,63	Optimista = 263362610,94	Optimista = 781324,04	Optimista = 10 774 550
4	0,2	Pesimista = 71590563,90	Pesimista = 170401990,98	Pesimista = 410475,62	Pesimista = \$-19 516 924.
	0,5	Probable = 107411255,85	Probable = 232375737,62	Probable = 580865,43	Probable = 5 387 275
	0,3	Optimista = 143231947,80	Optimista = 278856047,60	Optimista = 761278,18	Optimista = 10 774 550
5	0,2	Pesimista = 71590563,90	Pesimista = 170401990,98	Pesimista = 460590,27	Pesimista = \$-19 516 924.
	0,5	Probable = 107411255,85	Probable = 216882300,96	Probable = 580865,43	Probable = 5 387 275
	0,3	Optimista = 143231947,80	Optimista = 278856047,60	Optimista = 761278,18	Optimista = 10 774 550

Aplicando la fórmula de la esperanza matemática para el valor capital (E [VC]) cuya expresión general se muestra con la ecuación 1, se obtienen los valores intermedios para los cinco primeros años en cada oportunidad de negocio y finalmente se determinan para cada propuesta de negocio los valores concretos de la esperanza matemática que se muestran en la tabla 3:

**Tabla 3.** Esperanza matemática para cada oportunidad de negocio

<i>Código identificativo de Negocio</i>	<i>E[VC]</i>
Código 1	416 366 902,68
Código 2	910 780 333,68
Código 3	1 572 262,27
Código 4	13 696 116,66

Teniendo en cuenta los resultados mostrados en la tabla 3 para los cálculos del primer parámetro o variable estadística del análisis de riesgo inversionista, es decir, el cálculo de la expectativa matemática para cada una de las cuatro oportunidades de negocios que componen el desarrollo de esta investigación, se deduce que el orden más acertado según estos primeros cálculos sería, en primer lugar, la propuesta de negocio identificada con el código 2, en segundo término la reconocida con el código 1, seguidamente la señalada con el código 4 y finalmente la denotada con el código 3. Se sugiere este orden como el más racional porque mientras mayor sea la esperanza matemática del valor capital menos riesgosa es una alternativa de negocio para financiarla.

Sin embargo, el emprendedor no debe conformarse con sólo conocer la expectativa matemática del valor del capital para tomar una decisión de inversión (Alemán y col., 2022).

### **3.1 Cálculo de la varianza para diferentes momentos en el tiempo**

El inversor tiene que moverse entre dos fuerzas de sentido opuesto: intentar maximizar la esperanza matemática de ganancia y al mismo tiempo tratar de minimizar la varianza o riesgo de la inversión. Pero ocurre que generalmente las inversiones más rentables son las más arriesgadas o viceversa. La conducta racional del inversor consistirá en escoger entre las inversiones con igual capital, aquellas que tengan una varianza menor; o lo que es equivalente, en elegir entre las inversiones que tengan igual varianza aquellas que tengan un valor capital medio mayor. El valor capital de una inversión calculado en base a los flujos de caja medios debe ir acompañado de la varianza (Lauchy y col., 2003).

Para cada oportunidad de negocio se tendrá en la tabla 4 los valores de la varianza del valor capital determinados a partir del cálculo matemático con las expresiones 4 y 5 de conjunto.

**Tabla 4.** Varianza para cada oportunidad de negocio

<i>Código identificativo de Negocio</i>	<i>Varianza</i>
Código 1	2,60707E+15
Código 2	7,56633E+15
Código 3	8,12327E+10
Código 4	4,832763E+12

Analizando los valores de la varianza calculados para cada propuesta inversionista se deduce como orden inversionista menos riesgoso ejecutar primero la propuesta señalada con el código 3, después la identificada con el código 4, seguidamente la reconocida con el código 1 y finalmente la registrada con el código 2. Este orden intermedio propuesto

no es el definitivo de la investigación pues se conoce que el análisis de riesgo financiero es el resultado de una serie de cálculos con variables estadísticas, por lo que se continúan efectuando cálculos correspondientes a este análisis en los siguientes subepígrafes con el propósito de exponer al final un orden acertado y lo más racional posible.

