

## **Metodología para Gestionar la Innovación Tecnológica con Integración del Análisis Complejo de Proceso en la Industria Ronera Cubana**

*Methodology to Manage the Technological Innovation with Integration of the Complex Process Analysis in the Cuban Ron Industry*

*MSc. Mayra Guzmán-Villavicencio<sup>I</sup>, Dr.Cs. Erenio González-Suárez<sup>II</sup>,*

*Dr.C. Marlén Morales-Zamora<sup>II</sup>*

*erenio@uclv.edu*

*<sup>I</sup>Ronera Central, Corporación Cuba Ron S.A., Villa Clara, Cuba, <sup>II</sup>Departamento de Ingeniería Química. Facultad de Química Farmacia. Universidad Central "Marta Abreu de Las Villas", Cuba*

### **Resumen**

En los últimos años, las empresas han mostrado mayor consciencia e interés por la innovación tecnológica y su gestión, aumentando notablemente la competitividad, la eficiencia y productividad, la sustitución de importaciones e incrementando las exportaciones. Precisamente, el trabajo, tiene como objetivo proponer una metodología para gestionar la innovación tecnológica con integración del análisis complejo de procesos como una vía para llevar a cabo un estudio de los procesos involucrados en la industria ronera. Se aplica la metodología, partiendo de un diagnóstico integral en un caso de estudio, determinando los puntos débiles y se proponen alternativas tecnológicas que conllevan a la elaboración de una estrategia de desarrollo tecnológico. Como resultado final, se analiza el impacto de las propuestas y se propone la implementación de la metodología en otras industrias roneras de la corporación.

**Palabras clave:** innovación tecnológica, análisis complejo de procesos, gestión, eficiencia.

### **Abstract**

In recent years, companies have shown greater awareness and interest in technological innovation and its management, notably increasing competitiveness, efficiency and productivity, import substitution and increasing exports. Precisely, the investigation aims to propose a methodology to manage technological innovation with integration of complex process analysis as a way to carry out a study of the processes involved in the ron industry. The methodology is applied, starting from an integral diagnosis in a case study, determining the weak points and proposing technological alternatives that lead to the elaboration of a technological development strategy. As a final result, the impact of the proposals is analyzed and the implementation of the methodology is proposed in other ruminative industries of the corporation.

**Keywords:** technological innovation, complex process analysis, manages efficiency.

## **Introducción**

Para triunfar en un mundo tan competitivo como el actual, e incluso para sobrevivir, las empresas no se deben considerar definitivamente instaladas en un mercado ni en una tecnología determinada. Es por ello que, para lograr el desarrollo de la ciencia y la innovación tecnológica, y solucionar las necesidades técnico-económicas que surgen cotidianamente en el sector industrial, es necesario encauzar el desarrollo tecnológico de la misma a través de la aplicación de una adecuada gestión tecnológica. La misma, brinda la posibilidad de operar las instalaciones en función de las condiciones del mercado, mediante la promoción del cambio tecnológico, el apoyo de las habilidades tecnológicas y el desarrollo de la investigación, como herramientas para aumentar la capacidad de producción.

La innovación es considerada como un elemento esencial para el desarrollo socio económico a nivel global, nacional y territorial o regional, según afirman diferentes autores [2-7,13, 16, 17]. Por otro lado, otros autores reconocen que, para alcanzar el éxito del proceso innovador es decisivo gestionarla eficientemente [1,4, 12].

En este sentido González [8] caracteriza la industria química cubana actual y destaca que sus limitaciones dificultan la profundización científica en el proceso. De ahí que, plantea la aplicación de la Estrategia General de Análisis Complejo de Procesos como una herramienta importante para la intensificación de las instalaciones industriales [9]; la que debe ser adecuada para la industria alimentaria, y por ende, a la industria ronera cubana[10].

Precisamente, en función de lo anterior, el trabajo, tiene como objetivo proponer una metodología para gestionar la innovación tecnológica con integración del análisis complejo de procesos como una vía para favorecer el desarrollo prospectivo, la eficiencia empresarial y la pertinencia social de la Corporación Cuba Ron S.A.

