

Propuesta de un modelo para el análisis de criticidad en plantas de productos biológicos

Procedure the critical model análisis in a production process of biological products plans

Armando Díaz-Concepción^I, Frank Pérez-Rodríguez^{II}, Alfredo del Castillo-Serpa^I,
María Lucía Brito-Vallina^I

I Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría. Centro de Estudios en Ingeniería de Mantenimiento. Cuba

Correo electrónico: adiaz@ceim.cujae.edu.cu

II Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología. La Habana. Cuba

Recibido: 9 de junio de 2011

Aceptado: 25 de febrero de 2012

Resumen

En este trabajo se propone un procedimiento para verificar la factibilidad de aplicación de una metodología para realizar el análisis de criticidad y complejidad y así priorizar una atención especial a la gama de activos que intervienen en el proceso productivo de las plantas de bioproductos y mejorar la confiabilidad de estos activos, acorde a las nuevas tendencias en el mantenimiento. Para ello se define una instalación típica, se determinan los indicadores propios de estas plantas a tener en cuenta para el cálculo de criticidad y complejidad. El resultado que se obtiene en el estudio es una lista jerarquizada de los equipos a partir de la comparación, a través de una matriz, entre los criterios que intervienen en el índice de criticidad y el de complejidad de cada activo, dados los valores de ponderaciones obtenidos, mediante la realización de encuestas a ingenieros y especialistas de vasta experiencia en el tema. El modelo fue validado utilizando el método de consulta a especialistas obteniéndose resultados satisfactorios.

Palabras claves: productos biológicos, índice de criticidad, modelos de criticidad, jerarquización de activos, mantenimiento de activos.

Abstract

A procedure to verify the possibility for the implementation of a methodology for the analysis of criticism and complexity is proposed in this paper. It could be possible to give priority to the factors that take place in a production process of biological products plants, according to the new tendency in maintenance. A typical installation is described and also the factors, of such plants, that have to be considered. All these results must be compared by using a matrix, taking into account all the factors that interfere in the criticism and complexity of the installation. That was done by well experience engineers and experts. The model was validated using expert methods obtaining satisfactory results.

Key words: biological products, critical index, critical models, asset hierarchy, asset maintenance.

Introducción

En los últimos años la concepción del mantenimiento a nivel internacional ha cambiado, pasando de una actividad reactiva a adoptar una concepción proactiva, dotándolo de una visión de negocio [6]. Las tecnologías y diseños de alto nivel ya son cotidianos en cada equipo y sistema al que se enfrentan los mantenedores en cualquier industria o negocio pequeño que se analice.

¿Cómo se establece que una planta, proceso, sistema o equipo, es más crítico que otro? ¿Cuáles criterios se deben utilizar? ¿Todos los que toman decisiones, utilizan los mismos criterios? El Análisis de Criticidad da respuesta a estas interrogantes, dado que genera una lista ponderada desde el elemento más crítico hasta el menos crítico del total del universo analizado. [7]

El Análisis de Criticidad es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, direccionando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante y/o necesario mejorar la Confiabilidad Operacional, basado en la realidad actual. El mismo se basa en la utilización de modelos matemáticos contextualizados. El incumplimiento de esta cualidad en los modelos tiene como riesgo la posibilidad de obtener resultados no representativos del campo analizado. [3,11]

En la literatura se reconocen diferentes modelos como son: el modelo de criticidad obtenido por la Empresa Petróleos de Venezuela SA..PDVSA. [4] y los referenciados por el Dr. Alfredo del Castillo, estos incluyen los modelos de análisis de criticidad del Parque de Equipos Especiales de Aeropuertos y el de análisis de criticidad de los Subsistemas Objetos de Mantenimiento en la Instalación Hotelera "NH Parque Central". En el caso de la Empresa de Petróleos de Venezuela, las variables utilizadas en el modelo están referidas a la Frecuencia de falla, Seguridad, Ambiente, Producción, Costos (operacionales y de mantenimiento) y Tiempo promedio para reparar (TPPR), las que son propias del sistema estudiado. Por otra parte, el modelo del Parque de Equipos Especiales tiene como variables fundamentales la Detectabilidad, los impactos al tráfico aéreo y los costos operacionales. Por último, el modelo de la Instalación Hotelera incluye como variables a las pérdidas de imagen, el servicio y las penalizaciones, las cuales cobran un valor importante en este caso. A ellas se unen las frecuencias de fallas. Del análisis de los modelos antes mencionados, se puede deducir que cada uno tiene que estar referido a un campo de investigación específico.

