

# Guía para la gestión de los riesgos tecnológicos para las empresas adherentes al proceso APELL del D.E.I.P Barranquilla

## Guide for the management of technological risks for companies adherent to the APELL process of D.E.I.P Barranquilla

Jesús M. Consuegra Gutiérrez

Magister en Ciencias Ambientales, Profesor Asociado Tiempo Completo, Facultad de Ingeniería, Grupo de Investigaciones "Proquibios", Universidad del Atlántico, Barranquilla - Colombia

E-mail: [jesusconsuegra@mail.uniatlantico.edu.co](mailto:jesusconsuegra@mail.uniatlantico.edu.co)

Recibido 17/04/2017

Aceptado 30/05/2017

Cite this article as: J. M. Consuegra, "Guide for the management of technological risks for companies adherent to the APELL process of D.E.I.P Barranquilla", *Prospectiva*, Vol 15, N° 2, 96-106, 2017.

### RESUMEN

En este estudio se presenta el desarrollo de una guía metodológica para identificar las amenazas tecnológicas de las empresas adherentes, al igual que las amenazas sociales y naturales de su área de influencia; construir los escenarios potenciales de riesgos; evaluar los riesgos asociados para cada factor de vulnerabilidad definido (víctimas, daños ambientales, pérdidas económicas, pérdidas debidas a la suspensión de la operación de la planta y pérdida de prestigio); elaborar la matriz de aceptabilidad de riesgos de la empresa; determinar los escenarios que requieren o no un plan de emergencias y contingencias detallado para su control y la elaboración de los Procedimientos Operativos Normalizados (PONS) e Instructivos Operativos Normalizados (IONS). Lo anterior con el propósito de unificar los criterios de las empresas adherentes al Proceso Apell de Barranquilla (Departamento del Atlántico) en la gestión integral de los riesgos tecnológicos. La aplicación de la metodología desarrollada a 19 empresas adherentes al proceso APELL, evidenció la factibilidad para la elaboración del mapa de riesgos tecnológicos de las empresas objeto del estudio y se pudo concluir que la guía desarrollada, además de involucrar las variables más preponderantes para el análisis de vulnerabilidad, es aplicable a cualquier empresa, independiente de su actividad económica, tamaño y razón social.

**Palabras clave:** Amenaza tecnológica; Riesgo de accidente mayor; Análisis de vulnerabilidad; ALOHA.

### ABSTRACT

In this study we present the development of a methodological guide to identify the technological threats of the member companies, as well as the social and natural threats of their area of influence; to construct potential risk scenarios; to evaluate the associated risks for each defined vulnerability factor (victims, environmental damage, economic losses, and losses due to the suspension of the operation of the plant as well as loss of prestige); to elaborate the risk acceptability matrix of the company; to determine those scenarios that may or may not require a detailed emergency and contingency plan for its control and the elaboration of Standardized Operating Procedures (SOP) and Standardized Operative Instructions (SOI). This review is review is for the purpose of unifying the criteria of the companies adhering to the Apell Process of Barranquilla (Department of the Atlántico) in the integral management of technological risks. The application of the methodology developed to 19 companies adhering to the APELL process, showed the feasibility for the mapping of technological risks of the companies which are objective of this study and it was possible to conclude that the guide developed, besides involving the most preponderant variables for the analysis of vulnerability, is applicable to any company, regardless of their economic activity, size and company name.

**Key words:** Technological threat; Risk of major accident; Vulnerability analysis; ALOHA.

## 1. INTRODUCCIÓN

Las fallas en los sistemas de gestión de la seguridad de procesos han demostrado ser mortales, altamente contaminantes del medio ambiente y costosas [1], tal como lo evidencian los accidentes industriales ocurridos desde 1974; dos ejemplos de los más ilustrativos ocurridos en 1984; el primero de ellos, el 19 de noviembre en San Juanico, México (explosión de varios contenedores de GLP, con saldo de 600 muertos, más de 7000 heridos y más de 13 millones de libras esterlinas en pérdidas económicas), y el segundo, el 3 de diciembre en Bhopal, India (emisión de 40 toneladas de isocianato de metilo, con saldo de más de 2000 muertos, decenas de miles de heridos, contaminación de los cuerpos de agua y del suelo y más de 100 millones de libras esterlinas en pérdidas económicas) [2].

Los accidentes, con frecuencia, son una combinación de raros eventos que se suelen asumir como independientes y de difícil coincidencia en el tiempo. Uno de los métodos de protegerse contra ellos es implementando múltiples e independientes capas de protección que hagan más difícil que dichos eventos conlleven a pérdidas de vidas humanas, contaminación ambiental y pérdidas económicas catastróficas. Es, por lo tanto, fundamental que, desde el inicio de un proyecto y en su etapa de explotación y mantenimiento, se dispongan de dichas capas de protección perfectamente estructuradas, sujetas a procedimientos y mantenidas en una idea muy simple: no poner todos los huevos en la misma canasta [1, 3]. "Layer of protection analysis, LOPA" [3, 4], propuesto en la década de los 90 e introducido por primera vez en 1993 en el libro "Guidelines for Safe Automation of Chemical Process", publicado por "Center of Chemical Process Safety (CCPS); es un método semicuantitativo de análisis de riesgos, que provee una base consistente para controlar el riesgo generado por un accidente en un escenario determinado, si el riesgo estimado no es aceptable, se deberán adicionar más capas de protección. Las capas de protección que contempla el método son: diseño y entrenamiento de los operadores; control básico de procesos; alarmas críticas y operación manual; sistema de seguridad instrumentado automatizado; dispositivos de alivio; diques de contención; procedimientos de respuesta a emergencias y respuesta de la comunidad. Cuando se alcanza esta última capa, es porque el evento se pudiera considerar catastrófico. Método que también puede ser utilizado para "predecir accidentes" y en consecuencia para "evitar que ocurran o vuelvan a ocurrir" [4-7].

