

## **Propuesta de un Procedimiento para la Elaboración de un KPI para la Medición de la Bioseguridad en Procesos de Negocio de la Cadena de Suministro Alimenticia. Aplicación en la Industria Mexicana Alimenticia.**

**Ramón Navarrete Reynoso<sup>1,3</sup>, Francisco Cruz Lario Esteban<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup> Centro de Investigación en Gestión e Ingeniería de la Producción (CIGIP), Universidad Politécnica de Valencia, Camino de Vera s/n, Valencia 46022. <sup>1</sup>[ranarey@upvnet.upv.es](mailto:ranarey@upvnet.upv.es),

<sup>2</sup>[fclario@omp.upv.es](mailto:fclario@omp.upv.es)

<sup>3</sup> Universidad del Istmo (UNISTMO), Ciudad Universitaria s/n, Barrio Sta. Cruz 4<sup>a</sup> Sección, Santo Domingo Tehuantepec, Oaxaca, México. <sup>3</sup>[ramonnr@sandunga.unistmo.edu.mx](mailto:ramonnr@sandunga.unistmo.edu.mx)

**Palabras clave:** Bioseguridad, Cadena de Suministro, Gestión de Procesos de Negocio, Modelado de Procesos de Negocio. Modelaje Empresarial, Indicador Clave de Desempeño

### **1. Introducción**

El **Terrorismo Alimentario** ha sido definido por la Organización Mundial de la Salud como “un acto o intento deliberado de contaminación de alimentos para consumo humano con agentes químicos, físicos o microbiológicos con el propósito de causar daño o muerte a poblaciones civiles, o para interrumpir la estabilidad social, política o económica” (WHO, 2008).

La **Bioseguridad** se refiere a los mecanismos de análisis, control y mejora de la prevención de que ocurran estos ataques, por lo que se refiere entonces a una gestión de riesgos. El descuido de este factor, puede provocar una baja visibilidad de los procesos de negocio y un incremento de la probabilidad de contaminación intencional entre los eslabones de la cadena de suministro alimenticia; y por tanto, generar potencialmente altos costes para sus integrantes que la constituyen (Navarrete, et al. 2010).

Por otro lado, en el contexto actual de competencia, todas las empresas necesitan saber a qué nivel y en qué medida están cumpliendo con sus objetivos. La medición del desempeño se ha convertido en una herramienta clave para garantizar que diferentes procesos de negocio dentro de las empresas sean adecuados. En general, se busca evaluar la eficacia, los costes, la flexibilidad o la eficiencia de los procesos de negocio, en el nivel más operativo, para posteriormente realizarlo en los niveles de táctico y estratégico (Alfaro, et al. 2007). Dentro del *Business Process Management* (BPM), los procesos de negocio deben de ser medidos y controlados, como parte de una buena gestión.

Los procesos de negocio donde se involucran el cumplimiento de los criterios de Bioseguridad tendrán dentro de sus objetivos la prevención de la contaminación intencional de los alimentos. La secuencia de algunas de sus actividades (flujo de trabajo y reglas de negocio) están encaminadas a cumplir con las recomendaciones o pautas que la industria alimenticia ha dictado como las medidas más eficaces y efectivas para prevenir la adulteración maliciosa de los alimentos. Como cualquier otro proceso de negocio, tienen que ser medidos y controlados para conocer si son adecuados respecto a sus objetivos establecidos.

Sin embargo, la investigación de la Bioseguridad dentro del contexto de la Gestión de Procesos de Negocio y el Modelado Empresarial se ha profundizado muy poco. Resultado de esto, no se sabe el impacto que este criterio preventivo tiene en los procesos de negocio de la cadena de suministro alimenticia a causa de que se carece de una medida de desempeño para las actividades de prevención de la contaminación intencional. No se tiene una manera definida para cuantificar la Bioseguridad dentro de este tipo de procesos de negocio.

Este artículo propone un **procedimiento para elaborar un Indicador Clave de Desempeño (Key Performance Indicator: KPI)** para medir la Bioseguridad en procesos de negocio, para tener una métrica que le permita a los eslabones de la cadena de suministro alimenticia saber si están cumpliendo sus objetivos y estrategias en materia de Bioseguridad, conforme a los estándares que la industria alimenticia ha dictado como adecuados. La medición se realiza de acuerdo a metodologías científicas probadas en otras áreas de la **Gestión de Riesgos (Risk Management)**, por ejemplo los relacionados con la seguridad industrial o la inocuidad alimenticia. Para verificar el indicador propuesto, se aplica en una **empresa del sector alimentario mexicano, de la zona del Bajío, y su cadena de suministro** de tres eslabones (proveedor-fabricante-cliente).

## 2. KPI Propuesto para la Medición del Riesgo de Contaminación Intencional

Ante la complejidad de las actividades terroristas y sus efectos potenciales hacia el suministro alimentario, se han desarrollado herramientas preventivas. Una de ellas es el **Manejo del Riesgo Operacional: MRO (Operational Risk Management:ORM)**. Tiene su origen en el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, como un sistema de administración del riesgo operacional para aumentar la seguridad de las instalaciones militares y su personal. Ya que esta institución proporciona el soporte para la preservación de la seguridad en los Estados Unidos, su gobierno a través de su Departamento de Salud y Servicios Humanos (*Department of Health and Human Services: DHHS*), la Administración de Alimentos y Drogas de los Estados Unidos (*US Food and Drug Administration: FDA*) y el Centro para la Bioseguridad y la Nutrición Aplicada (*Center for Food Safety and Applied Nutrition*); establecieron el MRO como una herramienta que forma parte importante de su visión y estrategia en la prevención y protección contra el Terrorismo Alimentario (**DHHS, 2001**).