### **3.2 Cálculo de la desviación típica**

Empleando la expresión matemática para el cálculo de la desviación típica o estándar, referida en el epígrafe de materiales y métodos con la ecuación 6, se tendrán en la tabla 5 los valores de dicho parámetro estadístico para cada oportunidad de negocio.

**Tabla 5.** Desviación típica para cada oportunidad de negocio

<i>Código identificativo de Negocio</i>	<i>Desviación típica</i>
Código 1	51 059 514,8
Código 2	86 984 647,23
Código 3	285 013,5835
Código 4	2 198 354,35

Referente a los valores calculados de la desviación típica o estándar no se ofrecerá un posible orden de la secuencia inversionista, pues como se mencionaba anteriormente es solo un indicador absoluto de dispersión y no considera la dispersión de valores en relación a un valor esperado. Se conoce que el uso de la desviación estándar se puede optimizar sencillamente convirtiéndola en un coeficiente de variación como se aborda en el siguiente subepígrafe.

### **3.3 Cálculo del coeficiente de variación**

El último parámetro estadístico del análisis de riesgo financiero que posibilitará proponer un orden o secuencia inversionista para propiciar el avance de una empresa azucarera como biorrefinería es el coeficiente de variación (CV). Este representa el porcentaje de la desviación típica respecto al valor esperado de la variable. Mientras más alto sea el coeficiente de variación más riesgoso es el proyecto. La utilidad real de este coeficiente está en la comparación de proyectos que tengan valores esperados diferentes (Lauchy y col., 2003).

Para el cálculo de este coeficiente se emplea la expresión matemática expuesta en el epígrafe de materiales y métodos e identificada con el número 7. Para cada oportunidad de negocio, se pueden observar en la tabla 6 los valores del coeficiente de variación obtenidos por el trabajo de mesa con herramientas computacionales.

**Tabla 6.** Coeficiente de variación para cada oportunidad de negocio

<i>Código identificativo de Negocio</i>	<i>Coeficiente de variación</i>
Código 1	0,12263106
Código 2	0,095505627
Código 3	0,181276107
Código 4	0,160509348

De los resultados de la tabla 6 se infiere que el orden inversionista que es menos riesgoso, desde el punto de vista económico, es el siguiente: se debe realizar primero la oportunidad de negocio identificada con el código 2, en segundo término, la identificada con el código 1, posteriormente la referente al código 4 y finalmente la identificada con el código 3, como se muestra en la tabla 7.

**Tabla 7.** Orden inversionista menos riesgoso

<i>Orden inversionista por prioridad</i>	<i>Código</i>	<i>Coefficiente de variación</i>
1	2	0,095505627
2	1	0,12263106
3	4	0,160509348
4	3	0,181276107

Al existir aspectos externos de orden económico, como es el financiamiento de la inversión y también intereses sociales de la comunidad y el país, deberán tenerse en cuenta estas propuestas como orden de trabajo para resolver los problemas financieros para cada oportunidad inversionista.

#### **4. CONCLUSIONES**

1. Es factible decidir el orden de menor riesgo de las inversiones en un encadenamiento productivo en la empresa azucarera que se transforme en biorrefinería, utilizando los indicadores dinámicos y el análisis de riesgo económico.
2. Es necesario a partir de los resultados del estudio de riesgo, decidir el proceso inversionista, atendiendo a otros factores como son: fuentes de financiamiento, encadenamiento tecnológico y posibilidades constructivas e impactos sociales.
3. Dada la naturaleza tecnológica de las inversiones se requiere trabajar en minimizar aspectos de origen tecnológico que inciden por una parte en los costos inversionistas y por otra en los gastos directos.
4. Es también necesario considerar que, para evaluar los escenarios pesimistas, probables y optimistas, se deben deducir los aspectos de origen tecnológico que puedan incidir en la eficiencia real de la inversión.