Las estadísticas de los "accidentes tecnológicos" evidencian que los accidentes en los procesos industriales continúan ocurriendo, lo que significa que no se han generado estrategias para su prevención, control y mi-

tigación efectivas [1, 8], muy a pesar de las "lecciones" que nos ha dejado cada accidente ocurrido en el pasado. Estas estrategias gerenciales tienen su origen en 1985; a raíz de los accidentes de Bhopal y San Juanico México, la Asociación Canadiense de la Industria Química, promulga el programa de "Responsible Care", con el propósito de prevenir, controlar y mitigar los riesgos tecnológicos, que se ha venido transformando en un proceso de mejora continua en los campos de protección ambiental y salud ocupacional; desde 2004 fue llevado a la categoría de Sistema de Gestión Integral [9]. Esta iniciativa fue adoptada en Colombia en 1994 y es coordinada por Acoplásticos, la Asociación Nacional de Industriales (ANDI) y el Consejo Colombiano de Seguridad (CCS) [10].

El Sistema de Gestión de Responsabilidad Integral (SGRI), proporciona a las empresas miembros una estructura para integrar todas las iniciativas y programas de gestión ambiental, salud y seguridad (EHS&S) y otros que las empresas hayan adoptado o planean adoptar hacia el futuro tales como ISO 14000, ISO 9000, OHSAS 18000, SA 8000, ISO 26000, BASC, Buenas Prácticas de Manufactura-BPM, Control de Pérdidas, Pacto Global de Naciones Unidas, SAICM. El alcance actual del SGRI satisface más del 85% de los requisitos de ISO 14001, cerca del 75% de OHSAS 18001, cerca del 70% de SA 8000 y más del 50% de ISO 9001. Dicho alcance ira ampliándose progresivamente para cubrir completamente las exigencias de ISO 14001 y OHSAS 18001 con el fin de facilitar las auditorías conjuntas a fin optimizar recursos y esfuerzos; y les permite además administrar integralmente los riesgos asociados al negocio, y al mismo tiempo, obtener mayor valor agregado, mayor transparencia, reconocimiento y apoyo de los terceros interesados.

El SGRI se sustenta en tres grandes pilares: los principios directivos, los códigos de prácticas gerenciales y el sistema de seguimiento y evaluación. Los principios directivos, para asegurar el compromiso de la alta gerencia con la mejora continua del conocimiento, funcionamiento de las tecnologías, procesos y productos en sus ciclos de vida; utilizar los recursos naturales de forma eficaz y minimizar la generación de residuos. Los códigos de prácticas gerenciales, para que las empresas miembros puedan planear e implementar en forma integrada las actividades, procesos, productos y servicios; se han definido siete códigos. El Sistema de Seguimiento y Evaluación, con el propósito de que las empresas miembros puedan evaluar periódicamente su avance en la implementación del SGRI y establecer metas cada vez más exigentes [9, 10]. Los siete códigos de prácticas gerenciales definidos son:

Código 1. Preparación de la comunidad para respuesta a emergencias. Con el objeto de desarrollar las es-

trategias necesarias para involucrar y dialogar con los empleados y representantes de la comunidad, respecto a las actividades tendientes a garantizar la seguridad, la salud, el ambiente y las respuestas a emergencias, mediante:

- El aseguramiento que en todas las instalaciones donde se desarrolle una actividad productiva, de almacenamiento o comercializadora, se inicie y se mantenga un programa de integración con la comunidad, que permita comunicar la información que satisfaga sus preguntas e inquietudes acerca de seguridad, salud y protección del ambiente.
- La protección a los trabajadores y a la comunidad, asegurando que cada instalación posea un plan coordinado de respuesta a emergencias, que permita minimizar el impacto a la comunidad, al ambiente y a los bienes materiales en el caso de un evento inesperado.

Código 2. Distribución y transporte. Con el propósito de reducir los riesgos para la salud, seguridad y ambiente de los empleados y de la comunidad, provenientes del transporte y distribución de productos, insumos, sustancias químicas y materiales de desecho, incluyendo las actividades de almacenamiento, manipulación, transferencia y reenvase de éstas. Con el objeto de:

- Promover el mejoramiento en la concientización y en la preparación de los empleados para prevenir emergencias en la distribución.
- Optimizar el desempeño en seguridad de los transportadores y otros proveedores de servicios en distribución y el entendimiento del público, incrementando su confianza sobre los esfuerzos de la industria para mejorar la seguridad en el proceso de distribución del producto.
- Aplicar el Código de Distribución y Transporte a todos los medios de transporte terrestre, marítimo, fluvial, aéreo, por oleoductos y férreo, y embarque de todos los productos, insumos y sustancias químicas incluyendo los desechos provenientes del ciclo de fábrica de los mismos.

Código 3. Seguridad del proceso. Con el objeto de prevenir y controlar incendios, explosiones y emisiones de sustancias peligrosas en las operaciones de manufactura, almacenamiento y movimiento de los productos, insumos, sustancias químicas y desechos en el interior de las instalaciones.

Código 4. Protección ambiental. Con el objeto de aplicar las estrategias necesarias para lograr reducciones permanentes de emisiones y desechos evitando el deterioro y preservando el ambiente, la salud y la seguridad de empleados y comunidad, haciendo uso

eficiente de los recursos naturales y armonizando las relaciones entre el entorno natural y urbano.

