




# Evaluation of the Environmental Risk generated by the oil spill that occurred on the marine coastline of Ventanilla – Callao 2022

Cristina Joselyn Canova Valverde<sup>1</sup> , Jennyfer Jhanet Sánchez Marin<sup>2</sup> , Carlos Alberto Alva Huapaya<sup>3</sup>   
<sup>1,2,3</sup> Universidad Privada del Norte, Av. Alfredo Mendiola 6062, Lima, Perú  
<sup>1</sup>jozelyn814@gmail.com, <sup>2</sup>jennysamarin31@gmail.com  
<sup>3</sup>car.alva@gmail.com

*Abstract – The oil spill on the Ventanilla marine coastline caused a significant environmental problem. The general objective of this research was to determine the evaluation of the environmental risk generated by the oil spill that occurred on the coastal marine coast of Ventanilla - Callao, 2022. The study has a quantitative approach, with a non-experimental, cross-sectional and scope design descriptive. The data collection technique used was documentary and field research. The instruments and methodology were based on the environmental risk assessment guide of the Ministry of the Environment. The results obtained demonstrated high concentration levels with respect to the TPH and BOD parameters, which exceeded the category 2 subcategory 3 RCTs; Furthermore, the environmental risk was characterized, obtaining 70% for the human environment, 80% for the ecological environment and 40% for the socioeconomic environment; Finally, it is concluded that the oil spill that occurred on the coastal marine coast of Ventanilla, Callao - 2022, presents a “Significant Risk.”*

*Keywords - Oil spill, Coastal marine shoreline, Ventanilla – Callao, Environmental risk assessment, Human environment, Ecological environment, Socioeconomic environment.*

# Evaluación del Riesgo Ambiental generado por el derrame de petróleo ocurrido en el litoral marino costero de Ventanilla – Callao 2022

Evaluation of the Environmental Risk generated by the oil spill that occurred on the coastal marine coast of Ventanilla – Callao 2022

Cristina Joselyn Canova Valverde<sup>1</sup>, Jennyfer Jhanet Sánchez Marin<sup>2</sup>, Carlos Alberto Alva Huapaya<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Universidad Privada del Norte, Av. Alfredo Mendiola 6062, Lima, Perú

<sup>1</sup>jozelyn814@gmail.com, <sup>2</sup>jennysamarin31@gmail.com

<sup>3</sup>car.alva@gmail.com

**Resumen – El derrame de petróleo en el litoral marino costero de Ventanilla originó un problema ambiental significativo. El objetivo general de la presente investigación fue determinar la evaluación del riesgo ambiental generado por el derrame de petróleo ocurrido en el litoral marino costero de Ventanilla - Callao, 2022. El estudio tiene un enfoque cuantitativo, con diseño no experimental, de corte transversal y alcance descriptivo. La técnica de recolección de datos utilizada, fueron la investigación documental y de campo. Los instrumentos y la metodología fueron basadas en la guía de evaluación de riesgos ambientales del Ministerio del Ambiente. Los resultados obtenidos demostraron altos niveles de concentración respecto a los parámetros de TPH y DBO, lo cuales superaron los ECA categoría 2 subcategoría 3; además, se caracterizó el riesgo ambiental obteniendo 70% para el entorno humano, 80% para el entorno ecológico y 40% para el entorno socioeconómico; finalmente, se concluye que el derrame de petróleo ocurrido en el litoral marino costero de Ventanilla, Callao - 2022, presenta un “Riesgo significativo”.**

**Palabras clave: Derrame de petróleo, Litoral marino costero, Ventanilla – Callao, Evaluación del riesgo Ambiental, Entorno humano, Entorno ecológico, Entorno socioeconómico.**

**Abstract – The oil spill on the Ventanilla marine coastline caused a significant environmental problem. The general objective of this research was to determine the evaluation of the environmental risk generated by the oil spill that occurred on the coastal marine coast of Ventanilla - Callao, 2022. The study has a quantitative approach, with a non-experimental, cross-sectional and scope design descriptive. The data collection technique used was documentary and field research. The instruments and methodology were based on the environmental risk assessment guide of the Ministry of the Environment. The results obtained demonstrated high concentration levels with respect to the TPH and BOD parameters, which exceeded the category 2 subcategory 3 RCTs; Furthermore, the environmental risk was characterized, obtaining 70% for the human environment, 80% for the ecological environment and 40% for the socioeconomic environment; Finally, it is concluded that the oil spill that occurred on the coastal marine coast of Ventanilla, Callao - 2022, presents a “Significant Risk”.**

**Keywords - Oil spill, Coastal marine shoreline, Ventanilla – Callao, Environmental risk assessment, Human environment, Ecological environment, Socioeconomic environment.**

## I. INTRODUCCIÓN

El petróleo es un combustible fósil empleado para elaborar diversos combustibles y productos además de ser usado para proporcionar calor, electricidad y alimentar diversos sectores de

la economía [1]. Sin embargo, también es considerado como un contaminante persistente debido a su naturaleza recalcitrante a la biodegradación, su bioacumulación en el medio ambiente y sus efectos nocivos a la salud frente a su exposición [2].