El MRO comparte similitudes con otras herramienta utilizadas en el ámbito de estudio de la Gestión de Riesgos. Con el HACCP (*Hazard Analysis and Critical Control Points*), aplicado en los eslabones de las cadenas de suministro alimenticias para el análisis de los riesgos de una adulteración accidental de los alimentos y la preservación de la inocuidad de los mismos (**Arvanitoyannis et al. 2009**). También tiene similitudes con el HAZOP (*Hazard and Operability*), que se utiliza en el análisis de riesgos operacionales para la prevención de accidentes industriales (**Cagno et al. 2002**). Las herramientas de análisis de riesgos

mencionadas tienen validez científica y son ampliamente aceptadas en todo el mundo (**Rasco, et al. 2007**).

A partir de estas herramientas, se propone un **KPI de Bioseguridad elaborado** a partir del procedimiento que adapta algunos de los elementos del MRO, HACCP y HAZOP. Se encuentra alineado con la perspectiva de integración y visión de procesos de negocio a través de los límites funcionales de las organizaciones, ya que el indicador de desempeño se puede aplicar sobre los procesos de negocio inter o intra empresariales, en lugar de hacerlo sobre un área funcional, etapa de producción o equipo de una sola empresa.

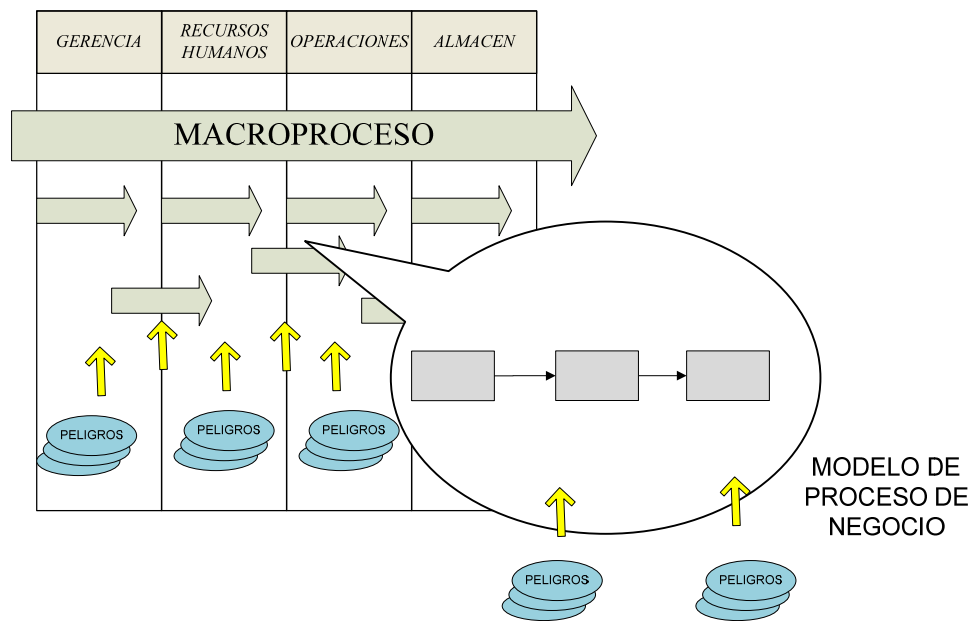
En general, la propuesta del procedimiento para la elaboración del KPI de Bioseguridad consta de **tres etapas**: una etapa de **identificación de peligros** de contaminación intencional en los procesos de negocio, otra de **evaluación de sus riesgos**, y una última, que corresponde al **cálculo del KPI de Bioseguridad** del proceso de negocio.

Hay que tomar en cuenta que el procedimiento para la elaboración del **KPI de Bioseguridad** propuesto es un trabajo muy extenso y consumidor de tiempo, porque requiere que se compruebe en los procesos de negocio todos los posibles daños, internos de la empresa y externos de su cadena de suministro, contra todas las posibles **peligros de terrorismo alimentario**. Por otro lado, hay que reconocer que la mayoría de las organizaciones, ni cuentan con personal técnico específico, ni con recursos económicos o mucho menos con suficiente tiempo.

Un **equipo multidisciplinar** formado por miembros de la empresa (o su cadena de suministro) viene a suplir esta deficiencia, sumando conocimientos y experiencias en campos diferentes de los procesos de negocio, orientados todos al mismo fin. El equipo de personas que ejecuta el procedimiento, que pueden ser los actores del proceso de negocio concreto o un equipo multidisciplinar de expertos (llamado “equipo de Bioseguridad”). El producto final, es una medida del **nivel del desempeño en Bioseguridad** de los procesos de negocio, indicando que tan buenos son respecto a la prevención del terrorismo alimentario, facilitando el conocimiento del grado de cumplimiento de los objetivos estratégicos en materia de Bioseguridad dentro de los eslabones de la cadena de suministro alimenticia.

