

Estimación de riesgo de desastres en el Centro Nuclear Óscar Miró Quesada de la Guerra (RACSO)

Rolando Arrieta*, Mariano Vela

Departamento de Operación de Reactores, Instituto Peruano de Energía Nuclear,
Avenida Canadá 1470, Lima 41, Perú

Resumen

Se presenta la metodología desarrollada para sistematizar el proceso de estimación de riesgos de desastres al que se encuentra expuesto el Centro Nuclear "RACSO" del Instituto Peruano de Energía Nuclear. Para este propósito, se han identificado los peligros y analizado las vulnerabilidades, lo cual ha servido de base para plantear el actual Plan de Contingencias de "RACSO", permitiendo racionalizar los recursos humanos y financieros en la prevención y atención de los desastres. La estimación de riesgo ha constituido un elemento de juicio para la preparación/educación de los trabajadores para una respuesta adecuada durante un desastre y crear una cultura de prevención, con lo cual se garantiza la inversión efectuada en este complejo científico tecnológico a la vez de cumplir con la normativa vigente sobre este rubro.

Abstract

We present a methodology developed to systematize the process of disaster risk assessment to which the RACSO Nuclear Center of the Peruvian Institute of Nuclear Energy, are exposed. For this purpose, we have identified and analyzed the hazards and vulnerabilities, which has served as the basis for raising the current "RACSO" Contingency Plan, allowing rationalize human and financial resources, in the prevention and disaster response. The risk estimate has been an element of trial preparation/education of workers for an adequate response during a disaster and create a culture of prevention, thereby ensuring that the investment in scientific and technological complex meet current regulations on coverage.

1. Introducción

A nivel mundial se ha tomado conciencia acerca de la importancia del desarrollo sostenible y del impacto que tendría un desastre, ya sea causado por fenómenos naturales o de origen antropogénico. Este escenario ha ocasionado que en el Perú, desde 1995, se fortalezca el Sistema Nacional de Defensa Civil (SINADECI) [1], y se desarrolle un plan sectorial de prevención y atención de desastres [2] del sector Energía y Minas (MEM) soportado por normas específicas del Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN) [3, 4, 5] en temas de su competencia. En concordancia con lo señalado, el IPEN, conformó un Comité de Prevención de Desastres Naturales y Antrópicos (COPREDE) que tuvo, entre otras tareas, la estimación de riesgos para el Centro Nuclear "RACSO" con el fin de definir las estrategias de prevención, control y protección a las personas, instalaciones, infraestructura y el medioambiente con un adecuado planeamiento.

El año 2011 se crea el Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres

(SINAGERD) [6, 7], que recomienda a todas las entidades públicas identificar y priorizar el riesgo en la infraestructura, en los procesos económicos sociales y ambientales en el ámbito de sus atribuciones y con ello establecer un Plan de Gestión correctivo.

En este documento se plantea una adecuación de un trabajo realizado el año 2007 [8] a los nuevos lineamientos de la Ley y Reglamento del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD). Para ello se contó con la participación de un equipo multidisciplinario que integra el COPREDE con los que se identificó los peligros inherentes al escenario natural que cubija al Centro Nuclear y de sus diversas instalaciones para luego realizar el análisis de su exposición a cada uno de los peligros identificados.

2. Desarrollo

Teniendo en cuenta que el término "riesgo" es una de las palabras que no tiene definición

* Correspondencia autor: rarieta@ipen.gob.pe

única [9, 10, 11,12] y que para el caso de este trabajo está circunscrito a un desastre. La metodología empleada es la planteada por INDECI [13] complementada por otras propuestas [14, 15, 16] para lo cual se parte de la definición de riesgo de desastre: “Probabilidad de que el IPEN y sus trabajadores sufran daños y pérdidas catastróficas a consecuencia de su condición de vulnerabilidad y el impacto de un peligro”.

2.1 Identificación de peligros

El peligro es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o inducido por la actividad del hombre, potencialmente catastrófico en una zona o localidad conocida, que puede afectar un área ocupada, infraestructura física o el medioambiente.