El petróleo se extrae del suelo y del fondo del mar, no obstante, al ser transportado mediante tuberías, barcos, camiones o trenes hacia las refinerías, es posible que se produzca un derrame accidental [1]. En el caso del mar, las principales fuentes de contaminación por derrame de petróleo provienen de las embarcaciones, así como de los trabajos de exploración y explotación, representando el 33% en comparación a otras [2].

En este contexto, se pueden citar algunos ejemplos internacionales, tales como el derrame del Exxon Valdez en Alaska en 1989 y el derrame de BP Deepwater Horizon en el Golfo de México en 2010, los cuales fueron clasificados como los peores accidentes ambientales en la historia de los Estados Unidos y cuyos impactos siguen afectando a los ecosistemas marinos [3].

En el caso de América Latina, se puede mencionar el desastre en la Bahía de San Vicente en el 2007, donde se derramaron 360,000 litros de petróleo crudo debido a una fisura en uno de los ductos de la refinería de la Empresa Nacional de Petróleos de Chile (ENAP), afectando a la fauna principalmente a las aves marinas y dulceacuícolas por el contacto directo con el petróleo [4].

En el Perú, se han registrado diversos casos en la amazonia, uno de los más discutidos se produjo en el año 2014, cuando se derramaron 2500 barriles de petróleo en la quebrada de Cuninico, el cual se extendió hasta el río Marañón, impactando gravemente el ecosistema, el medio biótico y a la comunidad ribereña. Asimismo, se estima que entre los años 2011 y 2022 la empresa Petroperú ha sido la responsable de un total de 75 derrames de petróleo en la región amazónica, a pesar de ello se ha demostrado que su respuesta no ha sido útil y adecuada frente al daño ambiental ocasionado [5].

En tal sentido, es importante mencionar que el gobierno peruano ha ignorado el real impacto que estos desastres han ocasionado a los ecosistemas, la flora, la fauna y comunidades aledañas, además de comprometer a las futuras generaciones. A ello se suma que las empresas responsables no han sido correctamente sancionadas, sin embargo, esta situación ha cambiado a raíz de lo acontecido en el mar de

Ventanilla, en enero del 2022, donde la empresa Repsol derramó 11,900 barriles de petróleo durante las labores de descarga del Buque Tanque Mare Doricum en las instalaciones del Terminal Multiboyas N° 2 de la refinería La Pampilla S.A.A., este suceso fue clasificado por la Cancillería de la República como el peor desastre ecológico ocurrido en Lima en los últimos años. Además, en el mismo mes el Organismo de Supervisión de la Inversión en Energía y Minas (Osinergmin) registró un segundo derrame equivalente a 8 barriles de petróleo en la misma zona del desastre [6].

Desde la perspectiva ambiental, el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), indicó que la zona afectada abarcó un total de 1,800,490 m<sup>2</sup> de suelo y 7,139,571 m<sup>2</sup> de mar. Del mismo modo el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP), notificó que el derrame alteró la vida silvestre de la Reserva Nacional Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras, así como la Zona Reservada de Ancón. A su vez, la Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria (DIGESA) comunicó que, hasta la fecha, hay 24 playas impactadas por el derrame, las cuales están comprendidas desde Ventanilla hasta Chancay, siendo no aptas para los pobladores y turistas. Finalmente, desde el punto de vista económico, la organización The Nature Conservancy (TNC) estimó que aproximadamente 1000 pescadores encargados de la extracción, procesamiento y comercialización de productos marinos e incluido el turismo, se vieron afectados por el derrame [6].

En este sentido, es imperativo conocer algunos aspectos claves de este caso, como es el nivel de riesgo ambiental, la cual constituye un proceso mediante el cual se identifica, analiza y evalúa el nivel de exposición de la población y el ambiente a causa de la concentración de contaminantes presentes en el área producto de las actividades industriales, así como de otras fuentes de contaminación [7]. Bajo este esquema se fundamenta la presente investigación, la cual busca evaluar el riesgo ambiental generado por el derrame de petróleo ocurrido en el litoral marino costero de Ventanilla - Callao, 2022.

## II. METODOLOGÍA

El presente estudio adoptó un enfoque cuantitativo, basado en la medición numérica y en análisis estadísticos de la información. El nivel o alcance del estudio fue descriptivo, dado que el fenómeno de estudio hizo referencia al derrame de petróleo ocurrido en el litoral marino costero de Ventanilla y su impacto en los entornos humano, ecológico y socioeconómico, las cuales estuvieron dirigido a caracterizar el nivel de riesgo ambiental. Así mismo, el diseño de la investigación es de tipo no experimental de corte transversal, debido a que las variables independientes no han sido manipuladas intencionalmente, y no se tienen grupos de control ni grupos experimental. La muestra fue seleccionada en base a los siguientes criterios de inclusión: zonas consideradas como balnearios, el sector norte del distrito de Ventanilla donde se dispersó el hidrocarburo, el desplazamiento del hidrocarburo en el litoral, debido a la corriente marina e información técnica y específica

correspondiente a los monitoreos de agua superficial. De acuerdo a ello, se seleccionó como muestras las zonas comprendidas entre La Pampilla (E-01) y Bahía Blanca (E-25), según el informe preliminar emitido por IMPARPE en abril de 2022, estimando una extensión total de 9.8 Km.