Código 5. Acompañamiento del producto. A fin de administrar los negocios de la industria de tal manera que sus productos no causen daño a la integridad o a la salud de las personas o al ambiente, en ninguna de las etapas de su ciclo de vida, desde su diseño, manufactura, venta, distribución y conversión, hasta su uso y disposición final. Lo anterior incluye:

- Establecer procesos y procedimientos para el gerenciamiento de riesgos en todas y cada una de las etapas del ciclo de vida de los productos.
- Influenciar a proveedores, maquiladores, transportadores, distribuidores, transformadores y clientes, para que estos hagan un manejo, manipuleo, almacenamiento, reciclaje y disposición de las sustancias químicas de manera adecuada, responsable y segura.
- Inducir la incorporación de las prácticas de Responsabilidad Integral por parte de proveedores, maquiladores, transportadores, distribuidores, transformadores, clientes y demás personas que tengan relación con las empresas.

Código 6. Salud y seguridad de los trabajadores. Con el propósito de proteger la salud y promover la seguridad de todas las personas que laboren o visiten las instalaciones de la empresa.

Código 7. Seguridad física y de la información. Con el objeto de ayudar a las compañías a lograr un mejoramiento continuo del desempeño en Seguridad Física y de la Información, basado en la gestión de riesgos para identificar y evaluar las amenazas y vulnerabilidades, prevenir o mitigar los riesgos que puedan traducirse en incidentes, mejorar el entrenamiento y la capacidad de respuesta y mantener y mejorar las relaciones con las partes interesadas claves. Este código debe implementarse teniendo en mente que la Seguridad Física y de la Información es una responsabilidad compartida que requiere acciones por parte de terceros, entre los cuales están clientes, proveedores, contratistas y organismos del gobierno. Todos los que formen parte de la cadena de valor tienen responsabilidades en Seguridad Física y de la Información y deben actuar en consecuencia para salvaguardar el interés público.

En 1987, El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) en cooperación con la Asociación de la Industria Química de los Estados Unidos (CMA) y el Consejo Europeo de las Federaciones de la Industria Química (CEFIC), promulga el Proceso Apell (Awareness and Preparedness for Emergencies at Local Level), con el propósito de ayudar a los gobiernos y en particular a aquellos países en vía de desarrollo a reducir el número de los accidentes y emergencias tec-

nológicas y sus efectos nocivos sobre la salud pública y el medio ambiente. Este programa se constituye, sin lugar a dudas, en una excelente estrategia para guiar al gobierno nacional, autoridades locales y gerentes industriales sobre la manera y los medios para concientizar y sensibilizar a la comunidad y a sus líderes acerca de los riesgos tecnológicos de su área de influencia, así como también en una valiosa herramienta para la preparación de planes de emergencia y contingencias [11]. En Barranquilla es propuesta por un grupo de empresas de la industria química en 1991 y con el apoyo de la ANDI dieron inicio al Proceso APELL las siguientes empresas: Colterminales, Chemical Transporte, Dupont Colombia, Monómeros Colombo Venezolanos, Química Nalco de Colombia, Rohm and Haas de Colombia, Shell de Colombia, entre otras [12].

En Colombia la gestión de los riesgos tecnológicos es una exigencia tanto corporativa como un requisito legal de obligatorio cumplimiento consagrado en la normativa sanitaria, ambiental y de seguridad y salud en el trabajo, que coadyuva a la empresa adherente al cumplimiento de su responsabilidad social; que debe integrarse con los consejos municipales de gestión del riesgo de desastres, y en la que deben involucrarse las comunidades del área de influencia de los diferentes sectores industriales, donde estén localizadas organizaciones empresariales con instalaciones expuestas a riesgos de accidente mayor, cumpliendo con “el derecho internacional que les asiste a las comunidades de conocer los riesgos a los cuales se exponen”.

**Tabla 1.** Formato de información básica.

**Table 1.** Basic information format.

Empresa			
1. Información básica			
Dirección			
Municipio			
Teléfono			
Sector			
Grado de riesgo según ARL			
Área de la empresa			
Tiempo de funcionamiento			
Número de turnos			
Número de trabajadores fijos			
Número de trabajadores temporales			
2. Áreas de impacto vecinas			
Norte			
Sur			
Este			
Oeste			
3. Sustancias químicas			
Nombre de la sustancia	Estado físico	Destino	Cantidad promedio en Stock
4. Almacenamiento de sustancias químicas			

Teniendo en cuenta lo anterior, el propósito de ese estudio es elaborar una guía para la gestión de los riesgos tecnológicos para las 38 empresas adherentes al Proceso APELL del D.E.I.P de Barranquilla, que permita unificar los criterios de gestión del riesgo y pueda ser aplicada eficazmente por cada una de las organizaciones empresariales, independiente del sector industrial al que pertenece, químico, agroquímico, petroquímico, transporte de mercancía peligrosa y/o terminales de hidrocarburos.

## 2. METODOLOGÍA

La metodología utilizada en este estudio se enmarcó en la propuesta por la NTC-ISO 31000: 2011 (Gestión del Riesgo. Principios y Directrices), la cual incluyó:

### 2.1 Determinación del contexto para cada empresa (interno, externo y del proceso de gestión del riesgo)

Para lo cual se realizó una entrevista y aplicó una encuesta donde se identificó la actividad económica y razón social; cantidades de materiales peligrosos en almacenamiento, en proceso y/o en el transporte; la política y objetivos corporativos respecto a la gestión del riesgo; estructura organizacional y los procedimientos para la preparación y respuesta ante emergencias y recursos disponibles para su prevención, control y mitigación; existencia de planes de ayuda mutua, planes de capacitación y entrenamiento para las brigadas de emergencias (tabla 1).