Existen numerosas técnicas para identificar peligros, para nuestro caso se usó el análisis preliminar identificándose los siguientes peligros:

2.1.1 De origen natural

2.1.1.1 Sismos: Terremoto

Debido a la ubicación del Centro Nuclear (zona de actividad sísmica), el reactor nuclear RP-10 representa un peligro latente por cuanto un terremoto de gran intensidad con epicentro cerca de Lima podría desencadenar en un accidente nuclear y radiológico [17].

2.1.1.2 Huaycos o Llocllas

Este es un peligro emergente, debido al cambio climático adverso. Este peligro está en constante evaluación y estudio.

2.1.2 De origen antrópico:

2.1.2.1 Incendios

Por el uso intensivo de energía eléctrica para diversos fines. Este tipo de peligro también puede ser consecuencia de sismos severos.

2.1.2.2 Contaminación ambiental

Por las características del CN siendo el caso más resaltante el del reactor RP-10 [18, 19, 20] que genera productos de fisión, los mismos que deberán quedar confinados en su interior. En otras dependencias el impacto sobre sus trabajadores y público es mínimo.

2.2 Ponderación de peligros identificados

Para fines de estimación del riesgo se ha estratificado en cuatro niveles, que se detallan en Tablas 1, 2, 3 y 4.

Tabla 1. Estratificación: Terremotos.

Nivel	Características	Valor
Peligro Bajo (PB)	Terreno con poca pendiente, roca y suelo compacto y seco, alta capacidad portante.	1 < 25 %
Peligro Medio (PM)	Suelo de calidad intermedia con aceleraciones sísmicas moderadas	2 de 26 % a 50 %
Peligro Alto (PA)	Sector donde se espera altas aceleraciones sísmica por sus características geológicas	3 de 51 % a 75 %
Peligro muy Alto (PMA)	Suelos con alta probabilidad de ocurrencia, de licuación generalizada o colápsales	4 de 76 % a 100 %

Tabla 2. Estratificación: Huaycos.

Nivel	Características	Valor
Peligro Bajo (PB)	Terrenos altos no inundables, alejados de barrancos o cerros deleznable.	1 < 25 %
Peligro Medio (PM)	Suelo con inundaciones muy esporádicas, con bajo tirante y velocidad.	2 de 26 % a 50 %
Peligro Alto (PA)	Sector que son inundados a baja velocidad y permanecen bajo agua por varios días.	3 de 51 % a 75 %
Peligro muy Alto (PMA)	Sectores amenazados por deslizamiento repentino de piedra y lodo “lloclla”.	4 de 76 % a 100 %

Tabla 3. Estratificación: Incendios.

Nivel	Características	Valor
Peligro Bajo (PB)	Instalaciones con los debidos sistemas de alarmas, protección y apagado	1 < 25 %
Peligro Medio (PM)	Instalaciones con medianos sistemas de alarma, protección y apagado	2 de 26 % a 50 %
Peligro Alto (PA)	Instalaciones con precarios sistemas de alarmas, protección y apagado.	3 de 51 % a 75 %
Peligro muy Alto (PMA)	Instalaciones sin los debidos sistemas de alarmas, protección y apagado.	4 de 76 % a 100 %

Tabla 4. Estratificación: Contaminación

Nivel	Características	Valor
Peligro Bajo (PB)	Distancia mayor a 500 m del peligro antrópico (reactor).	1 < 25 %
Peligro Medio (PM)	Distancia entre 300 a 500 m del peligro antrópico (reactor).	2 de 26 % a 50 %
Peligro Alto (PA)	Distancia entre 150 a 300 m del peligro antrópico (reactor).	3 de 51 % a 75 %
Peligro muy Alto (PMA)	Distancia menor a 150 m del peligro antrópico (reactor).	4 de 76 % a 100 %

2.3 Análisis de Vulnerabilidad

Vulnerabilidad es el grado de debilidad o exposición de un elemento o conjunto de elementos frente a la ocurrencia de un peligro natural o antrópico de una magnitud dada. Es la facilidad como un elemento pueda sufrir daños humanos y materiales.