## **Materiales y métodos**

### *Generalidades sobre gestión de la innovación tecnológica y el análisis complejo de procesos*

Teniendo en cuenta la perspectiva en un enfoque dinámico, se tomó como base, las funciones de la gestión tecnológica de Morín <sup>(14)</sup>, las cuales, consisten en: inventariar, vigilar, evaluar, enriquecer, optimizar y proteger, dado que se considera la integración de la gestión de la innovación tecnológica en su máxima expresión.

Morin y Seurat [14,15] plantean que la gestión de la tecnología en una organización está dividida en tres grandes partes:

La primera, consiste en realizar un diagnóstico interno o diagnóstico tecnológico de la empresa (inventariar y evaluar). Para la realización del diagnóstico, se debe efectuar el inventario de las tecnologías con que la organización dispone y su relación con cada área de la misma, producto o servicio ofrecido. A partir del inventario tecnológico y de la información complementaria recopilada al interior de la organización, se determina la existencia o no de brechas tecnológicas.

La segunda, se fundamenta en la ejecución del diagnóstico externo o diagnóstico tecnológico de los competidores, con el fin de analizar las ventajas competitivas del mercado (vigilar).

La tercera, consiste en valorizar el patrimonio tecnológico de la empresa respecto a la competencia potencial (optimizar, enriquecer y salvaguardar).

Es en esta etapa, es donde juega un papel fundamental la incorporación del análisis complejo de procesos (ACP), como vía para la optimización y la intensificación de procesos industriales y a fin de, conseguir óptimos resultados desde el punto de vista socioeconómico y ambiental, considerando, además, las posibilidades de uso de las energías renovables [11].

El análisis complejo de procesos surge como una metodología que abre nuevos caminos en la intensificación de procesos y se ha convertido en un problema cardinal de la ciencia contemporánea al cumplir el doble requisito de: constituir un resultado al desarrollo científico reciente y un requerimiento del necesario perfeccionamiento de la eficiencia técnico-económica de los

procesos de la industria química. Consiste en un amplio análisis científico-técnico y económico de un proceso existente o concebido, en lo referente a las posibilidades de realización óptima de los objetivos previstos. El análisis complejo de procesos es un aporte a la intensificación de la utilización de las instalaciones de la industria de procesos químicos elevando su productividad.

La intensificación de la producción mediante el análisis complejo de procesos, requiere la elaboración de objetivos económicos en cada industria de forma concreta, entre lo que se encuentra de acuerdo con la experiencia acumulada:

- Aumento de la calidad y la cantidad de los productos elaborados.
- Disminución de los consumos específicos y absolutos de materiales y energía.
- Mejoramiento de las condiciones de trabajo.
- Ahorro de fuerza de trabajo.
- Disminución de la contaminación ambiental.

El análisis complejo de procesos sirve para descubrir las partes débiles en el proceso productivo correspondiente y para la creación de medidas para su eliminación parcial o completa. Conduce además a un aumento de la efectividad del proceso de producción, además de permitir un mejor aprovechamiento de materias primas, la energía y los medios de trabajo, así como un aumento de los grados de eficiencia de la fuerza de trabajo y el mejoramiento de las condiciones materiales[9].

#### *Propuesta metodológica*

A partir de lo anterior se realizó la propuesta metodológica según el diagrama heurístico que se muestra en la figura 1.