En otros artículos revisados [1, 2, 5, 11] se demuestra también la necesidad de contar con modelos personalizados a los campos de investigación

El uso de plaguicidas sintéticos, como única alternativa para el control de plagas, ha conllevado al desarrollo de alternativas no químicas producto de los costos del uso de éstas para algunos cultivos, como por ejemplo el arroz de riego en Asia, que ya están superando los beneficios [10], además del impacto y consecuencias ambientales y de salud, las cuales aún no son totalmente reconocidas. Los plaguicidas sintéticos causan crecientes problemas en el control mismo de las plagas. Hoy en día existen, para muchos, cultivos y ecosistemas del mundo y la tecnología para producir cultivos con conceptos alternativos para el control de plagas. Estos conceptos llegan de los cultivos biológicos u orgánicos que no usan ningún producto sintético al manejo integrado de plagas o del cultivo que acepta el uso de plaguicidas sintéticos como última alternativa.

Las plantas de productos biológicos presentan una serie de características distintivas, que las hacen diferentes de otros procesos. La consideración de tales características durante el diseño del sistema de mantenimiento de estas instalaciones es sumamente importante. Entre estas particularidades deben citarse las siguientes [6]:

- Plantas de producción no continuas, producciones por lotes, aunque en diferentes momentos se trata de conjugar los procesos para disminuir tiempo de trabajo.
- Los períodos de obtención de un producto desde el inicio hasta la obtención final del mismo oscila entre 3 y 14 días, por lo que se necesita alta disponibilidad del equipamiento. Una vez comenzado el proceso, cualquier rotura conllevaría a la pérdida del producto.
- Equipamiento especializado, de alta complejidad y costos, es muy difícil la duplicidad de equipos básicos.
- Alta seguridad operacional, al trabajar con microorganismos vivos cualquier accidente o vertimiento trae consigo contaminaciones ambientales o afectaciones a los operadores.
- Diferentes grados de accesibilidad a las áreas, las vinculadas directamente con el proceso de producción se encuentra dentro del área certificada, su acceso a ella es a través de un transfer, donde el personal deberá hasta cambiarse de ropa con los diferentes inconvenientes que trae consigo.

- Plantas sujetas a fuertes controles ambientales de los procesos tecnológicos y del estado del equipamiento.

Estos aspectos propios e las plantas de productos biológicos, hacen que los modelos disponibles no reflejen las particularidades que deben cumplir los sistemas y equipos, por lo que surge la necesidad de contar con un modelo que permita jerarquizar los sistemas y activos de estas plantas y que respondan a las características operacionales de las mismas. De ahí que el objetivo que se persigue con el siguiente trabajo es obtener y validar un modelo para el análisis de criticidad y de complejidad de los activos en las plantas de producción de productos biológicos y realizar una clasificación de los activos de acuerdo al índice de criticidad y el índice de complejidad.

Para la obtención y validación de este modelo se tendrá como premisa el trabajo de un equipo multidisciplinario el que realizará las consultas de la materia a especialistas y personal técnico calificado mediante la aplicación de encuestas y entrevistas, que permitirán nivelar y homologar criterios para establecer prioridades y focalizar el esfuerzo que garantice el éxito.

Métodos

En la tabla 1 se muestra un listado de los activos típicos de una planta de producción de bioproductos.

Tabla 1. Listado de equipos

No.	Nombre del Activo	No.	Nombre del Activo
1	Zaranda	18	Bombas
2	Fermentadores de inóculo	19	Maq. Enfriamiento.
3	Fermentadores de producción	20	Conductos
4	Tanques	21	Sopladores
5	Bombas de trasiego	22	Filtros
6	Bombas dosificadoras	23	Caldera
7	Tanques	24	Tanques
8	Centrífuga de discos	25	Reactores
9	Centrífuga alta resolución	26	Bombas
10	Bombas de trasiego (Centrífugas)	27	Piscina
11	Secador	28	Construcción Mampostería
12	Tanques	29	Construcción Metálica
13	Reactores	30	Pisos Drenajes
14	Bombas Centrífugas	31	Divisiones Aluminio
15	Compresores	32	Techos y falsos techos
16	Sopladores	33	Áreas Exteriores.
17	Piscina de residuales		

El estudio de otros modelos de criticidad ya existentes, [1, 2, 5, 11] facilitará la obtención de un modelo que sea satisfactorio para las plantas de productos biológicos. En este se compararán las variables que son objeto de análisis, los criterios que se establecen y el análisis de diferentes ecuaciones que determinen el índice de criticidad y finalmente teniéndose en cuenta las características propias de cada centro y los principales indicadores de impacto típicos de cada actividad, se realizará una jerarquización y ordenamiento que nos puedan sirvan de guía para la obtención de un modelo de referencia..