La vulnerabilidad del CN es el reflejo del estado individual y colectivo de sus elementos en el aspecto ecológico-ambiental, físico, económico, social, científico y tecnológico, entre otros; los cuales cambian continuamente con el tiempo según el nivel de preparación, condiciones socio-económicas, normas, políticas, actitud y comportamiento de sus trabajadores, grupos directivos y de la institución en su conjunto.

Para el análisis de vulnerabilidad del CN se utilizó los conceptos de riesgo desarrollados por INDECI [13], elaborados de acuerdo con las diferentes variables y características, en los cuales se identifica la característica indicada más próxima y se buscará el valor de cada vulnerabilidad ($V = x \% - \text{Grado}$).

2.3.1 Vulnerabilidad Ambiental y Ecológica (VEA)

Es el grado de resistencia del medio natural y los seres vivos que conforman el ecosistema del CN ante la presencia de la variabilidad climática. La valoración, de acuerdo con [3] es:

- Condiciones atmosféricas: Niveles de temperatura promedio normal: 25 %
- Composición y calidad del aire y agua: Nivel moderado de contaminación: 50 %
- Condiciones Ecológicas: Conservación de los recursos naturales: 25 %.

$$\text{Total VEA: } (25 + 50 + 25) / 3 = 34 \%$$

2.3.2 Vulnerabilidad Física (VFI)

Está relacionada con la calidad o tipo de material utilizado y el tipo de construcción de las instalaciones de trabajo, de servicios e infraestructura socioeconómica para asimilar los efectos del peligro.

Para el respectivo análisis, se tiene:

- Material de construcción utilizado en Instalaciones: Estructura con adecuada técnica constructiva: 25 %.
- Localización de las instalaciones: Muy alejada (> 5 km) para todos menos para el peligro de contaminación radiactiva en accidente Nuclear (Muy cercana: 0 km): 100 % (por el reactor) y 25 % para otros peligros.
- Características geológicas, calidad y tipo de suelo: Zonas sin fallas ni fracturas, suelos con buenas características: 25 %
- Leyes estrictamente cumplidas: 100 %

$$\text{Total VFI1: } (25 + 100 + 25 + 25) / 4 = 44 \%$$

$$\text{Total VFI2: } (25 + 25 + 25 + 25) / 4 = 25 \%$$

2.3.3 Vulnerabilidad Económica (VEC)

Constituye el acceso que se tiene a los activos económicos (Tierra, infraestructura, servicios, entre otros), que se refleja en la capacidad para hacer frente a un desastre.

Esta situación, se da también entre instituciones; tal es el caso que instituciones con mayores ingresos económicos, tienen menor cantidad de víctimas frente a un mismo tipo de peligro, con relación a instituciones con menores ingresos. Para este análisis se ha preparado:

- Actividad Económica: Moderadamente productiva y distribución regular: 50 %.
- Acceso al mercado laboral: Oferta laboral igual a Demanda: 50 %.
- Nivel de ingresos: Suficiente nivel de ingresos: 50 %.
- Situación de pobreza o Desarrollo Humano: Sin pobreza: 25 %.

$$\text{Total VEC: } (50 + 50 + 50 + 25) / 4 = 44$$

2.3.4 Vulnerabilidad Social (VSO)

Se analiza a partir del nivel de organización y participación que tiene una colectividad para prevenir y responder ante situaciones de emergencia, sintetizando en:

- Nivel de Organización: Institución totalmente organizada: 25 %.
- Participación en trabajos institucionales: Participación de la mayoría: 50 %.
- Grado de relación entre Instalaciones: Medianamente relacionadas: 50 %.
- Tipo de integración institucional: Integración parcial: 50 %.

$$\text{Total VSO: } (25 + 50 + 50 + 50) / 4 = 44$$

2.3.5 Vulnerabilidad Educativa (VED)

Se refiere a una adecuada implementación de las estructuras curriculares en los diferentes niveles de la educación formal, con la inclusión de temas relacionados con la prevención y atención de desastres, orientado a preparar (para las emergencias) y educar (crear una cultura de prevención) a los estudiantes con un efecto multiplicador en la sociedad.