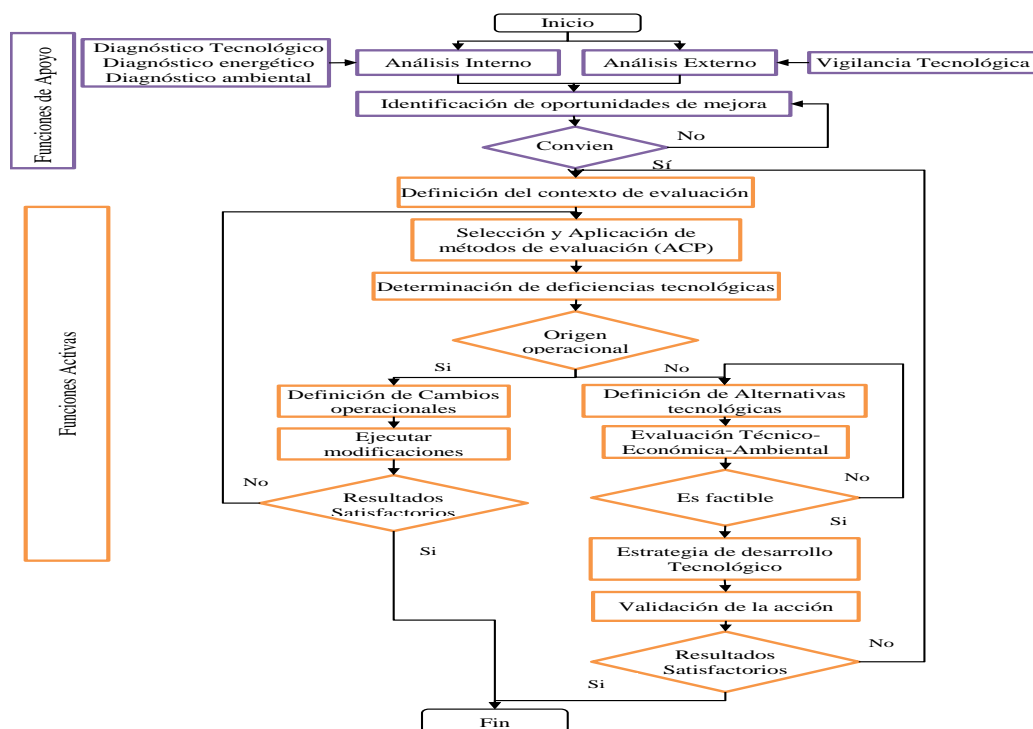


Fig. 1 Metodología de gestión de la innovación tecnológica integrada al análisis complejo de procesos.

Como elemento indispensable y previo a la implementación exitosa de la metodología, se deberá lograr el compromiso efectivo de la dirección de la empresa como elemento rector de cualquier cambio, y de los empleados como ejecutores directos y factor decisivo en la concreción del mejoramiento de los procesos.

## Resultados y discusión

La metodología se aplicó en una de las entidades de la Corporación Cuba Ron S.A, la Ronera Central “Agustín Rodríguez Mena”.

### *Análisis interno y externo*

**Diagnóstico tecnológico:** Su objetivo fundamental consistió en diagnosticar la posición tecnológica de la empresa, definir aquellas tecnologías que son distintivas, el grado de incidencia y dependencia que existe entre sus principales productos y las tecnologías utilizadas, y su clasificación, así como la fase del ciclo de vida en que se encuentran y su grado de diferenciación. Durante la confección del inventario tecnológico y su evaluación se aplicaron casuísticamente herramientas de acuerdo con los intereses del trabajo y las características específicas de la empresa objeto de estudio, tales como:

- Inventario de tecnologías genéricas y específicas.
- Matriz FCE-producto clave.
- Clasificación de las tecnologías para orientar la vigilancia tecnológica en la búsqueda de tecnologías emergentes o claves de mayor productividad que las que en la empresa se encuentren en un estado de madurez.
- Matriz tecnologías–productos/ servicios: para apreciar cuáles son las tecnologías que intervienen en varios servicios a la vez o cuáles son los servicios que requieren varias tecnologías, aportando criterios de impacto en el mercado, diversificación, necesidad real de continuar explotando determinada tecnología, etcétera.
- Cuadro de potencial intrínseco del patrimonio tecnológico: donde se representa el grado de diferenciación de la tecnología en función de su madurez, a partir del cual la empresa logra tener una visión de sí misma respecto a su posibilidad de diferenciación y el potencial de progreso de sus tecnologías respecto a las empresas con misiones afines.
- Cuadro del nivel de dominio tecnológico de la empresa: vinculado con la cantidad de expertos que se posee en determinada tecnología y el tiempo de utilización de los equipos, obteniendo al final una evaluación general de su dominio tecnológico.
- Cuadro del posicionamiento tecnológico de la empresa: relacionado con las tecnologías disponibles por la empresa y el dominio que esta posee de las mismas.

Como resultado de su aplicación se determinó, el patrimonio tecnológico con que cuenta la entidad. A continuación, en la tabla 1 se relacionan los diferentes tipos de tecnologías y las cantidades.