## III. RESULTADO

### 3.1. Evaluación de la Calidad Ambiental del Agua

En la tabla 1, se muestran los parámetros de calidad ambiental para agua correspondientes a las estaciones de monitoreo de las playas Costa Azul, Cavero y Bahía Blanca, siendo estos los hidrocarburos totales de petróleo (TPH), la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), el potencial de hidrógeno (pH) y la temperatura superficial (T), cuyos valores son presentados en rangos por el IMARPE, de los cuales se ha tomado la mayor concentración para realizar la comparación con los ECA. En el caso de temperatura superficial (T) y pH, las 11 estaciones obtuvieron como resultado 17.5 °C y 8.14 respectivamente.

**Tabla 1**  
Monitoreo ambiental de la calidad del agua

Playa	Estación de Monitoreo		Parámetros físico químicos	Parámetros orgánicos
	Estación	Coordenadas geográficas	Rango de DBO (mg/L)	Rango de TPH (mg/L)
Playa Costa Azul	E-01	-11.895583 -77.161861	7.51 - 10.10	0.0151 - 0.035
	E-02	-11.873333 -77.165556	7.51 - 10.10	<0.0083 - 0.0099
	E-05	-11.883972 -77.165389	5.01 - 7.50	0.01 - 0.015
Playa Cavero	E-07	-11.880167 -77.174972	7.51 - 10.10	<0.0083 - 0.0099
	E-03	-11.859667 -77.175389	5.01 - 7.50	0.0151 - 0.035
	E-04	-11.850528 -77.180750	7.51 - 10.10	<0.0083 - 0.0099
	E-06	-11.859333 -77.186333	5.01 - 7.50	0.01 - 0.015
Playa Bahía Blanca	E-10	-11.869583 -77.176222	5.01 - 7.50	<0.0083 - 0.0099
	E-08	-11.844940 -77.191390	5.01 - 7.50	0.01 - 0.015
	E-24	-11.838390 -77.196110	5.01 - 7.50	0.01 - 0.015
	E-25	-11.833670 -77.189330	7.51 - 10.10	0.01 - 0.015
ECA Categoría 2/Subcategoría 3			10.00	0.01

*Nota.* Elaboración propia. Se muestran las concentraciones de DBO y TPH de las estaciones monitoreadas por IMPARPE, las cuales son comparadas con los ECA categoría 2, subcategoría 3 tomado del D. S. N°004-2017-MINAM (2017).

En la tabla 1, se puede observar que las estaciones E-01, E-02, E-04, E-07 y E-25, superan el ECA para la categoría 2, subcategoría 3 referente a la DBO (10 mg/L), esto indica que hay una alta carga de materia orgánica presente, lo que puede ser perjudicial para la calidad del agua y el ecosistema acuático. En cuanto al TPH, se supera los ECA (0.01 mg/L) en las estaciones E-01, E-03, E-05, E-06, E-08, E-24 y E-25, ello significaría una afectación a la calidad del agua y la vida acuática. De lo anterior se concluye que la estación E-01 presenta la concentración más alta para DBO y TPH. En tal sentido, en las figuras 1 y 2, se muestra un comparativo de los valores obtenidos en cada estación de monitoreo, y se identifican aquellos que superaron los ECA.

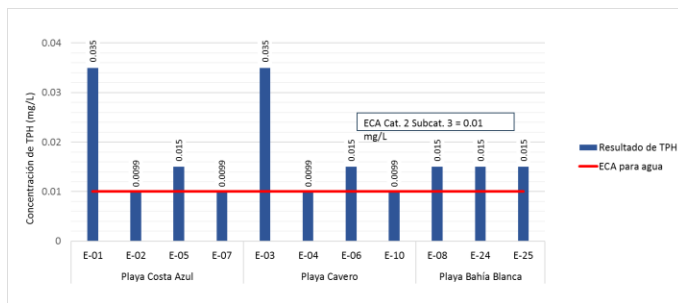


Fig. 1 Comparación de la concentración de TPH y el ECA Cat.2 Subcat. 3  
Nota. Concentración máxima de TPH comparado con el ECA para agua Categoría 2 Subcategoría 3.

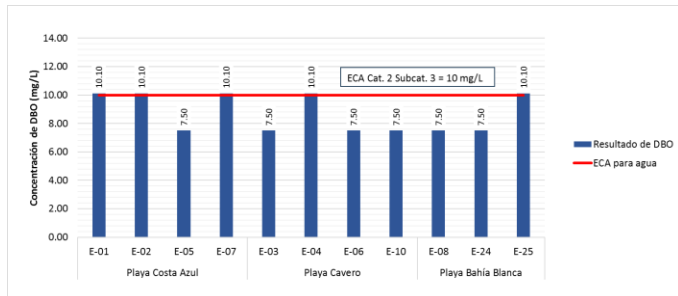


Fig. 2 Comparación de la concentración de DBO y el ECA Cat.2 Subcat. 3  
Nota. Concentración máxima de DBO comparado con el ECA para agua Categoría 2 Subcategoría 3.

### 3.2 Identificación de Peligros y análisis de escenarios

En la tabla 2, se identifican todas las fuentes de peligro relacionadas al derrame de petróleo ocurrido en el litoral marino costero de Ventanilla, para ello se determinaron las causas, el elemento de riesgo, los parámetros de evaluación y la fuente de información.