Entonces, lo que se pretende con el enfoque es analizar las actividades de los procesos de negocio de una organización y su cadena de suministro que están en más en peligro de sufrir un daño por algún impacto negativo de una contaminación intencional, generar su **KPI de Bioseguridad**, para posteriormente ser capaz de tomar las decisiones y medidas adecuadas para la superación de las vulnerabilidades y la reducción de los riesgos en los procesos de negocios futuros.

La **primera fase** es la **identificación de los peligros** de contaminación intencional para los **procesos de negocio** propone el **análisis** de los mismos, por lo que se pueden usar **modelos** que describan y representen gráficamente. Sobre este tema son útiles los trabajos de **Aguilar-Savén (2004)**, **Neiger y Churilov (2005)**, **Sanchis et al. (2009)** y **Navarrete et al. (2010)**; en la que se citan una serie de propiedades que ayudan al diseñador a elegir una herramienta o técnica de modelado apropiada. El objetivo es evaluar la vulnerabilidad de los procesos de negocio al identificar los peligros que representan puntos de vulnerabilidad en las actividades, donde puede ocurrir la contaminación intencional de los alimentos en la empresa o su cadena de suministro alimenticia (véase figura 1).



**Figura 1.** Identificación de peligros utilizando un modelo de procesos de negocio.

De esta manera, los modelos de procesos de negocio sirven para el **análisis e identificación** de los **peligros** de terrorismo alimentario implicados en las actividades. Se enlistan estos peligros encontrados para cada proceso de negocio, realizando una descripción detallada que facilite su entendimiento, por lo que deberá ir orientada a definir claramente la vulnerabilidad en las actividades.

Es importante establecer la diferencia entre “**riesgo**” y “**peligro**”. El “**peligro**” es aquello que puede ocasionar un daño o mal, mientras que el “**riesgo**” queda definido como la probabilidad de un daño futuro. El “**peligro**” es, por consiguiente, una situación potencial que de hecho existe, mientras que el “**riesgo**” es una probabilidad de daño. Sin embargo, en su uso cotidiano ambos conceptos se suelen confundir (Belland et al. 2010).

En la **segunda fase** del procedimiento, se realiza la **evaluación de riesgos**. Se adaptan algunos elementos del MRO, pero bajo una visión de procesos de negocio y cadena de suministro. Para cada **peligro** de contaminación intencional identificado en los procesos de negocio se determina cuantitativamente el riesgo y un valor de Bioseguridad, de acuerdo a tres ámbitos de medida: **severidad, probabilidad y exposición** (DHHS, 2001; Belland et al. 2010). El primer aspecto clave para la evaluación de un riesgo es la **severidad**. Se refiere a señalar su potencial de daño interno (la propia empresa alimentaria) y externo (su cadena de suministro). El daño puede ser físico, psicológico, político o económico (Brummer, 2003).

Se pueden usar algunas herramientas del campo de conocimiento de la **Gestión de Riesgos** (*Risk Management*). Algunas de ellas pueden ser utilizadas para evaluar riesgos respecto a la severidad, probabilidad o periodos de tiempo, para posteriormente clasificarlos y priorizar las acciones para su mitigación. Se pueden mencionar como algunas de las mejores: *Failure Modes and Effects Analysis* (FMEA), *Fault Tree Analysis* (FTA), diagramas *Ishikawa* (diagramas “causa y efecto”) o análisis “*What if...?*”. Durante esta fase, se han realizado preguntas clave dentro del equipo de Bioseguridad establecido, tales como: ¿cuál es el

impacto en la entidad?, ¿en su cadena de suministro?, ¿en las personas?, ¿en las ventas?, etc. Las respuestas proporcionarían información cualitativa valiosa para la determinación cuantitativa de la vulnerabilidad. (DHHS,2001; Belland et al. 2010).

Consecuencia del análisis, se determina el **grado de severidad**, que en general puede ser:

- A) **Catastrófico**: falla completa en la entidad o eslabones de la cadena de suministro, debido a que la contaminación ocasiona muertes.
- B) **Crítico**: degradación mayor de la imagen de la entidad o en la cadena de suministro, ya que la contaminación produce severas enfermedades.
- C) **Moderado**: degradación menor de la imagen de la entidad o entidades de la cadena de suministro, ya que la contaminación produce daños menores.
- D) **Insignificante**: mínima degradación de la imagen de la entidad o entidades de la cadena de suministro, y consecuencias menores.


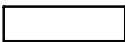
El segundo aspecto importante de la evaluación de un riesgo es la **probabilidad**. Se refiere a la valoración de la probabilidad de ocurrencia de todos los factores causales, ya que algunos riesgos pueden suceder con frecuencia y otros casi nunca. Se pueden usar algunas herramientas para la Gestión de Riesgos, la experiencia de los participantes o la evaluación de datos históricos. Consecuencia del análisis, el **grado de probabilidad** pudiera ser:

- A) **Frecuente**: se deduce que el riesgo se presenta continuamente durante un periodo definido de tiempo (que puede ser la duración promedio de la vida profesional de los participantes, unos 30 años) y se considera que la población está constantemente expuesta a las consecuencias derivadas del riesgo evaluado.
- B) **Probable**: ocurre varias veces durante el periodo definido de tiempo y la población está expuesta regularmente.
- C) **Ocasional**: puede ocurrir en ciertas ocasiones durante el periodo de tiempo establecido y la exposición a la población es esporádica.
- D) **Raro**: escasamente probable la ocurrencia, aunque aun posible. La exposición sobre la población o recursos es anormal.
- E) **No probable**: Tan improbable, que se puede asumir que no ocurrirá y la exposición de la población no es significativa.