**Tabla 1**  
**Patrimonio tecnológico de la ronera**

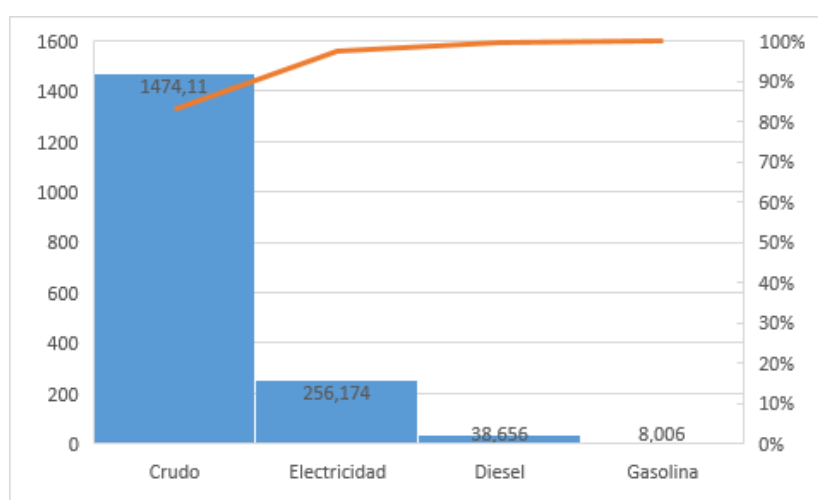
Tipos de tecnologías	Núcleo duro	Periféricas	Diferenciación (Know- How)	Base
Cantidad	16	4	1	2

Las tecnologías de núcleo duro, por los años de explotación, requieren de actualización, modernización y reconversión de sus instalaciones, por lo que es necesario incluirlas en el plan de acción de desarrollo tecnológico.

En cuanto al potencial intrínseco, se pudo apreciar que las tecnologías se encuentran en etapa de madurez y son totalmente dominadas por los recursos humanos.

**Diagnóstico energético.** Permitió establecer las políticas y la planificación energética a corto, mediano y largo plazo, formulando estrategias de desarrollo. Para ello, se aplicaron las herramientas en la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía (TGTEE).

A continuación, en la figura 2, se muestran los resultados de los principales portadores energéticos y sus consumos anuales promedios.



**Fig. 2 Diagrama de los consumos promedios de los portadores energéticos.**

Como se observa, los portadores energéticos que mayor inciden en la eficiencia son el crudo cubano y la electricidad, alcanzando en todo el período analizado más del 95% del consumo total de combustible equivalente convencional de la fábrica.

El diagnóstico externo se realizó a partir de estudios de prospectiva tecnológica, benchmarking, vigilancia tecnológica. Como salida principal, se definieron los principales competidores, las tecnologías distintivas de la

empresa que constituyen una base importante para la formulación de la estrategia tecnológica.

### **Análisis complejo de procesos (ACP)**

#### **Principales puntos débiles encontrados**

- **Proceso de rectificación de alcohol.** Existen variaciones en los parámetros de calidad de las materias primas que se reciben de diferentes proveedores, lo cual afecta la estabilidad y eficiencia del proceso.
- **Proceso de fabricación de rones.** Insuficiente capacidad productiva para la elaboración de productos semielaborados y productos terminados, como son: la filtración de aguardiente y el sirope alcoholizado. Afectaciones en la infraestructura. Falta de automatización del proceso.
- **Embotellado de rones.** No se alcanza el rendimiento esperado, debido al déficit de piezas de repuesto para la línea de embotellado, que requieren ser importadas, por ejemplo, la conformadora/empacadora.
- **Añejamiento** Tuberías de trasiego innecesarias. Afectaciones en la infraestructura. Vertimiento de residuales líquidos que pueden ser reutilizados, por ejemplo, el agua del hinchado de barriles. No se cuenta con tecnología actualizada para el llenado-vaciado de barriles en el área de añejamiento.
- **Tratamiento de residuales.** Residuales con alta carga contaminante.

#### **Principales propuestas de alternativas tecnológicas**

- Implementar la utilización de fuentes renovables de energía, con la instalación de un parque solar fotovoltaico sobre cubiertas en la Ronera.
- Introducir cambios operacionales en el proceso de rectificación de alcohol a partir de realizar cambios de las zonas de extracción con ayuda de la simulación de procesos.
- Rediseñar el sistema de filtración de aguardiente mediante un sistema de filtración por cama fija.



- Automatizar el proceso de fabricación de rones.
- Aplicar innovaciones tecnológicas en la reparación para mantener la disponibilidad de la línea de embotellado, potenciando la creatividad y la sustitución de piezas de repuesto.
- Reutilización de los residuales líquidos que se generan durante el hinchado de barriles.
- Mejorar la eficiencia en el sistema de tratamiento de residuales instalado, mediante la incorporación de un humedal.