**Tabla 2**  
*Identificación típica de fuentes de peligro*

Entorno	Causas	Elemento de Riesgo	Suceso Iniciador / Parámetros de Evaluación	Fuente de Información
Humano	- Falta de mantenimiento al sistema de control - Implementación inadecuada de un Plan de Contingencia - Personal no capacitado en situaciones de riesgo	Exposición potencial de agua a contaminación superficial	TPH (mg/L) DBO (mg/L) pH	Pulido et al. (2022) IMARPE (2022b)
Ecológico	- Variables oceanográficas (corriente marina)	Exposición potencial de agua a contaminación superficial	TPH (mg/L) DBO (mg/L) pH	Pulido et al. (2022) IMARPE (2022b)

<b>Socioeconómico</b>	- Actividad petrolera	Exposición potencial de agua a contaminación superficial	TPH (mg/L) DBO (mg/L) pH	Pulido et al. (2022) IMARPE (2022b)
-----------------------	-----------------------	--	--------------------------------	--

Nota. Elaboración propia. Fuentes de peligros identificadas para cada entorno mediante la investigación documental.

En la tabla 2, se determinaron las causas aplicando la Guía de Evaluación de Riesgos Ambiental MINAM y se definieron los parámetros de evaluación para los entornos humano, ecológico y socioeconómico, siendo estos el TPH, la DBO y el pH.

En la tabla 3[ANEXOS], se formularon los escenarios por cada uno de los peligros identificados, sobre los cuales se estimó la probabilidad de ocurrencia en función a los rangos de estimación probabilista y la gravedad de las consecuencias en función a los rangos de los límites de los entornos.

En la tabla 3 [ANEXOS], se muestran los escenarios formulados para el entorno humano, tales como la inadecuada ejecución del plan de contingencia y protocolos de emergencia, falla en las válvulas y el derrame de crudo; para el entorno ecológico, la afectación a la calidad del agua superficial así como el hábitat y la biodiversidad; y finalmente para el entorno socioeconómico, la disminución de la actividad extractiva y productiva de los recursos hidrobiológicos además de las actividades turísticas y de esparcimiento.

### 3.3. Estimación de la probabilidad y la gravedad de las consecuencias

La probabilidad de ocurrencia se asignó a cada escenario en función a los rangos de estimación probabilista. En la tabla 4 [ANEXOS], se muestra el valor de la probabilidad asignado a cada escenario, donde 5 equivale a “Muy probable”, siendo la frecuencia menor a una vez a la semana; 4 equivale a “Altamente probable”, siendo la frecuencia mayor a una vez a la semana y menor a una vez al mes; en tanto, 3 equivale a “Probable”, siendo la frecuencia mayor a una vez al mes y menor a una vez al año; 2 equivale a “Posible”, siendo la frecuencia mayor a una vez al año y menor a una vez cada 05 años; y finalmente, 1 equivale a “Poco probable”, siendo la frecuencia mayor a una vez cada 05 años. Cabe resaltar que los rangos de estimación probabilística se encuentran establecidos en la Norma UNE150008-2008.

La gravedad de las consecuencias se estimó en función al formulario y los rangos de los límites de los entornos. En caso de la vulnerabilidad, este fue asignado según el entorno. Finalmente, se valoraron los límites del entorno y la vulnerabilidad en base a los siguientes criterios:

- **Cantidad:** a partir del análisis documental se estimó un total de 11,900 barriles de petróleo derramos al mar [8]; los cuales equivalen a 1,861.68 toneladas.
- **Peligrosidad:** a partir de la ficha de datos de seguridad, así como la clasificación de las sustancias se pudo determinar la peligrosidad.

- **Extensión:** para el presente estudio se consideró la extensión de la muestra, correspondiente a 9.8 km.
- **Población afectada:** para el presente estudio se consideró la cantidad de personas afectadas directamente en sus medios de vida debido al derrame de petróleo, el cual equivale a un total 1,744 personas [9].
- **Calidad del medio:** para el presente estudio se consideraron los parámetros de DBO (mg/L) y TPH (mg/L), de las estaciones de monitoreo que superaron el ECA [10], así como el grado de afectación del hábitat y la biodiversidad [8].
- **Patrimonio y capital productivo:** para el presente estudio se consideró el grado de afectación a las actividades extractivas y productivas de los recursos hidrobiológicos, así como a las actividades turísticas y de esparcimiento en base a la visita que se realizó en campo.

En base a los criterios descritos, se estimó la gravedad de las consecuencias para cada entorno, los cuales se muestran en la tabla 5 [ANEXOS], mientras que en la tabla 6 [ANEXOS] se muestra el valor asignado.

En la tabla 5 [ANEXOS], se muestra la valoración de consecuencias en cada escenario, los cuales fueron extraídos y sustituidos en las ecuaciones de la Fig. 3 [ANEXOS], obteniéndose una valoración en el rango de 20 a 18.

En la tabla 6 [ANEXOS], se muestran los valores asignados a cada valoración, donde el rango de 20 a 18 equivale a 5, siendo este “Crítico”, el rango de 17 a 15 equivale a 4, siendo este “Grave”, el rango de 14 a 11 equivale a 3, siendo este “Moderado”, el rango de 10 a 8 equivale a 2, siendo este “Leve”, y finalmente, el rango de 7 a 5 equivale a 1, siendo este “No relevante”. En la tabla 6, se obtuvieron valores en el rango de 20 a 18, el cual equivale a 5, siendo este “crítico”. Cabe resaltar que la valoración de los escenarios identificados se encuentra establecidos en la Norma UNE150008-2008.