Nombre de la sustancia	Tipo de recipiente	Capacidad del recipiente	Número de recipientes
5. Prevención y preparación para emergencias			
¿Cuál de los siguientes eventos son posibles en su empresa?			
Evento	Respuesta	Comentario	
Fuga			
Derrame			
Incendio			
Explosión			
¿Cuenta la empresa con planes para la preparación y respuesta ante emergencia?			
¿Con qué recursos cuenta la empresa para la preparación y respuesta ante emergencias?			
¿Cuándo realizó su más reciente simulacro de emergencia?			
¿Tiene la empresa suscrito un plan de ayuda mutua?			

Fuente. Consuegra Gutiérrez Jesús. Plan de contingencias empresarial, Barranquilla, 2015.

## 2.2 Definición de los criterios de valoración de los riesgos

La identificación de los peligros para la salud, de seguridad y para el medio ambiente de cada sustancia peligrosa involucrada, se desarrolló utilizando los siguientes instrumentos: la Hoja de Seguridad de los Materiales (MSDS) [13]; el Sistema de Identificación de Riesgos de Materiales Peligrosos [14], el Sistema Globalmente Armonizado de Sustancias químicas [15]; el análisis histórico de accidentes de cada empresa y el análisis global de peligros [16] y el software ALOHA 5.4.5 (Areal Locations of Hazardous Atmospheres): programa computarizado que, junto a MARPLOT, constituyen las dos aplicaciones principales de CAMEO.

Éste último es un Software desarrollado por la Administración Nacional Oceanográfica y Atmosférica (NOAA) y la Agencia de Protección Ambiental de los

Estados Unidos (EPA) que ayuda a organizar la información necesaria para administrar la planificación y respuesta ante emergencias por accidentes químicos [17]; permite evaluar escenarios de descarga accidental, o liberación de sustancias químicas peligrosas y predecir su dispersión en la atmósfera; incluye la simulación de nubes de gas tóxico, BLEVEs, jet fires, pool fires y explosiones de nubes de vapor. Los escenarios de riesgo se identificaron aplicando el método de análisis de riesgo por proceso (tabla 2) y el nivel y aceptabilidad del riesgo a través del análisis de vulnerabilidad de cada escenario de riesgo en función de la probabilidad y las consecuencias potenciales en cada factor de vulnerabilidad establecido víctimas, daño ambiental, pérdidas económicas, pérdida de prestigio y la suspensión de la operación de la planta [18] (tablas 3 y 4). Para cada sustancia química identificada como potencial amenaza se elaboró una matriz de riesgos (tabla 5).

**Tabla 2.** Identificación de amenazas por procesos.

**Table 2.** Threats' identification by processes.

ÁREA	PROCESO	PRODUCTOS	EQUIPAMIENTO	AMENAZAS

Fuente: Consuegra Gutiérrez Jesús. Plan de contingencias empresarial, Barranquilla, 2015.

**Tabla 3.** Escala de valoración relativa de la probabilidad.**Table 3.** Relative valorative scale of probability.

FRECUENCIA	CASOS POR AÑO	PROBABILIDAD	VALOR DE PROBABILIDAD
Muy difícil que ocurra	0.0001 casos / año ( $1 \times 10^{-4}$ )	Imposible	1
Muy baja posibilidad de ocurrencia	0.001 caso / año ( $1 \times 10^{-3}$ )	Improbable	2
Limitada posibilidad de ocurrencia	0.01 casos/ año ( $1 \times 10^{-2}$ )	Remoto	3
Ha ocurrido pocas veces	0.1 casos / año ( $1 \times 10^{-1}$ )	Ocasional	4
Ha ocurrido varias veces	1 caso / año ( $1 \times 10^0$ )	Moderado	5
Alta posibilidad de ocurrencia	10 casos / año ( $1 \times 10^1$ )	Frecuente	6

Fuente: referencia [18].

**Tabla 4.** Escala de valoración relativa de la gravedad de las consecuencias.**Table 4.** Relative severity scale of consequences.

DESCRIPCIÓN	EVALUACIÓN CUALITATIVA	VALORACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS
Las consecuencias no afectan el funcionamiento del sistema; consecuencias despreciables; pérdidas mínimas o no financieras; problemas de operación.	Insignificante (Baja)	1
Las consecuencias afectan en forma leve al sistema; consecuencias moderadas; heridas reportables en el sitio y menos de 1 millón de dólares en pérdidas.	Marginal (Moderada)	2
Las consecuencias afectan parcialmente al sistema en forma grave; consecuencias considerables; daños a la propiedad, parada de planta, accidente con pérdida de tiempo; más de 1 millón de dólares en pérdidas.	Crítica (Alta)	3
Las consecuencias afectan en forma total al sistema, pudiendo afectar la estabilidad del mismo; consecuencias de gran magnitud; muertes o graves daños a la salud o integridad física dentro y fuera del sitio; daños a la propiedad; daños a terceros; contaminación ambiental; más 10 millones de dólares en pérdidas.	Catastróficas (Severas)	4

Fuente: referencia [18].

**Tabla 5.** Matriz de Peligros de Sustancias Químicas.**Table 5.** Hazards' s Matrix of Chemical Substances.

Sustancia	Cantidad	Amenazas	Peligro de seguridad	Peligro para la salud	Peligro para el ambiente

### 2.3 Procesamiento de datos, elaboración de la matriz de riesgos y matriz de aceptabilidad de riesgos para cada empresa

Para el análisis de riesgo por escenario se desarrolló la matriz probabilidad vs consecuencias para cada factor de vulnerabilidad definido, víctimas, impacto ambiental, pérdidas económicas (esta se adaptó a cada empresa de acuerdo a su capital económico), imagen corporativa y operación de la planta (tablas 6, 7, 8, 9, 10). La evaluación de las consecuencias de cada escenario de riesgo se hizo adaptando el modelo propuesto por [18, 19]. La "Matriz de Aceptabilidad de Riesgos" tiene por objeto la determinación de las zonas de "aceptabilidad" de los riesgos para el sistema, sobre la

base de la matriz de riesgos del sistema; en ella se definen los niveles de riesgos, tal como: Zona Aceptable, Zona Tolerable y Zona Inaceptable [19].