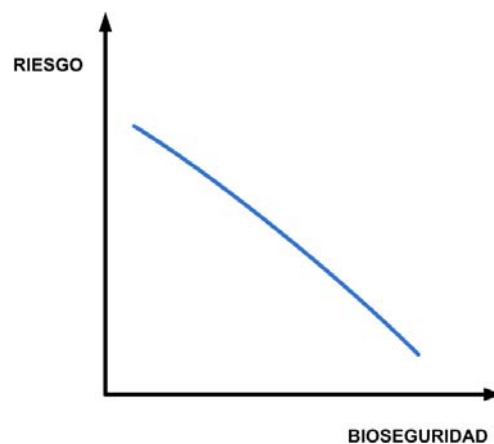
Junto con la probabilidad, se considera el tercer aspecto importante para la evaluación del riesgo: la **exposición**. Se refiere al número de personas o recursos afectados por un evento dado (o por eventos repetidos) durante un periodo de tiempo. La información se origina mediante diferentes herramientas, como son: encuestas, observaciones, inspecciones, etc. Usando la **matriz de evaluación** (véase tabla 1), se identifica la **severidad** y la **probabilidad** de cada riesgo. El **grado de exposición** influye en la modificación de los valores de severidad o probabilidad de un riesgo, aumentándolos o disminuyéndolos, para así ubicarlo en el valor correcto dentro de la matriz de evaluación.

**Tabla 1.** Matriz de evaluación de riesgo. Fuente: adaptado de DHHS(2001).

			PROBABILIDAD				
			Frecuente	Probable	Ocasional	Raramente	No Probable
			A	B	C	D	E
SEVERIDAD	Catastrófico	I	1	2	6	8	12
	Crítico	II	3	4	7	11	15
	Moderado	III	5	9	10	14	16
	Insignificante	IV	13	17	18	19	20

Extremadamente alto		Medio	
Alto		Bajo	

La **Bioseguridad** es **inversamente proporcional** al **riesgo**. La figura 2 muestra una **correlación negativa**, de modo que al incrementarse los valores de una variable (Bioseguridad), los valores de la otra variable disminuyen (riesgo). Por lo tanto, se puede observar que entre más alto es el riesgo (vulnerabilidad de terrorismo alimentario) menor los valores de Bioseguridad obtenidos (actividades de prevención y protección de que ocurran estos ataques).



**Figura 2.** Grafica que muestran la correlación negativa entre las variables Bioseguridad y riesgo de terrorismo alimentario. Fuente: elaboración propia.

Se categoriza el valor cuantificado en la matriz de evaluación para cada riesgo de terrorismo alimentario identificado en el proceso de negocio. Los **valores de Bioseguridad** obtenidos van del **1** al **20**. Se establecen **rangos** correspondientes a las **categorías de riesgo**.

**Tabla 2.** Clasificación de los valores de riesgo. Fuente: adaptado de DHHS(2001).

Valor de Bioseguridad evaluado	Categoría del riesgo
1-3	Extremadamente alto

4-8	Alto
9-13	Medio
14-20	Bajo

Se realiza una **tabla de resultados**, donde se reúne la información generada de la evaluación de riesgos para cada proceso de negocio. Se coloca la información de cada uno de los **peligros** identificados del proceso de negocio, la información cualitativa y cuantitativa generada de la **evaluación del riesgo** de cada peligro, los **valores de Bioseguridad** obtenidos y las **categorías de riesgo** correspondientes a los valores de Bioseguridad en el proceso de negocio.

En la **última fase** del procedimiento, se realiza el **cálculo del KPI de Bioseguridad**. Al describir el grupo de **valores de Bioseguridad** que corresponden a cada uno de los peligros evaluados en el proceso de negocio, es conveniente resumir la información con un solo número. Estadísticamente, este número que, para tal fin, tendría que situarse hacia el centro de la distribución de datos. De acuerdo a las características de los datos, se utiliza a la **media aritmética** como medida de tendencia central más sencilla y representativa de un valor único para esta serie de datos. El **KPI de Bioseguridad** del proceso de negocio corresponde a la **media aritmética redondeada** de todos los **valores de Bioseguridad** generados de la **evaluación de sus riesgos** derivados de los **peligros** de terrorismo alimentario identificados. Por medio del proceso de redondeo se eliminan los decimales dejando solo un número entero.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_i = \frac{a_1 + a_2 + \dots + a_n}{n} \quad (1)$$

Donde  $\bar{x}$  = KPI de Bioseguridad del proceso de negocio

$a$  = valor de Bioseguridad del proceso de negocio

$n$  = número de valores de Bioseguridad en el proceso de negocio derivado de la evaluación de riesgos de cada peligro identificado

Finalmente se obtiene el **Indicador Clave de Desempeño** (*Key Performance Indicator: KPI*) para medir la **Bioseguridad** en el proceso de negocio de la cadena de suministro alimenticia. Los indicadores posibilitan la elaboración de procedimientos de implementación, análisis y mejora de la Bioseguridad en procesos de negocio, utilizando modelos actuales (modelos AS IS) y buscando la generación de modelos mejorados (modelos TO BE).