### **Análisis de las alternativas tecnológicas propuestas**

A continuación, se presentan los resultados de dos de las alternativas tecnológicas propuestas como resultado del análisis complejo del proceso.

- Cambios operacionales en el proceso de rectificación de alcohol

Para ello, se planteó la simulación del proceso bajo las condiciones actuales de funcionamiento utilizando el software AspenPlus para poder analizar el comportamiento del sistema.

Consideraciones a tener en cuenta: Flujo de flema = 24-25 L/min; Entrada a la columna hidroselctora: plato 19; Agua o agua de luterio, T= 80 °C; Flujo de agua = 70 L/min; Vapor saturado a 170 °C y P= 8 atm; Flujo de vapor columna hidroselctora= 243,24 kg/h; Flujo de vapor columna rectificadora = 1 958,13 kg/h.

**Tabla 2**  
**Composición del alcohol flema de entrada**

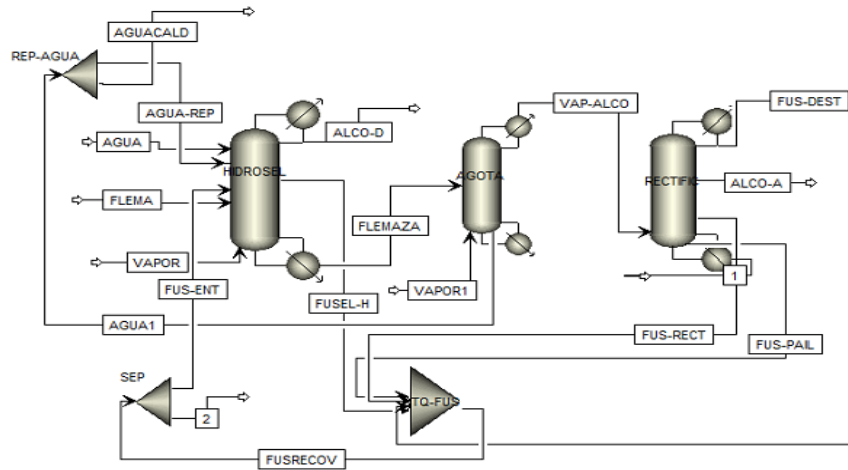
Muestras	Ac. Aldehído (ppm)	Ac. Etilo (ppm)	Metanol (ppm)	N-propanol (ppm)	Iso Butanol (ppm)	Iso Amílico (ppm)	A.S (ppm)
Flema	7,936	3,557	0,797	13,108	9,552	4,265	26,925
	7,308	4,315	1,063	12,706	10,386	4,033	21,125

**Leyenda, (Ac, Aldehído) Acetaldehído, (Ac, Etilo) acetato de etilo, (AS), Alcoholes superiores.**

Se utilizan los datos de diseño de los equipos instalados:

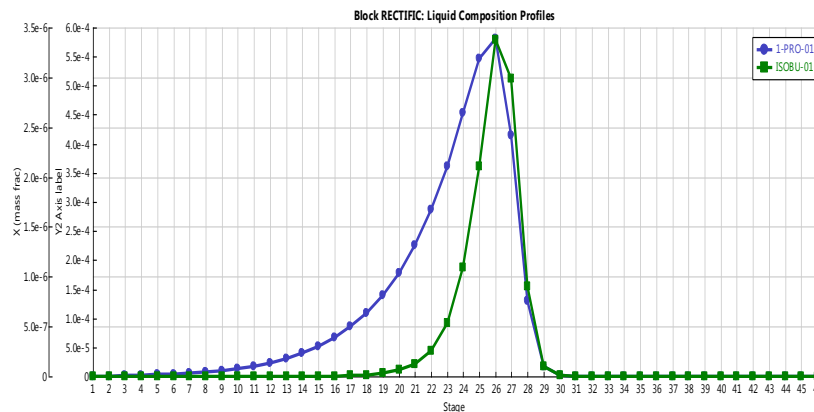
Número de platos: Hidroselctora (46); Agotadora (22); Rectificadora (46);