Niveles de Riesgo (NR): La ubicación de un escenario dentro de la Matriz de Riesgos determinará la prioridad relativa en su gestión; por ejemplo:

- **ACEPTABLE.** Un escenario situado en esta región de la Matriz, significa que la combinación Probabilidad-Gravedad no representa una amenaza significativa, por lo que no amerita la inversión inmediata de recursos y no requiere una acción específica para su gestión. No se hace Plan de emergencia para el factor vulnerabilidad considerado en el escenario.

- **TOLERABLE.** Un escenario situado en esta región de la Matriz, significa que, aunque deben desarrollarse actividades para la gestión sobre el riesgo, ésta tiene una prioridad de segundo nivel. Se desarrolla un Plan de Emergencia de tipo “General”.
- **INACEPTABLE.** Un escenario situado en esta región de la Matriz, significa que se requiere siempre desarrollar acciones prioritarias para su gestión, debido al alto impacto que tendrían sobre el sistema. Requieren un Plan de Emergencia “Detallado” (Procedimientos Operativos Normalizados, PONS y los Instructivos Operativos Normalizados, IONS. Jesús Consuegra Gutiérrez. Plan de Contingencias. Barranquilla, 2015).

Con base en los niveles de vulnerabilidad definidos como Aceptables, Tolerables e Inaceptables, se construye una “Matriz de aceptabilidad” para el sistema. Para construir la Matriz de Aceptabilidad del Riesgo del sistema, se definen los “Límites de Aceptabilidad” en función de la vulnerabilidad; para las empresas adherentes se establecieron los siguientes Niveles de Riesgo (NR).

- Nivel Aceptable: Hasta una vulnerabilidad menor al 15.00% (color verde).
- Nivel Tolerable: Una vulnerabilidad entre el 15.00% y el 30.00% (color amarillo).
- Nivel Inaceptable: Una vulnerabilidad mayor al 30.00% (color rojo).

**Tabla 6.** Valoración de la gravedad para víctimas.

**Table 6.** Victim severity assessment.

GRAVEDAD	DESCRIPCIÓN	VALOR
Insignificante	Sin lesiones, o lesiones leves sin incapacidad	1
Marginal	Lesiones leves con incapacidad temporal	2
Crítica	Lesiones graves con incapacidad parcial y/o total permanente	3
Catastrófica	Muertes al interior y/o exterior de la instalación	4

Fuente: Adaptada por el autor de la Guía de Kolluru and Bartel. Plan de contingencia empresarial, Barranquilla 2015.

**Tabla 7.** Valoración de la gravedad para daño ambiental.

**Table 7.** Severity assessment for environmental damage.

GRAVEDAD	DEFINICIÓN	VALOR
Insignificante	No hay contaminación significativa de cuerpos de agua, aire, suelo y/o ecosistemas	1
Marginal	La contaminación de cuerpos de agua, aire, suelo y/o ecosistemas afecta solamente a áreas internas de la instalación	2
Crítica	La contaminación de cuerpos de agua, aire, suelo y/o ecosistemas afecta áreas externas	3
Catastrófica	La contaminación de cuerpos de agua, aire, suelo y/o ecosistemas afecta a la comunidad	4

Fuente: Adaptada por el autor de la Guía de Cesar Duque. Plan de contingencia empresarial, Barranquilla. 2015.

**Tabla 8.** Valoración de gravedad para pérdidas económicas.

**Table 8.** Severity assessment for economic losses.

GRAVEDAD	DEFINICIÓN	VALOR
Insignificante	Menores a \$ 1.000.000	1
Marginal	Entre \$ 1.000.000 y \$ 10.000.000	2
Crítica	Entre \$10.000.000-300.000.000	3
Catastrófica	Más de \$ 300.000.000	4

Fuente: Adaptada por el autor de la Guía de Cesar Duque. Plan de contingencia empresarial, Barranquilla, 2015.

Observación: esta escala se define para cada empresa en particular de acuerdo a su capital económico.

**Tabla 9.** Valoración de la gravedad para la imagen de la empresa.**Table 9.** Severity rating for company image.

GRAVEDAD	DEFINICIÓN	VALOR
Insignificante	El incidente es controlado por la empresa y solo es de conocimiento de la empresa.	1
Marginal	El incidente es controlado por la empresa con la participación de los cuerpos especializados de ayuda externa y es de conocimiento local.	2
Crítica	El incidente es potencial de una calamidad pública y es de conocimiento nacional.	3
Catastrófica	El incidente es potencial de un desastre y es de conocimiento internacional.	4

Fuente: Adaptada por el autor de la Guía de Cesar Duque. Plan de contingencia empresarial, Barranquilla, 2015.

**Tabla 10.** Valoración de gravedad para la operación.**Table 10.** Severity assessment for operation.

GRAVEDAD	DEFINICIÓN	VALOR
Insignificante	Suspensión hasta de tres (3) días	1
Marginal	Suspensión entre cuatro (4) y diez (10) días	2
Crítica	Suspensión de once (11) a veinticinco (25) días	3
Catastrófica	Suspensión mayor a veinticinco (25) días	4

Fuente: Cesar Duque. Barranquilla, 1995. Plan de contingencia empresarial, 2015.