### 3. Aplicación del procedimiento propuesto para la elaboración del KPI de Bioseguridad, resultados y conclusiones

El procedimiento propuesto hace posible medir cuantitativamente los riesgos de contaminación intencional de los procesos de negocios de la cadena de suministro alimenticia, proporcionando la información clave para su gestión. La propuesta se ha aplicado en una **empresa alimenticia** y su **cadena de suministro** de 3 eslabones (proveedor-productor-cliente), de la **zona geográfica del Bajío, México**.

De acuerdo con la revisión de la literatura, se seleccionaron los procesos de negocio que se consideran que presentan una **mayor vulnerabilidad** de terrorismo alimentario. El listado completo de los procesos de negocio se puede observar en la tabla 4. Estos procesos de negocio se encuentran dentro de las operaciones de **recepción de materias primas e insumos**, el **almacenamiento de productos terminados** y su **embarque**. Durante estas actividades críticas se presentan la mayor parte de los **peligros** de contaminación intencional.

La propuesta del procedimiento para la elaboración del KPI de Bioseguridad, señala que en la **primera fase** se realiza la **identificación de los peligros** de contaminación intencional en los **procesos de negocio**. Como parte integrada a la metodología de **BPM (Business Process Management)** propuesta en **Navarrete et al. (2010)** se verificó la incidencia de las visiones AS IS y TO BE, y se realizó el **análisis** de los procesos de negocio para elaborar los **modelos** que los describan y representen gráficamente. El modelado de los procesos de negocio vulnerables al terrorismo alimentario puede ayudar a identificar los peligros de contaminación intencional, evaluar los riesgos de estos peligros y mejorar la Bioseguridad dentro de los mismos en las empresas de la cadena de suministro alimenticia (véase figura 3)

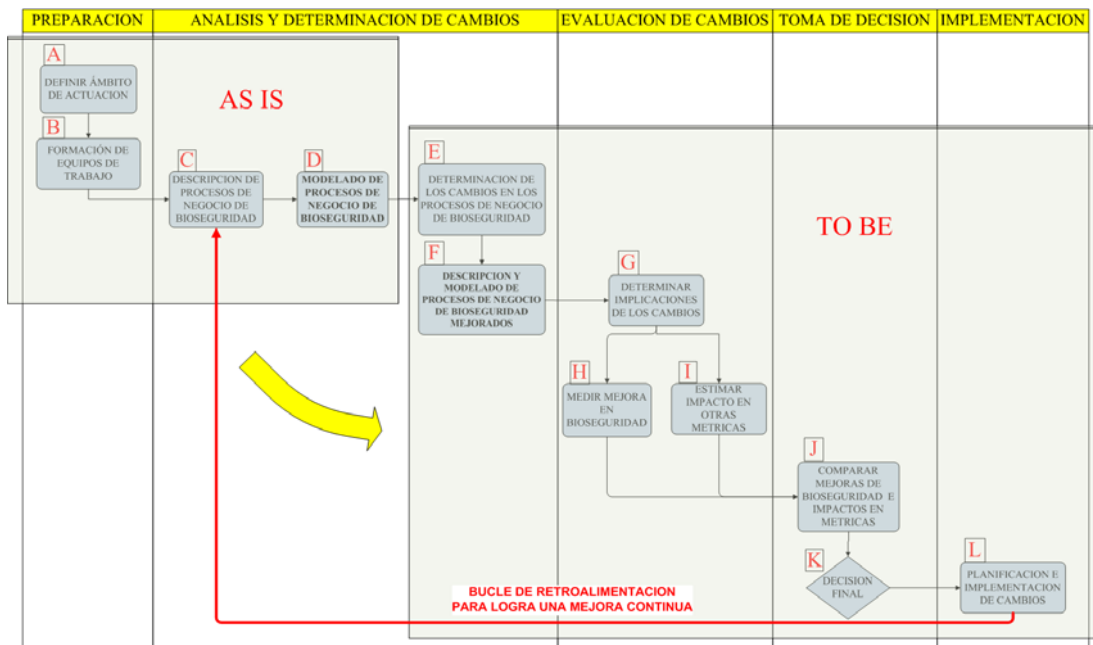
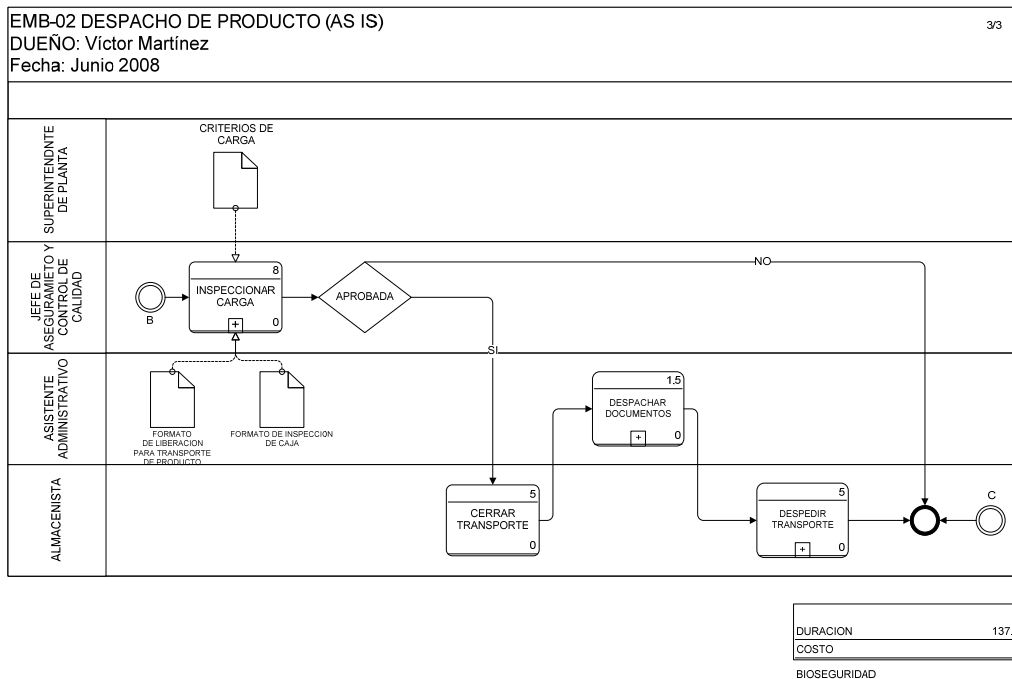