La estimación del riesgo ambiental se obtuvo del producto de la probabilidad y la gravedad de las consecuencias anteriormente estimados para los entornos humano, ecológico y socioeconómico. Asimismo, se elaboraron tres tablas de doble entrada (tabla 7, 8 y 9), en las que se grafica la ubicación de los escenarios por entorno.

**Tabla 7**  
*Estimación del riesgo ambiental para el entorno humano*

		Gravedad Entorno Humano				
Probabilidad	Valor	1	2	3	4	5
	1					
	2					
	3			E3, E4		
	4			E1, E2		
	5					
		Riesgo significativo			16 - 25	
		Riesgo moderado			6 - 15	
		Riesgo leve			1 - 5	

*Nota.* Elaboración propia. Producto de la probabilidad y la gravedad de las consecuencias de los escenarios identificados en el entorno humano.

En la tabla 7, se muestra que el producto de la probabilidad y la gravedad de las consecuencias de los E1 y E2, dieron como resultado un valor igual a 20, equivalente a un “riesgo significativo” dentro del rango de 16 a 25, mientras que en los E3 y E4, se obtuvo un valor igual a 15, equivalente a un “riesgo moderado” dentro del rango de 6 a 15.

**Tabla 8**  
*Estimación del riesgo ambiental para el entorno ecológico*

		Gravedad Entorno Ecológico				
Probabilidad	Valor	1	2	3	4	5
	1					
	2					
	3					
	4			E1, E2		
	5					
		Riesgo significativo			16 - 25	
		Riesgo moderado			6 - 15	
		Riesgo leve			1 - 5	

*Nota.* Elaboración propia. Producto de la probabilidad y la gravedad de las consecuencias de los escenarios identificados en el entorno ecológico.

En la tabla 8, se muestra que el producto de la probabilidad y la gravedad de las consecuencias de los E1 y E2, dieron como resultado un valor igual a 20, equivalente a un “riesgo significativo” dentro del rango de 16 a 25.

**Tabla 9**  
*Estimación del riesgo ambiental para el entorno socioeconómico*

		Gravedad Entorno Socioeconómico				
Probabilidad	Valor	1	2	3	4	5
	1					
	2				E1, E2	
	3					
	4					
	5					
		Riesgo significativo			16 - 25	
		Riesgo moderado			6 - 15	
		Riesgo leve			1 - 5	

*Nota.* Elaboración propia. Producto de la probabilidad y la gravedad de las consecuencias de los escenarios identificados en el entorno socioeconómico.

En la tabla 9, se muestra que el producto de la probabilidad y la gravedad de las consecuencias de los E1 y E2, dieron como resultado un valor igual a 10, equivalente a un “riesgo moderado” dentro del rango de 6 a 15.

### 3.4. Caracterización del riesgo ambiental

La caracterización se obtuvo al convertir a porcentaje el riesgo ambiental obtenido en cada escenario, y promediando dichos valores, obteniendo como resultado un 70% para el entorno humano, 80% para el entorno ecológico y 40% para el

entorno socioeconómico, tal y como se muestra en la tabla 10 [ANEXOS].

En la tabla 10 [ANEXOS], se muestra el resultado obtenido al sumar y promediar los valores de cada entorno, siendo igual a 63.33%, el cual equivale a un “riesgo significativo”.

### 3.4. Evaluación del riesgo ambiental

Finalmente, se obtuvo que el riesgo ambiental generado por el derrame de petróleo es “significativo”, lo cual indica que, la población, el ambiente y la socioeconomía están siendo afectadas severamente. Por lo que es necesario implementar medidas control, mitigación y supervisión con el fin de reducir el riesgo ambiental. En la tabla 11, se han propuesto recomendaciones dirigidas a las entidades gubernamentales como a la responsable de ocasionar el derrame de petróleo en el litoral marino costero de ventanilla.

**Tabla 11**  
*Recomendaciones orientadas a reducir el riesgo ambiental*

Medida	Descripción	Entidad responsable
Fiscalización	Fiscalizar las zonas afectadas por el derrame de petróleo a fin de garantizar que los productos hidrobiológicos que se comercializan estén aptos para el consumo humano.	SANIPES
Monitoreo ambiental	Realizar monitoreos periódicos en el litoral marino costero de ventanilla, así como en aquellas zonas que por efecto de la corriente marina han sido afectadas por el derrame.	MINAM / ANA / OEFA
Monitoreo ambiental	Brindar soporte técnico en la realización de monitoreos de la calidad ambiental del agua superficial marino costera, y dar seguimiento a las actividades que puedan dañar el ecosistema marino.	IMARPE
Plan de manejo ambiental	Elaborar un plan de manejo ambiental de corto y mediano plazo enfocado en garantizar la recuperación y manejo sostenible de las zonas afectadas por el derrame de petróleo.	MINAM
Vigilancia sanitaria	Continuar con las acciones de monitoreo y vigilancia con el fin de conocer el estado sanitario de las playas.	DIGESA
Marco Normativo	Actualizar y modificar el Plan Nacional de Contingencia para controlar y combatir derrames de petróleo y otras sustancias nocivas (1993) y actualizar el marco normativo ambiental relacionado a las actividades de hidrocarburos.	MINAM / OEFA / OSINERGMIN / ANA / APN / SERNANP / SERFOR / DIGESA