**Extracciones:** Hidroselectora (Fusel, plato 44,  $F= 0,5$  L/min); Rectificadora (Alcohol fino A, platos 3 – 5,  $F = 18 - 22$  L/min; Fusel rectific, platos 13-15,  $F= 0,5$  L/min; Fusel paila, plato 46



**Fig. 3** Esquema general del proceso simulado de rectificación de alcohol [18].

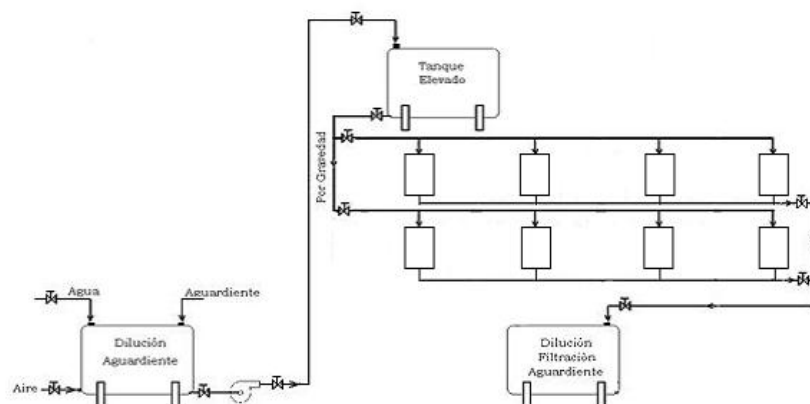
Mediante la simulación, se lograron establecer todos los balances de masa y energía de las corrientes del proceso y su composición, dada la complejidad de las mismas al tener que considerar la mezcla multicomponente. Las mayores incidencias se encuentran en la columna rectificadora, donde las sustancias de valores significativos son n-propanol e iso-butanol encontrándose las concentraciones pico de las mismas en los platos 24-28, como se observa en la figura 4. Las extracciones reales se están haciendo en los platos del 13 al 15, por lo que resulta importante cambiar las extracciones para favorecer la eliminación de los componentes indeseables.



**Fig. 4-** Comportamiento de las impurezas n-propanol e iso-butanol en la columna rectificadora.

- **Rediseño del sistema de filtración de aguardiente**

Mediante el sistema de filtración por cama fija reflejado en la figura 5, el aguardiente se destufa poniéndose en contacto, por un tiempo determinado, los aguardientes añejados con carbón activado granulado. Para ello se emplea una batería de filtros que consisten en tanques de acero inoxidable con una capacidad total diaria de 10 000 L aproximadamente. El diseño de estos filtros está bajo protección (Know How) de la corporación, por lo que no se especifican detalles técnicos del mismo.



**Fig. 5- Dilución filtración de aguardiente por cama fija.**

La introducción de esta tecnología permite aumentar la capacidad operativa diaria y obtener una calidad superior de aguardiente filtrado desde el punto de vista físico-químico y sensorial, así como garantizar con extrema eficiencia las producciones finales. La propuesta garantiza la reducción en el consumo de energía, agua, materias primas y materiales. Además, se mejoran las condiciones de trabajo de los operarios y disminuye el vertimiento de residuos sólidos (77 %) y líquidos al medio ambiente, así como las mermas en la filtración hasta un 1,05 %.

## Conclusiones

1. ***La metodología propuesta para gestionar la innovación tecnológica con integración del análisis complejo de procesos permitirá mejorar el desarrollo prospectivo, con la elaboración de una estrategia tecnológica para la toma de decisiones, en condiciones de sostenibilidad y pertinencia social para la empresa.***

- 2. Con la realización del diagnóstico, inventario y la evaluación de los recursos tecnológicos, se pudo determinar, a partir del patrimonio tecnológico, las tecnologías de núcleo duro, siendo las de mayor interés para llevar a cabo el despliegue de la estrategia de gestión de la innovación tecnológica.**
- 3. El análisis complejo del proceso permitió, partiendo de un diagnóstico integral, detectar las principales fortalezas, debilidades y punto débiles, así como definir la evaluación de diferentes alternativas tecnológicas en la planta.**
- 4. La implantación de las estrategias tecnológicas supone la ejecución, por parte de la empresa de actividades de I+D que se fortalezcan mediante proyectos, que involucren técnicos y especialistas de diferentes áreas y grupos de trabajo, que deben realizarse dentro de unos costos y plazos fijados hasta conseguir especificaciones, prestaciones o resultados predeterminados.**