Igualmente, la educación y capacitación de los trabajadores en dichos temas contribuye a una mejor organización y, por tanto, a una mayor y efectiva participación para mitigar o reducir los efectos de un desastre.

- Programas educativos formales: Desarrollo regular de temas relacionados con la prevención de desastres: 50 %.
- Programas de capacitación: La mayoría está capacitado: 50 %.
- Campañas de difusión: Difusión masiva y poco frecuente: 50 %.
- Programas educativos a grupos estratégicos: Cobertura mayoritaria: 50 %.

$$\text{Total VED: } (50 + 50 + 50 + 50) / 4 = 50$$

2.3.6 Vulnerabilidad Cultural e Ideológica (VCI)

Está referida a la percepción que tiene el individuo o grupo humano sobre sí mismo, como sociedad o colectividad, el cual determina sus reacciones ante la ocurrencia de un peligro de origen natural o tecnológico y estará influenciado según su nivel de conocimiento, creencia, costumbre, actitud, temor, mitos, etc.

- Conocimiento sobre la ocurrencia de desastres: Conocimiento total: 25 %.
- Percepción sobre los desastres: La mayoría lo percibe: 50 %.
- Actitud frente a ocurrencia de desastres: Previsora: 25 %

$$\text{Total VCI: } (25 + 50 + 25) / 3 = 34$$

2.3.7 Vulnerabilidad Política e Institucional (VPI)

Define el grado de autonomía y el nivel de decisión política que pueden tener las instituciones públicas para una mejor gestión de los desastres. Está ligada con el fortalecimiento y la capacidad institucional para cumplir en forma eficiente con sus funciones, entre los cuales está el de prevención y atención de desastres o defensa civil.

- Autonomía local: Parcial: 50 %.
- Liderazgo político: Aceptación y respaldo parcial: 50 %.
- Participación ciudadana: Participación mayoritaria: 50 %.
- Coordinación de acciones con los CDC: Coordinaciones esporádicas: 50 %.

$$\text{Total VPI: } (50 + 50 + 50 + 50) / 4 = 50$$

2.3.8 Vulnerabilidad Científica y Tecnológica (VCT)

Es el nivel de conocimiento científico y tecnológico que se debe tener sobre los peligros de origen natural y tecnológico, especialmente los existentes en el Centro Nuclear. Al igual que casos anteriores:

- Existencia de trabajos sobre desastres locales: Mayoría estudiados: 50 %.
- Existencia de instrumentos medidores: Parcialmente instrumentada: 50 %.
- Conocimiento sobre estudios existentes: Conocimiento parcial: 50 %.
- Cumplimiento de conclusiones y recomendaciones: La mayoría: 50 %.

$$\text{Total VCT: } (50 + 50 + 50 + 50) / 4 = 50$$

2.3.9 Vulnerabilidad Total (VT)

Determinación general de la vulnerabilidad total, aplicando el criterio de igualdad de ponderación para los distintos tipos de vulnerabilidades analizadas, esto es factible por tener una baja vulnerabilidad física, que es un factor primordial cuando se analiza otro tipo de instalaciones:

Aplicando la fórmula:

$$VT = \sum \text{vulnerabilidades} / N$$

Tenemos:

$$VT = (VAE + VFI + VEC + VSO + VED + VCI + VPI + VCT) / 8$$

Reemplazando datos:

$$(34 + 44 + 44 + 44 + 50 + 34 + 50 + 50) / 8 = 350 / 8 = 43.75 \%$$

$$VT = 43.75, \quad \text{si: } 25\% < 43.75 < 50\%$$

Tenemos Vulnerabilidad Media.