Protocolos de protección a la biodiversidad	Establecer lineamientos orientados a promover oportuna y adecuadamente la intervención del SINAFOR, así como elaborar y aprobar protocolos para el rescate, atención inicial, rehabilitación y liberación de las especies marino costeras.	SERFOR
Prevención y Mitigación	Elaborar e implementar protocolos, procedimientos y medidas de contingencia ante derrames de petróleo, adecuados a la capacidad y necesidades del proceso que realiza la empresa.	REPSOL
Fiscalización	Realizar actividades de fiscalización en las empresas que manejan hidrocarburos, en relación a los aspectos de seguridad en los procesos, además de garantizar que estas cuenten con los medios y recursos apropiados para el adecuado desarrollo de sus actividades, en caso se presenten situaciones de emergencia. Se requiere que todos los procesos sean auditados, especialmente en empresas y zonas facultadas para el desarrollo de las actividades petroleras.	OEFA / OSINERGMIN

*Nota.* Elaboración propia.

## IV. DISCUSIÓN

En el presente estudio se empleó la Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales elaborado por el Ministerio de Ambiente en el 2010, la cual se aplicó para evaluar el riesgo ambiental generado por el derrame de petróleo ocurrido en el litoral marino costero de Ventanilla, suscitado en el 2022. Al momento de la revisión bibliográfica no se hallaron trabajos de investigación relacionados a la realidad problemática, sin embargo, se encontraron investigaciones orientadas a la aplicación de la guía en mención, este documento se aplicó en las investigaciones de Guerrero (2022), Melo (2022), Torres (2021), Alvarado (2018) y Fernández (2018).

De los resultados obtenidos en la presente investigación, se determinó el nivel de riesgo ambiental en el litoral marino costero de Ventanilla, debido al derrame de petróleo. De la cual se obtuvieron valores del 70% y 80% para el entorno humano y ecológico respectivamente calificándose como “riesgo significativo”, mientras que para el entorno socioeconómico se obtuvo un valor del 40% siendo un “riesgo moderado”. La sumatoria y el promedio de estos valores resultó 63.33% que representa un nivel de riesgo ambiental calificado como “significativo”. Estos valores son similares a los obtenidos por Guerrero (2022), quien obtuvo para el entorno humano y ecológico valores del 67% y 80% respectivamente; sin embargo, para el entorno socioeconómico obtuvo un valor del 70%, con un promedio ponderado del 72%, el cual equivale a un riesgo “significativo”. A partir de estas evaluaciones se propusieron recomendaciones que permitan mitigar el riesgo derivado de las actividades de origen natural y antrópico.

En la presente investigación, se empleó la investigación documental y de campo como técnica de recolección de datos; asimismo, se compararon los parámetros orgánicos y fisicoquímicos del agua DBO y TPH con el ECA para agua, categoría 2, subcategoría C3. Melo (2022), también empleó la revisión bibliográfica y el trabajo en campo, además los resultados obtenidos en las dos áreas contaminadas fueron comparados con el ECA, siendo estos los parámetros fisicoquímicos del agua: T, CE, CL, OD, HTP, HEM, DBO<sub>5</sub> y DQO. Sin embargo, a diferencia de nuestra investigación, la cual empleó los rangos de estimación probabilista (anexo 9 ítem A) de la Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales, el autor utilizó el software estadístico MINITAB para estimar la probabilidad, para ello realizó predicciones del comportamiento de los contaminantes y le asignó valores de 1 a 5 en base a una probabilidad mayor a un mes y menor a 5 años.

Entre los peligros identificados en la presente investigación se tiene la “Falta de mantenimiento al sistema de control”, “Implementación inadecuada de un Plan de Contingencia”, “Personal no capacitado en situaciones de riesgo”, “Variables oceanográficas” y “Actividad petrolera”. Comparando con los peligros identificados por Torres (2021), se tienen “Cajas de control inoperativas y llenas de residuos sólidos” y el “Cercos perimétrico incompleto y sin mantenimiento algunos”. En el caso de Alvarado (2018) se identificó como peligros las “Condiciones ambientales”, “Deficiente nivel de medidas de seguridad”, “Deficiente gestión de mantenimiento”, “Inadecuada implementación de los planes de cierre de los pasivos mineros” y “Escaso conocimiento sobre la ocurrencia de desastres naturales”. Mientras que Fernández (2018), identificó como peligros la “Falta de mantenimiento de la PTAR” y “Falta o incumplimiento de un plan de manejo de residuos sólidos de la PTAR”. Mediante esta comparación fue posible inferir que las principales fuentes peligrosas son de origen antrópico, proviniendo principalmente del ámbito organizativo, así como las instalaciones y actividades.