La elaboración del estudio de análisis de criticidad se realizó a partir de formatos de encuesta que permiten recoger la información de parte de los ingenieros, técnicos y operarios de la planta, ya que no se ha implementado aún un programa de mantenimiento que permita recolectar este tipo de información. En la misma se analizaron todos los factores estudiados en los modelos de criticidad con el fin de obtener las variables características de estas plantas.

El tipo de instrumento seleccionado es una encuesta directa con respuestas graduadas. La gradación permite a cada especialista responder entre diez alternativas (desde una menor, equivalente a 1, hasta la mayor, de valor 10). Los encuestados seleccionarán, de acuerdo a sus criterios y conocimiento, el valor de la puntuación que será asignada a cada indicador, tomando como base las características propias de su campo de acción.

Los riesgos que se corren en este tipo de procesos productivos son muy elevados. Estos requieren en todo momento de buenas prácticas de manufactura dado el trabajo con microorganismos vivos por lo que una falla podría causar graves impactos a la seguridad de las personas así como al medio ambiente.

Además, los procesos de obtención de los bioproductos requieren del empleo de métodos que presentan una variabilidad intrínseca, así que las condiciones de producción y el cumplimiento de buenas prácticas asumen una importancia vital en la obtención del producto final. La reducción de la frecuencia de las fallas implicaría también la disminución del impacto de un activo sobre la producción en el caso de una falla, así como la ocurrencia de otros eventos que repercuten en la confiabilidad operacional de la planta.

El personal seleccionado (ver tabla 2) para formar parte del estudio son trabajadores (especialistas e ingenieros) que están involucrados de manera directa con el proceso productivo de las plantas de bioproductos, siendo 13 el total de especialistas escogidos para el estudio.

De forma general, el personal cuenta con una vasta experiencia, tiempo de trabajo en la entidad, alta preparación en sus funciones así como conocimiento del tema del cual se investiga. Estos participan en la determinación o establecimiento de los criterios/categorías que intervienen o afectan el proceso productivo necesario para la obtención de un modelo para el análisis de criticidad y otro modelo para el de complejidad.

Tabla 2. Personal entrevistado

No	Actividad	Cantidad	Especialidad	Experiencia Profesional
1	Jefe de mantenimiento general.	3	Ingeniero Mecánico	21 años 18 años 13 años
2	Jefe de mantenimiento mecánico.	1	Ingeniero Mecánico	10 años 15 años
3	Jefe de proceso de producción del área.	2	Ingenieros Químicos	20 años 13 años
4	Jefes de turnos del área.	3	2 Ingenieros Químicos 1 Técnico	8 años 11 años 19 años
5	Mecánicos del área.	2	Técnicos Mecánicos	12 años
6	Operarios del área.	2	Técnicos Especialistas	10 años 5 años

El grupo estaba orientado por un moderador (el autor principal de este artículo) para guiar y explicar las características fundamentales del análisis.

Los resultados se confrontaron con un especialista de protección e higiene del trabajo, (ingeniero Industrial con 12 años de experiencia en la rama), para supervisar las evaluaciones realizadas relacionadas con las afectaciones al personal y al medio ambiente.

El análisis de ponderaciones fue el resultado de un estudio efectuado a un conjunto de especialistas vinculados a los procesos propios del campo de investigación. Resultó imposible obtener información de plantas extranjeras similares ya que ya que sobre estos tipos de procesos no se brinda información.

Los valores de ponderación que se tomaron como base fueron los dados por de [2] Fuente: PDVSA E P Occidente 202, transformándose los del criterio de Frecuencia Falla, obtenido del análisis de los distintos equipos, a partir de la interpolación de los criterios de falla dados por los fabricantes y el real después de analizada una data de históricos de cada equipo.