Figura 3. Fases del nivel detallado de la metodología de BPM utilizada. Fuente: Navarrete y Lario 2010.



En los **modelos de proceso de negocio**, ya sea que correspondan a la fase actual (AS IS) o en la fase futura (TO BE), se identifican los **peligros** en las actividades donde puede ocurrir la contaminación intencional de los alimentos en la empresa o su cadena de suministro alimenticia. El uso del software **Visio** permitió agilizar la labor del modelado, pero sobre todo, replicar la situación real de los procesos de negocio con la aplicación de la técnica de modelado **BPMN**, que es el estándar utilizado para el **Business Process Management** (véase figura 4).



**Figura 4.** Un modelo parcial del proceso de negocio EMB-02 en fase AS IS, realizado en Visio, con el estándar BPMN. Fuente: elaboración propia.

En la **segunda fase** del procedimiento, se realizó la **evaluación de riesgos**. Para cada peligro de contaminación intencional identificado en los procesos de negocio de la fase previa se realiza un **análisis cualitativo**, que tiene por objeto la descripción detallada de la situación de vulnerabilidad que produce el peligro identificado en el proceso de negocio. Luego, se realiza un **análisis cuantitativo** de la vulnerabilidad del proceso de negocio, de acuerdo a los tres ámbitos de medida señalados: **severidad, probabilidad y exposición**.

Se pueden usar las herramientas del campo de conocimiento de la **Gestión de Riesgos** (Risk Management). Para ubicar los valores en la matriz de evaluación de riesgos (véase tabla 2) el **equipo de Bioseguridad** utilizó algunas de estas herramientas, se investigó en la literatura existente y en datos históricos. Por consenso, el **equipo de Bioseguridad** cuantificó la **severidad, probabilidad y exposición** de cada peligro identificado. Se determinó entonces su **valor de Bioseguridad** y su **categoría de riesgo**.

Para cada proceso de negocio se realizó un resumen a manera de tabla donde se mostró la información recopilada para la fase de **evaluación de riesgos**. Un esquema de este tipo es el que se muestra en la tabla 3.<sup>1</sup>

Finalmente, en la última fase del procedimiento se realizó el cálculo del KPI de Bioseguridad para cada proceso de negocio, utilizando la ecuación (1) de la media aritmética y el redondeo del resultado. Los resultados de los KPI's de Bioseguridad de los procesos de negocios analizados muestran porcentajes de mejora de hasta un 125%, comparando las fases AS IS y TO BE de los procesos de negocio analizados (véase tabla 4 y figura 5).

**Tabla 4.** Valores del KPI de Bioseguridad para los procesos de negocio. Fuente: elaboración propia.

Clave	Nombre del proceso	KPI de Bioseguridad en fase AS IS	KPI de Bioseguridad en fase TO BE
RMP-01	Recepción de materia prima amoníaco	9	14
RMP-02	Recepción de materia prima bióxido de carbono	10	14
RMP-03	Recepción de materia prima carbonato de magnesio	10	14
RMP-04	Recepción de materia prima empaque (sacos)	10	14
RMP-05	Recepción de materia prima empaque (supersacos)	14	18
RMP-06	Recepción de materiales generales	4	9
RMP-07	Evaluación de proveedores de materia prima amoníaco	4	9
RMP-08	Evaluación de proveedores de materia prima bióxido de carbono	7	10
RMP-09	Evaluación de proveedores de materia prima carbonato de magnesio	4	9
RMP-10	Evaluación de proveedores de materia prima empaque (sacos)	10	14
RMP-11	Evaluación de proveedores de materia prima empaque (supersacos)	10	14
RMP-12	Gestión de materia prima no conforme	10	14
RMP-13	Gestión de material no conforme	11	14
RMP-14	Gestión de servicio no conforme	11	14
APT-01	Gestión de almacenamiento de producto	9	14
APT-02-01	Gestión de almacenamiento de materias primas (a granel)	9	14
APT-02-02	Gestión de almacenamiento de materias primas (envasada)	10	14
APT-03	Gestión de almacenamiento de materiales	9	16
APT-04	Evaluación de proveedores de servicios logísticos	9	14
APT-05	Gestión de producto no conforme	7	10
EMB-01	Gestión de liberación de producto	9	14
EMB-02	Gestión de despacho de producto	4	9
EMB-03	Gestión de seguridad de transporte de producto	4	9

Se observa también que la inclusión de actividades extra para la mejora de la Bioseguridad en los procesos de negocio analizados en la fase TO BE incrementa la duración de estos procesos, algunos considerablemente. Con respecto a los costes estimados durante la ejecución de los procesos de negocio, no se observan diferencias significativas entre las fases AS IS y TO BE.