#### 2.4 Formulación de los Procedimientos Operativos Normalizados (PONS) e Instructivos Operativos Normalizados

Para los escenarios inaceptables en cada empresa, sobre la base de las propiedades fisicoquímicas, tóxicas y ecotóxicas de cada sustancia involucrada en cada proceso, se elabora un PONS, por cada escenario situado en la región de inaceptabilidad de la matriz y un IONS por cada sustancia química involucrada en cada proceso.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El desarrollo del modelo conceptual de la Guía se constituye en uno de los resultados más relevantes del macro proyecto de investigación "Elaboración del mapa de riesgos tecnológicos y diseño del plan de contingencias para la empresas adherentes al proceso Apell del D.E.I.P de Barranquilla" que se adelanta desde el año 2010, en convenio interinstitucional entre la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Atlántico y el Proceso Apell del D.E.I.P de Barranquilla, por constituirse en una herramienta técnica administrativa que facilitó la elaboración del mapa de riesgos tecnológicos y la formulación de los Procedimientos Operativos Normalizados (PONS) e Instructivos Operativos Normalizados (IONS) para 19 de las 38 empresas adherentes [20, 21]. Variables preponderantes para su diseño fueron el tiempo para su implementación, los costos, la confiabilidad de los resultados después de su aplicación y la más importante, que el Proceso Apell de Barranquilla, la aprobara como la metodolo-

gía a utilizar en las empresas adherentes. Se consideraron opciones como la de utilizar el método Preliminary Hazards Analysis (PHA), propuesto por Awareness and Preparedness for Emergencies at Local Level (APELL), sin embargo, desde el punto de vista metodológico, no resultó eficaz esta alternativa por tratarse de un modelo de evaluación de riesgos absolutamente cualitativo, que además de no ser sistemático, es poco estructurado y no provee la información pertinente para la gestión integral del riesgo.

A continuación, se describe el modelo conceptual utilizado en la guía.

- **Objetivo:** unificar criterios en las empresas adherentes al Proceso Apell en cuanto a la planificación y respuestas ante emergencias.
- **Conocimientos preliminares:** para facilitar su comprensión el lector encontrará un glosario, y los instrumentos para la comunicación de peligros de los materiales peligrosos, entre otros: Sistema de Clasificación de las Naciones Unidas, Sistema Globalmente Armonizado, Hoja de Seguridad de Materiales, Tarjeta de Emergencia, NFPA 704: 2017 y la Guía de Respuestas a Emergencias (GRE: 2016).
- **Requisitos legales aplicables:** se identifican los requisitos legales que, en materia ambiental, sanitaria y de seguridad y salud en el trabajo ha reglamentado Colombia y vigentes a mayo de 2016, aplicables a Planes de emergencia y de contingencias.
- **Determinación del contexto interno y externo de la empresa objeto de estudio:** se identifican las características de la empresa adherente que deben ser

evaluadas para determinar cuál es su vulnerabilidad frente a las amenazas tecnológicas, naturales y/o sociales. Entre otras: si es zona industrial, residencial, comercial, o mixta; determinar qué espacios de alta densidad poblacional como colegios, iglesias, centros comerciales, centros de atención médica, parques, y otras edificaciones que se encuentren cerca de su área de influencia y que puedan generar riesgos adicionales; planos a escala con distribución en planta por piso de la edificación, con la identificación de las vías de ingreso principales y alternas, vías aledañas a la organización, las rutas de evacuación, salidas de emergencias, puntos de reunión, distribución de extintores, distribución de botiquines de primeros auxilios, las distancias de recorrido desde cada área o sección hasta los puntos de reunión y sistemas de detección y control de incendios. La facilidad de acceso a las instalaciones, incluyendo, ancho de las vías públicas y privadas de la empresa, dificultades debidas al tráfico y la topografía del terreno, localización de los cuerpos externos especializados para la atención y control de emergencias de la localidad y las posibles rutas y localización de los recursos externos para el control de emergencias. Las características de las instalaciones de la empresa, que incluyen, el sistema de contraincendios, red eléctrica, sistemas de ventilación mecánica, ascensores, sótanos, red hidráulica sanitaria, transformadores, plantas eléctricas, escaleras de uso común, zonas de parqueo, vías de evacuación, número de salidas (dimensiones y ubicación), sistema de apertura de puertas; sistema de iluminación de emergencia, señalización utilizada, reacción y resistencia al fuego de los materiales de construcción. Las medidas de seguridad en edificaciones y medios de evacuación, que incluye, la verificación del cumplimiento de la instalación con el Código de Seguridad Humana (NFPA 101: 2015) y la NTC 1700: 1982, en cuanto a salidas de evacuación, escaleras de emergencia, iluminación de evacuación, sistemas de protección especiales, número de personas que normalmente ocupan las instalaciones como trabajadores, contratistas (carga ocupacional fija), los visitantes y los clientes (carga flotante), número máximo de personas permitido por área (carga ocupacional), personas con discapacidad, distancias de recorrido, tiempo de evacuación, medios de evacuación, entre otros requerimientos. Las actividades, procesos y productos de la empresa, que incluye, el análisis de los diagramas de flujo por proceso, para facilitar la identificación de las amenazas tecnológicas por proceso. El inventario del entorno que potencialmente podría resultar afectado, flora, fauna, ecosistemas y comunidades circunvecinas. El inventario de los recursos físicos y humanos disponibles en la empresa y los disponibles por el plan de ayuda

mutua que tenga suscrito la organización, para la prevención, control y mitigación de emergencias. Extintores portátiles, con su respectiva clasificación; lo cual incluye: sistemas de detección y control automático, sistema de alarma de evacuación y su codificación, sistema de iluminación de emergencias, sistemas de comunicación y responsables, botiquín de primeros auxilios con la descripción de los materiales e insumos y responsables, sistemas de señalización de emergencias, sistemas de monitoreo de gases y registro de calibración actualizado, sistema para el control de derrames y descontaminación, equipos de respiración auto contenido, Hojas de Seguridad (MSDS) de las Sustancias Químicas y Tarjetas de Emergencia, directorio telefónico de emergencias. herramientas y equipos varios, como linternas, copia de llaves, cinta de demarcación de áreas, megáfonos, brigada de primeros auxilios, brigada contraincendios y contra derrames, brigada de rescate, grupos de apoyo externo, entre otros.