Tanto los criterios que son utilizados para calcular el índice de criticidad, como los de complejidad, tienen el mismo nivel de importancia para estos tipos de plantas, es por eso, que para obtener un grupo más reducido de equipos que se encuentran dentro de la zona de mayor criticidad, se realizó un análisis de criticidad versus complejidad a un grupo de equipos de mayor criticidad y complejidad, para de esta manera ejecutar la acción de mantenimiento de forma priorizada y obtener estos una jerarquía dentro de la lista de equipos que intervienen en el proceso de producción.

Con los valores que se obtienen del resultado de la aplicación de los modelos de criticidad y complejidad, se ordenan en una matriz, (ver figura 1), donde los valores medios permitirán establecer el contenido de los cuadrantes de dispersión de los activos:

- Cuadrante I contiene los equipos de mayor índice de criticidad y de complejidad,
- Cuadrante II los equipos de mayor complejidad y menor criticidad,
- Cuadrante III los equipos de menor complejidad y criticidad y el
- Cuadrante IV los equipos de mayor criticidad y menor complejidad.

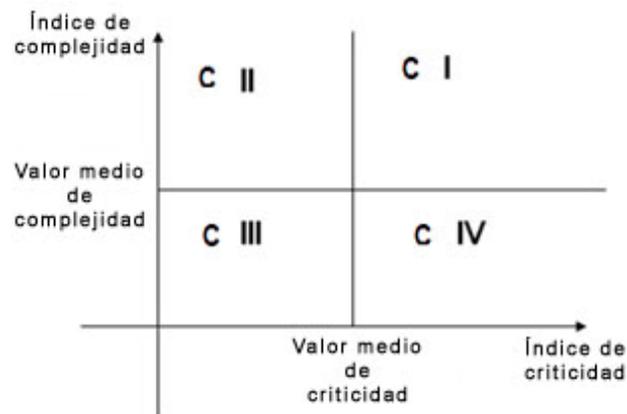


Fig. 1. Gráfico de matriz de criticidad contra complejidad

Diseño de una encuesta para medir el grado de aceptación de la metodología

Como criterio de aceptación del método empleado se desarrolló una encuesta que permitió conocer opiniones de los especialistas sobre la importancia del estudio, consensuar si la metodología es representativa del campo al que se le desea aplicar y determinar si es posible su implementación, así como la utilidad de su utilización.

Para este diseño se tomó como fuente de entrevistados a los especialistas que trabajaron durante la elaboración de los criterios antes evaluados. Se aplicó una encuesta clasificada como no experimental ya que la misma se realizó sin manipular las variables independientes, o sea, se crea un instrumento (encuesta) que evalúa las variables independientes (dimensiones e indicadores a través de ítems) para valorar la variable dependiente o rendimiento (Aceptación de la metodología). [8, 9]. Se utilizó el método desarrollado por *Rensis Likert* [8]. La encuesta se comienza con una explicación del objetivo del trabajo y la forma de registrar su intención de voto.

Variables de diseño de la encuesta:

Variables de salidas o Rendimiento

Aceptación de la metodología

Indicadores, Dimensiones e ítems:

1. Organización del mantenimiento

- Información
 - 1) Se cuenta con la información requerida para solucionar el modelo.
 - 2) La información que se requiera tiene la información requerida.
- Recursos humanos
 - 3) El personal a aplicar el modelo tiene los conocimientos requeridos.
 - 4) Se cuenta con el personal para aplicar el modelo.

2. Estrategias

- Posibilidad de aplicación
 - 5) La industria tiene las condiciones para aplicar el modelo.
 - 6) La gerencia tiene la intención de aplicar el modelo.
 - 7) Si el modelo es propio de los procesos.
 - 8) El modelo caracteriza los procesos tecnológicos.
 - 9) El modelo se ajusta a las particularidades de la planta.

Resultados y Discusión

En la tabla 3, se muestran los resultados de la encuesta con el puntaje asignado a cada criterio por parte de los especialistas.