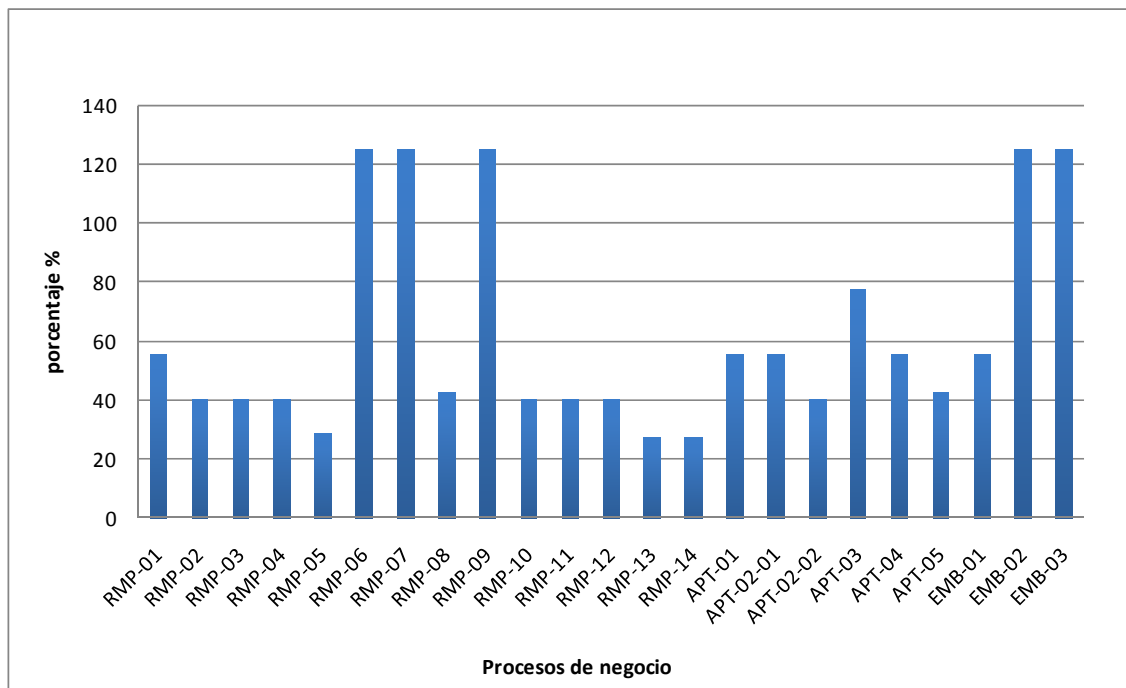
---

<sup>1</sup> Por cuestiones de confidencialidad y Bioseguridad, la empresa alimentaria donde se ha aplicado la metodología de BPM para la generación de los modelos ha decidido solo permitir la publicación del análisis de riesgo de sus procesos de negocio de Bioseguridad de forma parcial y a manera de ejemplo.

**Tabla 3.** Un esquema parcial de la información generada de la evaluación de riesgos del proceso de negocio RMP-01. Fuente: elaboración propia.

Identificación del peligro	Evaluación del Riesgo	Categoría de Riesgo / valor de Bioseguridad
a) Los operadores de los transportes no registran su entrada a la empresa	<p>a) <i>Análisis cualitativo de la vulnerabilidad:</i> al no registrarse dato alguno (al menos el nombre del operador, su firma y su identificación oficial), es posible que el personal que opera el transporte pudiera ser un probable agresor y tenga la intención de realizar un acto de terrorismo alimentario. Sin un registro, no se puede verificar que se controle la entrada de los vehículos y operadores.</p> <p><i>Análisis cuantitativo de la vulnerabilidad:</i> se considera el riesgo de una <i>severidad crítica</i> porque puede afectar un gran número de consumidores finales en degradación de la imagen de las entidades de la cadena de suministro alimenticia. Se estima que si el agresor se enfoca a un lote de amoníaco de 20 toneladas podría llegar a afectar unas 60 toneladas de producto final. La <i>posibilidad</i> de que un evento se presente se considera poco probable (<i>raro</i>), ya que históricamente no han ocurrido contaminaciones similares, es muy difícil hacerlo sobre una pipa de amoníaco presurizado y su manejo se requiere equipo especial. Finalmente, la cantidad de producto contaminado es grande pero la velocidad de consumo por los clientes es lenta, por lo que el nivel de exposición es mínimo.</p>	a) medio/11
b) Los operadores de los transportes no se les verifica algún documento que avale su identidad.	<p>b) <i>Análisis cualitativo de la vulnerabilidad:</i> no se realiza la verificación de la identidad de los operadores de los transportes. Es posible que el personal que opera el transporte pudiera ser un posible agresor y tenga la intención de contaminar el material alimentario.</p> <p><i>Análisis cuantitativo de la vulnerabilidad:</i> la <i>severidad</i> y el potencial de impacto de este riesgo se considera <i>crítico</i>, porque puede degradar la imagen de toda la cadena de suministro alimenticia al afectar una cantidad considerable de personas. La probabilidad se estima como rara, ya que no se han identificado epidemias asociadas con la contaminación de un lote de amoníaco. La exposición es mínima, por las características del consumo del producto y el posicionamiento del la empresa en la cadena de suministro.</p>	b) medio/11
c) No se verifican que las pipas que arriban se encuentran selladas o con un candado para salvaguardar su integridad.	<p>c) <i>Análisis cualitativo de la vulnerabilidad:</i> no se valida la integridad del material transportado por medio del uso de sellos o candados que aseguren que el amoníaco entregado no haya sido manipulado en el eslabón previo de la cadena alimentaria o durante su transporte. De acuerdo con la literatura revisada, este es uno de los más graves descuidos en los mecanismos de prevención de adulteraciones intencionales.</p> <p><i>Análisis cuantitativo de la vulnerabilidad:</i> la <i>severidad</i> es crítica porque el evento afectaría una gran cantidad de personas, con un impacto significativo en las entidades de la cadena de suministro alimentaria y pérdidas económicas de consideración. Aunque no hay antecedentes de contaminación de amoníaco durante su transporte exista una probabilidad de ocurrencia alta debido a la exposición es elevada por el alto grado de recurrencia de estos eventos (en promedio cuatro entregas al mes).</p>	c) alto/4