2.4 Cálculo del riesgo

Una vez identificado los peligros (P) y el análisis de vulnerabilidad (V) se procede a realizar una evaluación conjunta para calcular el riesgo (R); es decir, la estimación de la probabilidad de pérdidas y daños esperados (personas, bienes materiales, recursos económicos) ante la ocurrencia de un fenómeno de origen natural o antrópico.

El cálculo del riesgo corresponde a un análisis y combinación de datos teóricos y empíricos, respecto a la probabilidad del peligro identificado; es decir, la fuerza e intensidad de ocurrencia así como el análisis de vulnerabilidad o la capacidad de resistencia de los elementos expuestos al peligro (población, viviendas, infraestructura), dentro de una determinada área geográfica.

Se emplea el criterio descriptivo mediante una matriz de doble entrada: "Matriz de Peligro y Vulnerabilidad"; para eso, se requiere que previamente se hayan determinado los niveles de probabilidad (porcentajes) de ocurrencia del peligro identificado y del análisis de vulnerabilidad, respectivamente.

Con ambos porcentajes se interrelaciona, por un lado (vertical) el valor y nivel estimado del peligro y por otro (horizontal) el nivel de vulnerabilidad promedio determinado en el respectivo cuadro general (Tabla 5). En la intersección de ambos valores se podrá estimar el nivel de riesgo esperado. Para el caso estudiado tendremos:

Tabla 5. Matriz: Peligros y vulnerabilidades.

Peligro	Riesgo			
	Muy Alto	Alto	Alto	Muy Alto
Alto	Medio	Medio	Alto	Muy Alto
Medio	Bajo	Medio	Medio	Alto
Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Alto
Vulnerabilidad	Baja	Media	Alta	Muy Alta

3. Resultados y Discusión

Analizando el riesgo, de acuerdo con la Tabla 5, deducimos lo siguiente:

- Peligro de Sismo: PA x VM = Riesgo Medio
- Peligro de Huayco: PB x VM = Riesgo Bajo
- Incendio: PA x VM = Riesgo Medio
- Contaminación Ambiental PMA x VB = Riesgo Medio

De la evaluación de riesgos realizada encontramos que:

- El Centro Nuclear se encuentra en un nivel de riesgo medio ante los peligros de un accidente nuclear (escape de productos de fisión), en una situación de sismos severos o incendios producidos en sus instalaciones. A pesar que el huayco es de Riesgo Bajo no debe perderse de vista y tomar previsiones ante lluvias intensas.
- La explotación segura de su instalación más relevante (RP-10) se realiza de acuerdo con la documentación mandatoria y con personal calificado y bien entrenado que hace disminuir considerablemente, los riesgos de un accidente nuclear.
- La disminución de los riesgos está directamente relacionado con la minimización de las vulnerabilidades y esto se realiza con los diferentes sistemas de seguridad de las instalaciones con las que cuenta el CN para su funcionamiento.

4. Conclusiones y Recomendaciones

El presente estudio ha servido para la implementación del Plan de Contingencias ante desastres y se tiene vinculado con los planes de seguridad y salud ocupacional y el

plan de manejo ambiental generando un sistema integrado de gestión.

El IPEN deberá exigir a sus unidades orgánicas que quieran construir ceñirse estrictamente a las disposiciones del Reglamento Nacional de Construcciones (RNC) en cuanto a las especificaciones técnicas, condiciones urbanísticas, adecuado planeamiento y diseño de estructuras de acuerdo con el tipo de suelo de la zona.

Las recomendaciones se cumplen:

- De orden estructural:
 - a. Realizar trabajos de infraestructura mediante un planeamiento de calidad, para lograr un crecimiento equilibrado, sustentable y equitativo del Centro Nuclear.
 - b. Realizar trabajos de encauzamiento, similares a los iniciados en la cabecera del CN, con sus respectivos sistemas de confinamiento tipo muros de contención o similares.
- De orden no estructural:
 - a. Realizar un estudio de suelos con la finalidad de determinar los parámetros de diseño para futuras construcciones.
 - b. Identificar las zonas de seguridad dentro del CN y elaborar un plan de evacuación general.
 - c. Hacer cumplir las medidas preventivas recomendadas en el presente trabajo y realizar simulacros y simulaciones para los casos estudiados.