Tabla 3. Resultados de la encuesta

Indicadores	Total acumulado (%)
Frecuencia de falla (F.F)	99
Impacto a la producción (I.P)	90
Impacto ambiental (I.A)	96
Impacto en la salud y seguridad personal (I.S.S.P)	94
Tiempo promedio para reparar (TPPR)	28
Costos de reparación (C.R)	27
Costos mantenimiento (C.M)	22
Pérdida de imagen (P.I)	18
Impacto satisfacción al cliente (I.S.C)	22
Complejidad productiva (C.P)	86
Complejidad mecánica (C.M)	84
Complejidad ubicacional (C.U)	81
Detectabilidad (D)	91

La selección de los factores se hizo, atendiendo al criterio antes enfatizado, el cual selecciona aquellos cuya frecuencia acumulada sea superior al setenta por ciento (70%).

Modelo obtenido para el cálculo del índice de criticidad

El mismo se obtiene de una fórmula matemática:

$$I.C._{(criticidad)} = (A * Severidad) * (Frecuencia de falla) * (B * Detectabilidad) \quad (1)$$

$$Severidad = Impacto Seguridad + Impacto Ambiental + Impacto Productivo \quad (2)$$

Los coeficientes A y B afectarán los índices a los que están asociados.

A=2 producto a que estas categoría presentan un mayor impacto en el índice de criticidad, los mismos tiene un mayor grado de incidencia en la clasificación en dichas plantas.

B=0.2 producto a que los activos presentan buena instrumentación, da un criterio del estado del proceso por lo que si B fuera un número entero falsearía los resultados a obtener.

Categorías a evaluar en el cálculo de criticidad.

1. Frecuencia de falla (F.F)
2. Severidad:

Las categorías que a continuación se muestran se encuentran enmarcadas en el índice de severidad.

- Impacto productivo (I.P)
- Impacto ambiental (I.A)
- Impacto a la salud y la seguridad personal (I.S.S.P)
- Detectabilidad (D)

Modelo obtenido para el cálculo del índice de complejidad

Categorías a evaluar en el cálculo de complejidad.

1. **I.C. (complejidad) = C.P + C.M + C.U** (3)
2. **Complejidad productiva (C.P):** Evalúa cuán complejo es el activo en su manipulación, el nivel de preparación que debe tener el operador para poder trabajar con el mismo.
3. **Complejidad mecánica (C.M):** Nos brinda un indicador del grado de preparación que debe tener el personal de mantenimiento para ejecutar alguna acción sobre el equipo que se evalúa.
4. **Complejidad ubicacional (C.U):** Existen áreas certificadas que su acceso es a través del transfer, con los inconvenientes que conlleva para el personal de mantenimiento cumplir con las reglamentaciones de esta acción, por lo que la atención a estos activos se hace más complicado.

Con los modelos obtenidos (1, 2 y 3) y utilizando como datos las matrices de ponderaciones descritas en [4] se obtienen los diferentes niveles de criticidad y complejidad para toda la gama de activos.

La figura 2 muestra los resultados de la evaluación del modelo de análisis de criticidad para la gama de equipos que intervienen en el proceso de producción de bioproductos, por medio de una gráfica de columnas agrupadas donde se pueden observar los equipos más críticos determinados por encima del valor medio del total de la muestra, se muestra la Criticidad numérica vs. Referencia de cada equipo.

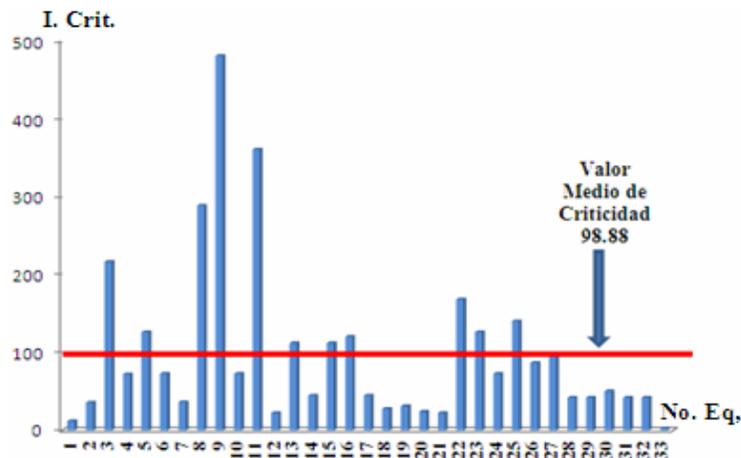


Fig. 2. Resultado gráfico del análisis de criticidad

En el histograma de la figura 3 se muestran los resultados obtenidos de evaluar el modelo de complejidad, resaltándose el valor medio de los mismos.