- Análisis de riesgos y vulnerabilidad: identificación de las amenazas por proceso a través del análisis exhaustivo de los materiales, las actividades y procesos, incluyendo las variables de operación y los sistemas de control; complementado con el análisis histórico de accidentes. Se incluye un ejemplo práctico para cada etapa del análisis. Construcción de los escenarios de riesgo, los cuales son el resultado de la combinación de una amenaza específica con cada área o proceso evaluado. Definición de los factores de vulnerabilidad: víctimas, daño ambiental, pérdidas económicas, pérdida de imagen (prestigio) y la suspensión de la operación de la planta. Definición de las escalas de valoración para la probabilidad de ocurrencia de las amenazas y la magnitud de sus consecuencias para cada factor de vulnerabilidad, para cada escenario de riesgo. Lo que permite identificar los escenarios aceptables, tolerables y/o inaceptables.
- Evaluación de recursos: cualquier intento para planificar respuestas para casos de emergencia debe basarse en posibilidades ciertas. Por lo tanto, las acciones previstas deben soportarse en recursos reales, para lo cual se hace necesario realizar un inventario de los recursos disponibles interna y externamente en la empresa; los recursos a evaluar, comprenden: recursos humanos, equipos y maquinaria, suministros, información, recursos financieros.
- Procedimientos operativos normalizados (PONS) e instructivos operativos normalizados (IONS): con ejemplos prácticos se explica cómo se elaboran los PONS para líquidos inflamables y los IONS para el bisulfuro de carbono, alcohol etílico y alcohol metílico.
- Plan de ayuda: en este numeral se justifica el plan de ayuda mutua como un componente sinérgico de

la gestión empresarial ambiental y de seguridad y salud en el trabajo, y se dan directrices para su elaboración y aplicación.

- Organización: en este ítem se desarrolla un modelo conceptual para guiar a la empresa adherente para el establecimiento de la estructura organizacional para el plan de emergencia y contingencias y su integración con el consejo departamental, distrital y municipal para la gestión del riesgo.
- ALOHA 5.4.5.: en este numeral el lector encontrará un manual de usuario para la aplicación del software ALOHA 5.4.5, y la simulación de escape de: dimetilamina, amoníaco, cloro y bisulfuro de carbono, como ejemplos prácticos.

Con la aplicación de la guía se pudo establecer que los escenarios de mayor riesgo para las empresas objeto de estudio son: incendio de bisulfuro de carbono (Quintal y UPCL), ciclohexano (Monómeros), dimetilamina (Nalco) y etanol (Procaps) y la explosión de ácido propiónico, butil acrilato, etilendiamina y estireno (Dow Química) y ácido sulfúrico (PQP). En cuanto al transporte de mercancía peligrosa [22], se encontró que el 49% de las toneladas de mercancías peligrosas que se transportan en el perímetro urbano de Barranquilla corresponde a la clase 3 (líquidos inflamables), el 21% a la clase 9 (mercancías peligrosas varias) y el 20% a la clase 8 (sustancias corrosivas) y que los corredores viales más vulnerables (expresados en toneladas/año): la vía 40 (160.476), circunvalar (149.402), calle 17 (148.244) y la calle 30 (89.546) [22]. Con la aplicación del software ALOHA 5.4.5 se establecieron para cada sustancia, la isopleta de toxicidad en la zona de amenaza, el perfil de concentración-tiempo en un punto específico y el perfil de evaporación del contaminante y mediante la aplicación de MARPLOT las zonas de amenaza potenciales (área tóxica de la nube de vapor, área inflamable de la nube de vapor y área de onda explosiva en la explosión de una nube de vapor no confinada). Por último, se formularon los PONS y los IONS para los escenarios inaceptables o de mayor riesgo para la salud de las personas y el medio ambiente.

#### 4. CONCLUSIONES

En este trabajo realizado de tipo descriptivo prospectivo, se recolectó la información necesaria en 19 empresas adherentes al Proceso Apell de Barranquilla, para conocer los diferentes aspectos que pueden impactar negativamente la salud e integridad física de los trabajadores y de los miembros de las comunidades del área de influencia y el medioambiente; para esto fue necesario analizar los procesos, actividades, productos y residuos; estudiar las propiedades físicas, químicas, tóxicas y ecotóxicas de los materiales peligrosos almacenados, en proceso y/o en el transporte y establecer las variables críticas de los procesos. Para esto se diseñó una

guía que permitiera la valoración integral de los riesgos y su jerarquización, que además de ser compatible con los diferentes métodos cualicuantitativos existentes para la valoración de riesgos y modelos de sistemas de gestión del riesgo, pudiese aplicarse a cualquier empresa independiente de su razón social, actividad económica y tamaño, tal como se evidenció en su aplicación.