La presente investigación presentó diversas limitaciones asociadas principalmente a la disponibilidad o acceso a información técnica y confiable, entre ellas, la obtención de información directa de las operaciones, procedimientos y procesos de la empresa Repsol en el terminal de La Pampilla, así como la obtención de parámetros de calidad ambiental para comparar con los ECA, habiéndose limitado a los monitoreos realizados por el IMARPE, donde estimaron rangos para describir los resultados obtenidos en las estaciones de monitoreo establecidas por esta entidad, considerando principalmente los TPH, DBO, pH y temperatura superficial como parámetros orgánicos y fisicoquímicos. Asimismo, debido a las actividades de limpieza que se vienen realizando por parte de la empresa Repsol para controlar el arrastre del petróleo en el litoral marino costero, se pudo constatar durante una visita a campo que el ingreso a la playa es restringido, ya que, al intentar registrar el estado de las playas mediante

fotografías, fuimos interceptadas por personal del municipio, quien ordenó que nos retiremos y evitemos tomar fotografías, por lo que solo se pudo obtener planos a distancia del estado de las playas y las actividades que se estaban realizando en ese momento (anexo 15). Por cuanto, para la investigación no se accedió a suposiciones o especulaciones.

En cuanto a las implicancias, la presente investigación evaluó el riesgo ambiental generado por el derrame de petróleo catalogado como el peor desastre ecológico ocurrido en Lima en los últimos años, a partir de una metodología aceptada, estandarizada y adoptada por el MINAM, obteniéndose un nivel de riesgo “significativo”, lo que permitió establecer y direccionar recomendaciones a diferentes entidades y organismos para llevar un seguimiento y control que permita disminuir el potencial de riesgo sobre el ecosistema y la población. Es preciso mencionar que, las investigaciones dirigidas a evaluar el riesgo ambiental generados por los derrames de petróleo, son limitadas, especialmente en el litoral marino costero.

## V. CONCLUSIÓN

Se concluye que el riesgo ambiental generado por el derrame de petróleo es “significativo”, por lo que ha sido necesario proponer medidas de control, mitigación y supervisión dirigidas a las entidades y organismos gubernamentales, así como a la empresa Repsol, responsable del derrame de petróleo en el litoral marino costero de Ventanilla.

Se concluye que la evaluación Ambiental efectuada en el litoral marino costero de Ventanilla debido al derrame de petróleo, caracteriza el riesgo ambiental en base al entorno humano (70%), ecológico (80%) y socioeconómico (40%), obteniendo de la sumatoria y promedio de los tres, un valor de 63.33%, equivalente a un “riesgo significativo”.

Se concluye que la probabilidad estimada en cada escenario, resultó en una valoración de 2, 3 y 4, equivalente a “posible”, “probable” y “altamente probable” respectivamente. Mientras que para la gravedad de las consecuencias se estimó una valoración en el rango de 20 a 18, cuyo valor asignado corresponde a 5, el cual equivale a un valor “crítico”. Finalmente, del producto de la probabilidad y la gravedad de las consecuencias, se estimó el riesgo ambiental en el entorno humano (E1, E2, E3 y E4), ecológico (E1 y E2) y socioeconómico (E1 y E2) obteniendo valores en el rango de 16 a 25, equivalente a un “riesgo significativo”, así como valores en el rango de 6 a 15, equivalente a un “riesgo moderado”.

Se concluye que las fuentes de peligro identificadas en el entorno humano corresponden a la falta de mantenimiento del sistema de control, la implementación inadecuada del plan de contingencia, así como no contar con personal calificado para actuar frente a situaciones de riesgo, mientras que en el entorno ecológico se identificó como fuente de peligro las variables oceanográficas y para el entorno socioeconómico se identificó como fuente de peligro la actividad petrolera. Asimismo, se analizaron los escenarios para el entorno humano, siendo estos

la inadecuada ejecución del plan de contingencia y protocolos de emergencia, la falla en las válvulas y el derrame de crudo, así como para el entorno ecológico, entre los cuales se tiene la afectación a la calidad del agua superficial así como el hábitat y la biodiversidad, y finalmente para el entorno socioeconómico, se tiene la disminución de la actividad extractiva y productiva de los recursos hidrobiológicos además de las actividades turísticas y de esparcimiento.

Se concluye que los parámetros de Calidad Ambiental para agua correspondiente a las estaciones de monitoreo en las playas Costa Azul, Cavero y Bahía Blanca, superan los ECO Categoría 2 Subcategoría 3. Para el parámetro de DBO (10mg/L), se superó el ECA en las estaciones E-01, E-02, E-04, E-07 y E-25, mientras que para el parámetro de TPH (0.01 mg/L) el ECA fue superado en las estaciones E-01, E-03, E-05, E-06, E-08, E-24 y E-25, siendo la E1 la que presentó niveles de concentración más altos para ambos parámetros.