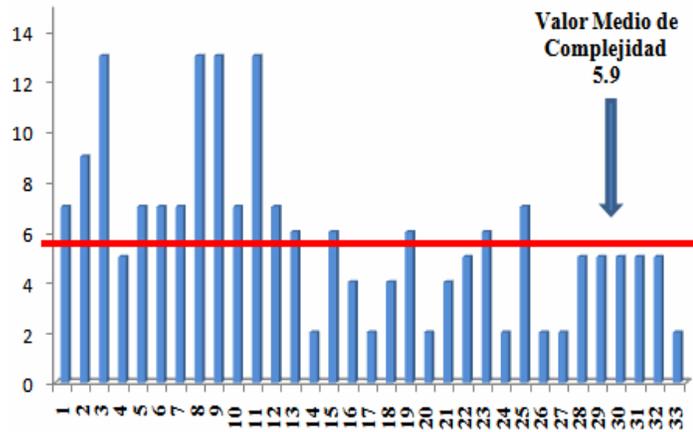


Fig. 3. Resultado gráfico del análisis de complejidad

Matriz de Criticidad vs. Complejidad

Obtenidos los valores de los índices de criticidad y complejidad, para tener un mayor criterio para el ordenamiento de los activos se desarrolló la matriz de Complejidad vs. Criticidad (ver Figura 4), definida por los valores medios de cada índice. Para el ordenamiento de los valores de criticidad se tomó como escala la logarítmica con la finalidad de mejorar la correspondencia de la distribución de ambos índices.

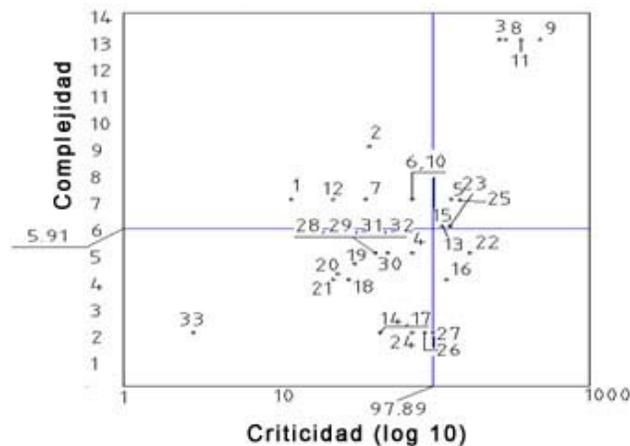


Fig. 4. Disposición de los activos en los cuadrantes de dispersión, así como el resultado del análisis de Criticidad vs. Complejidad

Del análisis de esta matriz se obtiene como equipos de mayor impacto en la criticidad y complejidad (activos ubicados en el Cuadrante I) los siguientes, (ver tabla 4).

Tabla 4. Resumen de los activos dispuestos en el cuadrante I

Número del activo	Nombre del activo
3	Fermentadores de producción
5	Bombas de trasiego (Monopumb)
8	Centrífuga de discos
9	Centrífuga de alta resolución.
11	Secador
13	Reactores de materia primas
15	Compresores de aire
23	Caldera
25	Reactor de residuales

Resultado de la validación de los modelos

La encuesta se aplicó a diez (10) especialistas y como resultado se obtuvo un valor total de 4.15 por lo que se puede declarar que la metodología es aplicable al campo de investigación y que la misma contribuiría a jerarquizar los activos en dichas plantas con el fin de priorizar el mantenimiento de los mismos.

En la figura 5 se muestra gráficamente el resultado de los indicadores y dimensiones contra un valor central (3), en el eje de las "Y" se tendrán los valores de *Likert* y en el eje de las "X" los resultados obtenidos como respuesta al diseño realizado.