#### AGRADECIMIENTOS

El autor agradece a los estudiantes del semillero del grupo de investigaciones "Proquibios" del Programa de Ingeniería Química de la Universidad del Atlántico por la elevada capacidad técnica, científica y humanística con la que asumieron este reto; al Proceso Apell y a la Autoridad Marítima DIMAR del D.E.I.P de Barranquilla por el apoyo logístico, técnico y científico aportado durante la ejecución del proyecto; a la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Atlántico por su capacidad de interacción con el entorno empresarial de la región caribe, a los estudiantes de la Maestría en Sistemas de Gestión Integral de la Universidad Autónoma del Caribe 2014-1, por sus valiosos aportes al módulo de la electiva "Administración de actividades y tareas de alto riesgo y emergencias", donde como docente de la misma utilicé como texto guía en lo relacionado con emergencias, la guía, que hoy ponemos a disposición del público, a través de esta revista.

#### REFERENCIAS

- [1] A. Ness, "Lessons Learned from Recent Process Safety Incidents", *Chemical Engineering Progress*, 111(3), 23-29, 2015.
- [2] J.M. Santamaría, P.A. Braña, *Análisis y reducción de riesgos en la industria química*. Madrid: Editorial Mapfre S.A, 1994, pp. 3-4.
- [3] J. Klein, "The ChE as Sherlock Holmes: Investigating Process Incidents", *Chemical Engineering Progress*, 112(10), 28-34, 2016.
- [4] R. Willey, "Consider the Role of Safety layers in the Bhopal Disaster", *Chemical Engineers Progress*, 110(12), 22-27, 2014.
- [5] W. Azizi, (2016, February) Predict Incidents with Process Safety Performance Indicators [on line], 2 (22), p.22-25. Disponible desde <<https://www.aisce.org/sites/default/files/cep/20160222.pdf>> [Acceso 18 de octubre de 2016].
- [6] N. Leveson and G. Stephanopoulos, (2014, January) A System-Theoretic, Control-Inspired View and Approach to Process Safety [on line], 60 (1), p. 2-14.

- Disponible desde <<https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/92371>> [Acceso 25 de octubre de 2016].
- [7] P. Baybutt, "Consider Chemical Reativity in Process Hazard Analysis", *Chemical Engineering Progress*, 111(1), 25-31, 2015.
- [8] P. Lodal, J. Mize, "Integrating Process Safety and Innovation", *Chemical Engineering Progress*, 112(10), 36-40, 2016.
- [9] Chemistry Industry Association of Canada (1985) Citing references: Responsible Care [Internet], Canadá. Disponible desde:<<https://responsiblecare.americanchemistry.com/ResponsibleCare/Responsible-Care-Program-Elements.aspx>>. [Acceso 4 noviembre de 2016].
- [10] Responsabilidad Integral Colombia (1994) sitio de referencia: Responsabilidad Integral [Internet], Bogotá. Disponible desde: <<https://www.responsabilidadintegral.org/>> [Acceso 9 noviembre 2016].
- [11] United Nations Environment Programme (1987) Citing references: Awareness and Preparedness for Emergencies at Local Level [Internet], Estados Unidos. Disponible desde: <[http://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/APELLHandbook2nd\\_ed.pdf](http://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/APELLHandbook2nd_ed.pdf)> [Acceso 10 de noviembre 2016].
- [12] Proceso Apell Barranquilla (1991) sitio de referencia: Proceso APELL Barranquilla [Internet], Barranquilla. Disponible desde: <[www.apellbarranquilla.org/](http://www.apellbarranquilla.org/)> [Acceso 20 de noviembre 2016].
- [13] Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), NTC 4435, *Transporte de Mercancías. Hojas de Datos de Seguridad para Materiales Preparación*. Bogotá: ICONTEC editores, 2012, pp. 3-47.
- [14] National Fire Protection Association (2017) NFPA 704, Standard System for the Hazardous of Materials for Emergency Response [Internet], Quincy. Disponible desde: <<http://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards?mode=code&code=704>> [Acceso 2 de abril 2017].
- [15] Parlamento Europeo y del Consejo (2008) Reglamento 1272, sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas [Internet], Estrasburgo. Disponible desde: <<http://www.eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:353:0001:1355:es:PDF>> [Acceso 2 de septiembre 2016].
- [16] J.M Storch, *Manual de Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Petroleras. Fundamentos, Evaluación de riesgos y Diseño*, España: Mc Graw Hill Editores, 1998, pp. 227-261.
- [17] National Oceanic and Atmospheric Administration (2015): ALOHA 5.4.5 [Internet], Washington. Disponible desde: <<https://www.epa.gov/comeo/aloha-software>> [acceso 18 de octubre 2016].
- [18] R. Kolluru, S. Bartel, *Manual de Evaluación y Administración de Riesgos*. México: Mc Graw Hill editores, 2012, pp. 1-23.
- [19] C. Duque. (1995, octubre). Seminario Cómo Diseñar y Administrar los Planes de Emergencia y Evacuación y la Brigada Contra Incendios. [Impreso] 1995, Barranquilla.
- [20] D. Navarro, Y. Peña, (2012, julio) *Elaboración del mapa de riesgos tecnológicos de 10 empresas pertenecientes al proceso Apell, Barranquilla*. Tesis de Pregrado, Universidad del Atlántico.
- [21] C. Calderón, L. Rovira, (2013, marzo) *Elaboración del mapa de riesgos tecnológicos a 9 empresas pertenecientes al proceso Apell, Barranquilla*. Tesis de Pregrado, Universidad del Atlántico.
- [22] G. Bastidas, F. Monsalvo, (2011, septiembre) *Análisis de riesgos para el transporte terrestre de mercancías peligrosas en la ciudad de Barranquilla*. Tesis de Pregrado, Universidad del Atlántico.