En líneas futuras de investigación, se trabajará en como introducir el indicador en un Sistema de Medición de Desempeño, que permita una perspectiva integral, así como en analizar las relaciones con otros elementos de medición en cada eslabón de la cadena de suministro.



**Figura 5.** Porcentajes de mejora del KPI de Bioseguridad. Fuente: elaboración propia.

## Referencias

- Aguilar-Savén R.S. (2004). Business process modeling: review and framework. *International Journal of Production Economics*, n°. 90, pp 129-149.
- Alfaro J.; Ortíz A.; Poler R. (2007). *Performance measurement system for business processes*, *Journal of the Production Planning & Control*, vol. 18, no. 8, pp. 641-654.
- Arvanitoyannis, I.; Varzakas T.H. (2009). *Application of ISO 22000 and comparison with HACCP on industrial processing of common octopus*. *International Journal of Food Science and Technology*, no° 44, pp. 58-78.
- Belland K.M.; Olsen C.; Lawry R. (2010). Carrier Air Wing Reduction Using a Human Factors Classification System and Risk Management. *Aviation Space and Environmental Medicine*, vol. 81, no°11, pp. 1028-1032.
- Brummer, B. (2003). Food Biosecurity. *Journal of the American Dietetic Association*, vol. 103, n°. 6, pp. 697-691.
- Cagno E.; Caron F.; Mancini M. (2002). *Risk Analysis in plant commissioning: the multilevel HAZOP*. *Reliability Engineering & System Safety*.
- Department of Health and Human Services, DHHS (2001). *Food safety and security: operational risk management approach*, US Food and Drug Administration, Center for Food Safety and Applied Nutrition, Estados Unidos.
- Navarrete, R.; Lario F. (2009). Modelo de gestión de la bioseguridad, basado en procesos de negocio de la cadena de suministro. Aplicación en la industria mexicana de los alimentos. XIII Congreso de Ingeniería de Organización, 3<sup>rd</sup> *International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management*, Barcelona España.

Navarrete, R.; Lario F. (2010). Propuesta de una Metodología para el Modelado AS IS y TO BE de Procesos de Negocio de Bioseguridad (Terrorismo Alimentario), dentro del Contexto de la Cadena de Suministro. Aplicación en la Industria Mexicana Alimentaria. XIV Congreso de Ingeniería de Organización, 4<sup>th</sup> *International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management*, Donostia-San Sebastian, España.

Neiger, D.; Churilov, L. (2005). A notion of a useful process model revisited: a process design perspective. *International Conference on Business Process Management*, III ed., Nancy.

Rasco, B.; Bledsoe G. (2007). *Short Summary on Food Defense*, International Union of Food Science & Technology, Ontario, Canada.

Rodríguez R.; Alfaro J.; Ortiz A. (2010). *Building internal business scenarios based on real data from a performance measurement system*, *Journal of the Technological Forecasting & Social Change*, vol. 77, pp. 50-62.

Sanchis, R.; Poler, R.; Ortiz, A. (2009). Técnicas para el Modelado de Procesos de Negocio en Cadenas de Suministro. *Información. Tecnológica*, vol.20, n. 2, Chile.

*United States Department of Agriculture, USDA (2008). Developing a Food Defense Plan for Meat and Poultry Slaughter of Processing Plants. Biosecurity Guidelines*, 2008.

Valle, P.; Girard, A.; Saldate, O. (2007). Defensa Alimentaria “*Food Defense*”. *Revista Mundo Lácteo y Cárnico*, Septiembre/Octubre 2007.

World Health Organization, WHO (2008). *Terrorist Threats to Food: Guidance for Establishing and Strengthening Prevention and Response Systems*. Department of Food Safety, Zoonoses and Foodborne, 2008.