5. Agradecimientos

A los integrantes del Comité de Prevención de Desastres del IPEN creado el año 2007.

6. Referencias

- [1] Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI). Plan nacional de prevención y atención de desastres. D.S. N° 005-88 SGMD). Lima, mayo 1988.
- [2] Ministerio de Energía y Minas del Perú. Plan sectorial de prevención y atención de desastres. (R.S. N° 047-2004-EM). Lima, Setiembre 2004.
- [1][3] Instituto Peruano de Energía Nuclear. Reglamento de Seguridad Radiológica. D.S. No. 009-97-EM. Disponible en URL:

http://www.ipen.gob.pe/site/regulacion/leyes_normatividad.htm

- [4] Instituto Peruano de Energía Nuclear. Reglamento de Protección Física de Instalaciones y Materiales Nucleares. D. S. N° 014-2002-EM. Lima, abril 2002.
- [5] Instituto Peruano de Energía Nuclear. Reglamento de autorizaciones, fiscalización, control, infracciones y sanciones de la Ley N° 28028 Ley de Regulación del Uso de Fuentes de Radiaciones Ionizantes. 2008. Disponible en URL: http://www.ipen.gob.pe/site/publicaciones/ley_28028/reglamento_ley28028.pdf.
- [6] Ley N° 29664 Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres (SINAGERD). Lima, febrero 2011.
- [7] D.S. N° 048-2011-PCM. Reglamento la Ley N° 29664. Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres (SINAGERD). Lima, mayo 2011.
- [8] Instituto Peruano de Energía Nuclear. Comité de Prevención de Desastres: Estimación de Riesgo en el Centro Nuclear Oscar Miroquesada de la Guerra RACSO. [Informe interno]. Lima, marzo 2007.
- [9] Fischhoff Baruch, *et al.* Weighing the risks. In: Kates RW, *et al.* Perilous Progress: Technology as Hazard. 1985.
- [10] Jardine CG, Hrudey SE. Mixed messages in risk communication. *Risk Analysis*. 1997; 17(4):489-498.
- [11] Renn O. Three decades of risk research: Accomplishments and new challenges. *Journal of Risk Research*. 1998; 1(1):49-71.
- [12] Slovic P. Trust, emotion, sex, politics, and science: Surveying the risk assessment battlefield. *Risk Analysis*. 1999; 19(4):689-701.
- [13] Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI). Manual básico para la estimación del riesgo. Lima, julio 2006.
- [14] United Nations Environment Programme (UNEP). Hazard identification and evaluation in a local community. Technical Report N° 12. Paris: UNEP; 1994.
- [15] Compañía de Tecnología de Saneamiento Ambiental (CETESB). Manual de orientación para elaboración de estudios de análisis de riesgo. Sao Paulo, Brasil, 1994.

[16] Lees FP. Loss prevention in the process industries: hazard identification assessment and control. 2nd Edition. Oxford: Butterworth-Heinemann Publishing; 1996.

[17] Kuroiwa Julio. Disaster reduction: living in harmony with nature. Lima: World Perú S.A.; 2002.

[18] Instituto Peruano de Energía Nuclear. Informe de Seguridad del RP-10. Capítulo II: Emplazamiento. [Informe Interno]. Lima, agosto 1992.

[19] Instituto Peruano de Energía Nuclear. Plan de Emergencia Radiológica del RP-10. [Informe Interno]. Lima, agosto 1992.

[20] Instituto Peruano de Energía Nuclear. Informe de Seguridad del RP-10. Capítulo XVI: Análisis de Seguridad [Informe Interno]. Lima, agosto 1992.