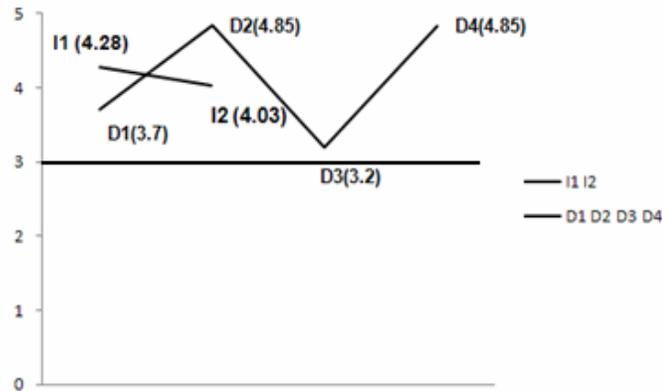


Fig. 5. Gráfico del valor de los Indicadores y Dimensiones vs *Likert*

Conclusiones

- Se demostró la factibilidad del método propuesto de Análisis de Criticidad para obtener una lista jerarquizada de sistemas en las plantas de productos biológicos. Dicha lista garantiza la priorización de esfuerzos y recursos hacia los equipos más críticos. Además, se determinaron los modelos de criticidad y complejidad que caracterizan a estas plantas.
- Como resultado final del estudio de criticidad y complejidad se determinó que los equipos más críticos y complejos dentro de la gama de activos son: fermentadores de producción, bombas de trasiego (*Monopumb*), centrífuga de discos, centrífuga de alta resolución, secador, reactores de materias primas, compresores de aire, caldera, reactor de residuales.
- El análisis de la encuesta arrojó un valor de 4.15, superior al valor central aceptando como conveniente la metodología planteada, corroborada en los resultados obtenidos en los análisis de los indicadores y dimensiones.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a los especialistas y al personal que colaboró en el trabajo con sus respuestas en las encuestas realizadas, a los institutos Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología, CIGB, a la Dirección de procesos Biológicos Cuba 10, del Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar, ICIDCA. y las diferentes plantas de producción que contribuyeron al exitoso desarrollo del presente trabajo.

Referencias

- del Castillo Serpa, A. M., Brito-Ballina, M. L. y Fraga Guerra, E. "Análisis de criticidad personalizados". *Ingeniería Mecánica*. 2009. vol. 12. no.3, p. 1-12. ISSN 1815-5944.
- Mora Gutiérrez, L, *Mantenimiento estratégico para empresas industriales o de servicios*. Antioquia, Colombia: Ultragráficas Ltda., 2006. ISBN 958-33-8218-3.
- Moubray, J. *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad*. Gran Bretaña: Aladon Ltda. 2004. ISBN 095 39603-2-3.

4. Huerta Mendoza, R. "El Análisis de Criticidad, una metodología para mejorar la confiabilidad operacional". *Club de Mantenimiento*. p 12. [Consultado el: 11 de octubre de 2010]
Disponible en: <http://confiabilidad.net/articulos/el-analisis-de-criticidad-una-metodologia-para-mejorar-la-confiabilidad-ope/> .
5. Yañez Medina, M., Gómez de la Vega, H., y Valbuena Chourio, G. *Ingeniería de Confiabilidad y Análisis Probabilístico de Riesgo*. Méjico: Reliability and Risk Management. 2004. ISBN 980-12-12-01116-9.
6. Díaz, C. A. "Estudio sobre las características de la gestión del mantenimiento en las plantas de producción productos biológicos". Tesis de maestría. Facultad de Ingeniería Mecánica. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría. 2008. [Consultado el: 20 de diciembre de 2010].
Disponible en: <http://ceimweb.cujae.edu.cu/> .
7. O'Connor, P. *Practical Reliability Engineering*. 4ta ed. G. B.: J. Willey, 2002.
ISBN 13:978-0-470-84462-5.
8. Hernández, S. R. *Metodología de la Investigación*. 3ra ed. Editorial McGRAWHILL Interamericana. 2006.
ISBN 970-10-3632-2.
9. Hayes Bob E. *Como medir la satisfacción de cliente*. Barcelona, España: Ediciones Gestión 2000. 1999.
ISBN 80 88-391-X.
10. "Hongos Entomopatógenos. Información SANINET". En: *Biological Control: A Guide to Natural Enemies in North America*. USA: Universidad de Cornell. Noviembre de 2008 [Consultado el: 2 de diciembre de 2010].
Disponible en: <http://www.nysaes.cornell.edu/ent/biocontrol/index.html> .
11. Riveros M. L., "Diseño de un sistema de mantenimiento con base en análisis de criticidad y análisis de modos y efectos de falla en la planta de coque de fabricación primaria en la empresa Acerías Paz del Río S.A.". Tesis de maestría. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. 2009.
[Consultado el: 20 de diciembre de 2010]. Disponible en: <http://www.uptc.edu.co> .