#### **REFERENCIAS**

- Alemán, L., Muto, D., González, E., y Hernández, C.B., Procedimiento para minimizar los costos y el plazo de inversión en una refinería de petróleo., Revista Universidad y Sociedad, Vol. 14, No. 4, 2022, pp. 373-381. <https://rus.ucf.edu/cu/index.php/rus/article/view/2881/2832>
- de Armas, A.C., Morales, M., Albornas, Y., y González, E., Alternativas para convertir una fábrica azucarera cubana en una industria biorefinera., Centro Azúcar, Vol. 45, No. 3, 2018, pp. 56-77. [http://centroazucar.uclv.edu/cu/index.php/centro\\_azucar/article/view/73](http://centroazucar.uclv.edu/cu/index.php/centro_azucar/article/view/73)
- de Armas, A.C., González, E., Kafarov, V.V., Zumalacárregui, L., Oquendo, H., y

- Ramos, F., Procedimiento de evaluar alternativas para transformar instalaciones de la industria de la caña de azúcar en biorrefinerías., *Revista Universidad y Sociedad*, Vol. 13, No. 5, 2021, pp. 565-573.  
<https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/2267>
- García, R., Pérez, A., Diéguez, K., Mesa, L., González, I., González, M., y González, E., Incorporación de otras materias primas como fuente de azúcares fermentables en destilerías existentes de etanol., *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquía*, No. 75, 2015, pp. 130-142.  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43038630013>
- González, D., Concepción, D.N., de Armas, A.C., Hernández, J.P., y González, E., La formación doctoral y la pirámide científica para el encadenamiento productivo en una biorrefinería de caña de azúcar., *Centro Azúcar*, Vol. 50, No. 4, 2023, e1042.  
[http://centroazucar.uclv.edu.cu/index.php/centro\\_azucar/article/view/774](http://centroazucar.uclv.edu.cu/index.php/centro_azucar/article/view/774)
- Lauchy, A., Llanes, C., González, E., y Machado, J., La incertidumbre económica en las inversiones de plantas químicas a partir de biomasa., *Centro Azúcar*, Vol. 30, No. 1, 2003, pp. 57-63.
- Liaño, N., Pérez, M., Prieto, A., y González, E., Estrategia de desarrollo de una fábrica de azúcar como biorrefinería incluyendo la producción de pellets para una bioeléctrica., *Tecnología Química*, Vol. 44, No. 2, 2024, pp. 254-268.  
<http://scielo.sld.cu/pdf/rtq/v44n2/2224-6185-tq-44-02-254.pdf>
- Nova, A., Prego, J.C., Robaina, L., El encadenamiento productivo-valor en Cuba. Antecedentes y actualidad. Proyecto APOCOOP., *Revista Estudios del Desarrollo Social: Cuba y América Latina*, Vol. 8, No. 1, Epub 14 de abril de 2020.  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2308-01322020000100010&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-01322020000100010&lng=es&tlng=es)
- Peters, M.S., & Timmerhaus, K.D., *Plant Design and Economics for Chemical Engineers.*, McGraw-Hill International Editions, 1981, pp. 90-141.

## **CONFLICTO DE INTERÉS**

Los autores declaran que no existen conflictos de interés.

## **CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES**

- Ing. Erick Espinosa Sánchez. Investigación, redacción-primera redacción.
  - Ing. Daiseny González Bravo. Investigación.
  - Dr.C. Yaillet Albernas Carvajal. Redacción-revisión y edición.
  - Ing. Adiánez Sánchez González. Conceptualización, metodología.
  - Dr.Sc. Erenio González Suárez. Gestión de proyectos, conceptualización.
-