#### Referencias Bibliográficas

1. ARANDA, H., DE LA FUENTE, M. L.; BECERRA, M. N. "Propuesta metodológica para evaluar la gestión de la innovación tecnológica (GIT) en pequeñas y medianas empresas" (PYMES), *Revista Mexicana de Agronegocios*, 2010, vol 26, enero-junio, pp 226-238.
2. ARTOLA, M. L., MACÍAS, J. A. "Empresas de diseño e ingeniería cubanas en su tránsito hacia empresas de clase mundial", *Revista Ingeniería Industrial*, 2002, 23(3), pp, 52-55.
3. BACALLAO SÁNCHEZ, E., "Una visión desde la competitividad y la gestión del conocimiento", *Revista Ciencia, Innovación y Desarrollo*, 2004, 9(2), pp, 9-13.
4. BARRERA, M. Á. "El papel de las instituciones en la gestión territorial de innovación tecnológica en el Valle del Yaqui, Sonora: el caso de sensor greenseeker para el mejoramiento de la producción de trigo", *Tesis*

- Maestría en Desarrollo Regional*, Director: Araceli Almaraz, El Colegio de la Frontera Norte, Tijuana, B, C, México, 2010.
5. BECERRA RODRÍGUEZ, F. y NARANJO VALENCIA, J. CI. “La innovación tecnológica en el contexto de los cluster regionales, Cuadernos de Administración, 2008, 21(37), pp, 133-159.
  6. ESCOBAR RODRÍGUEZ, A. M. y ESTÉVEZ CEDEÑO, B. “La innovación entre dos manos: la invisible del mercado y la visible del estado”, *Revista Trilogía* No, 6, ISSN: 2145-4426, (abril – octubre 2012), pp. 13–30.
  7. FALOH BEJERANO, R., *et al*, “Gestión de la innovación: una visión actualizada para el contexto iberoamericano”, La Habana: Editorial Academia, 2006.
  8. GONZÁLEZ, E., *et al*. “Análisis complejo de procesos de la industria química, Sección de la Universidad Técnica "Otto Von Guericke, Madenburgo, RDA, Universidad Central, Las Villas, 1989,
  9. GONZÁLEZ, E. Utilización del análisis de procesos en la intensificación de la producción en las distintas industrias de Cuba, *Tesis de Doctor en Ciencias, Universidad Central Marta Abreu de Las Villas*, 1991.
  10. GONZÁLEZ, E., CASTRO, E. “Aspectos técnico-económicos de los estudios previos inversionistas para la producción de etanol de caña de azúcar”, España, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Jaén, 2012.
  11. GONZÁLEZ SUÁREZ, E., MIÑO VALDÉS, J. E., “Vías para la gestión de conocimientos con apoyo de la comunidad científica para contribuir a la mitigación del impacto ambiental de la industria química y fermentativa”. Editorial Universitaria, UNM, ISBN: 978-950-579-368-6, Posadas, 2015.
  12. HIDALGO, A., VIZÁN, A. “Los factores claves de la innovación tecnológica: claves de la competitividad empresarial, Dirección y Organización”, 36, (Octubre 2008), pp 5-22.
  13. SOUMITRA DUTTA, R. The Global Innovation Index 2011, Accelerating Growth and Development, INSEAD The Business School for the World,

France by INSEAD, Fontainebleau, 2011, p. 388  
ISBN: 978-2-9522210-1-6

14.MORIN, J. L' Excellence Technologique, Paris, Publi Union, 1985,  
ISBN 54-956-275-3.

15.NAVARRO ARANCEGUI, M., "Los sistemas regionales de innovación en Europa, Una literatura con claroscuros". Documento de Trabajo N° 59, Instituto de Análisis Industrial y financiero (IAIF), 2007.

16.PAVÓN, Julián y HIDALGO, A. "Gestión e innovación. Un enfoque estratégico", Madrid, Editorial Pirámide, 1997, p. 240 ISBN: 9788436810677,

17. ROMERO, O., "Aplicación del Análisis Complejo de Procesos al sistema tecnológico de la Destilería Agustín Rodríguez Mena de la Ronera Central", Trabajo de diploma, Facultad de Química-Farmacia, UCLV, 2017.