## REFERENCIAS

- [1] National Oceanic and Atmospheric Administration. (2020). Oil spills. NOAA. <https://www.noaa.gov/education/resource-collections/ocean-coasts/oil-spills>
- [2] Ramírez, A. (2021). Análisis de los derrames de hidrocarburos procedente de buques y su gestión en el Perú. Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas, 24(48), 143-151. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v24i48.21770>
- [3] Velásquez, J. A. V. (2017). Contaminación de suelos y aguas por hidrocarburos en Colombia. Análisis de la fitorremediación como estrategia biotecnológica de recuperación. Revista de Investigación Agraria y Ambiental, 8(1), 151-167. <https://doi.org/10.22490/21456453.1846>
- [4] Llanos, S., Donoso, S., Lara, E., Barrientos, C., Fuentes, D., & González-Acuña, D. (2018). Efectos de un derrame de petróleo sobre la avifauna de las Bahías de San Vicente, región de Biobío, Chile, Revista Chilena de Ornitología 24(2), 63-74. <https://n9.cl/97xba>
- [5] Urteaga, P., Vázquez, I., Kahhat, R., & Silva, J. C. (27 de setiembre 2022). Los derrames de petróleo en las “zonas de sacrificio” en el Perú [Institucional]. IDEHPUCP. <https://idehpucp.pucp.edu.pe/analisis1/los-derrames-de-petroleo-en-las-zonas-de-sacrificio-en-el-peru/>
- [6] Actualidad Ambiental (01 de febrero de 2022). Derrame de petróleo en la costa peruana: Puntos claves para entender el desastre ambiental. SPDA Actualidad Ambiental. <https://n9.cl/hfpsi>
- [7] Ministerio del Ambiente, Dirección General de Calidad Ambiental. (2010). Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales. [https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/guia\\_riesgos\\_ambientales.pdf](https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/guia_riesgos_ambientales.pdf)
- [8] Pulido, V., Martínez, J. C., Bustamante, C. A., & Carhuaz, E. O. (2022). Daño ambiental en el litoral marino peruano causado por el derrame de petróleo (enero 2022) en la refinería La Pampilla. Manglar, 19(1), 67-75. <http://dx.doi.org/10.17268/manglar.2022.009>
- [9] Instituto Nacional de Defensa Civil (2022). Derrame de Hidrocarburos en el Distrito de Ventanilla-Callao. <https://n9.cl/0vzzyf>
- [10] Instituto del Mar de Perú (2022b). Prospección en la zona marino costera entre Ventanilla y Ancón-Lima. <https://n9.cl/opfl2>
- [11] Alvarado Bartra, R.L. (2018) Evaluación de Riesgos Ambientales en el proceso constructivo de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Rioja – 2017 [Tesis de ingeniero, Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/19163>
- [12] Baena, G. (2017). Metodología de la investigación. Grupo Editorial Patria
- [13] Decreto Supremo N°004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para-Agua y Establecen Disposiciones Complementarias (7 de junio de 2017). <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-agua-establecen-disposiciones-1>
- [14] DIGESA (2022). Monitoreo de playas afectadas por el derrame de petróleo en el marco de la declaratoria de emergencia ambiental. <https://n9.cl/hxxri>
- [15] Fernández Cayo, R.R. (2018) Evaluación de riesgos ambientales de la planta de tratamiento de aguas residuales del AA. HH Virgen de las Peñas, Tiabaya, 2018 [Tesis de ingeniero, Universidad Alas Peruanas]. <https://repositorio.uap.edu.pe/xmlui/handle/20.500.12990/3938>
- [16] Fernández, S. F., Sánchez, J. M. C., Córdoba, A., & Largo, A.C (2002). Estadística descriptiva (2da). ESIC Editorial.
- [17] Guerrero, L. C. (2022) Evaluación del Riesgo ambiental bajo la norma UNE 150008:2008 para la población de la Vereda el Dátil, Municipio de Macanal, Boyacá [Tesis de ingeniero, Universidad El Bosque]. <https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/9442/Proyecto%20de%20grado%20202202%20-%20004%20%281%29.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- [18] Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C.P. (2018). Metodología de la investigación: Las rutas: cuantitativa, cualitativa y mixta. Mc Graw Hill educación.
- [19] Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación. Mc Graw Hill.
- [20] Huisa, D., & Loza, A. (2021). Impacto de un pasivo ambiental petrolífero en el área y flora vascular a orillas del lago Titicaca, Perú. Revista de Ciencias Ambientales: Tropical Journal of Environmental Sciences, 55(2). <https://doi.org/10.15359/rca.55-2.9>
- [21] Instituto del Mar del Perú. (2022a). Monitoreo de los impactos ocasionados sobre los recursos hidrobiológicos por el derrame de petróleo en el sector litoral de Ventanilla. <https://n9.cl/n2ow>
- [22] Melo, M. R. (2022). Riesgo ambiental por contaminación de hidrocarburos en la comunidad de Corapata, distrito de Pusi Puno. Revista de Investigaciones, 11(3), 177-192. <https://doi.org/10.26788/ri.v11i3.3601>
- [23] Olaya Rojas, M. P., & Triviño Cortés, K. A. (2019). Estudio de las características fisicoquímicas de suelos y sedimentos y su influencia en las actividades productivas de la zona afectada por derrames de hidrocarburos en el Río Mira [Tesis de ingeniero, Universidad del Valle]. <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/handle/10893/17832>
- [24] Palomino, J., Peña, J., & Zevallos, G. (2015). Metodología de la Investigación (San Marcos).
- [25] Resolución Jefatural N°010-2016-ANA. Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (11 de enero de 2016). <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/656307/60190132695140460020200426-24009-151puxo.pdf>
- [26] Resolución Jefatural N°030-2016-ANA. Clasificación del Cuerpo de Agua Marino – Costero (25 de enero de 2016). [http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/rj.\\_ndeg\\_30-2015-ana.pdf](http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/rj._ndeg_30-2015-ana.pdf)
- [27] Torres Guerrero, A. B. (2021). Evaluación y análisis de riesgos ambientales en las pozas de estabilización de aguas residuales San Pablo—Sapallanga 2020 [Tesis de ingeniero, Universidad Continental]. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/10090>
- [28] Velásquez, A., Villalobos, E., & Wasiv, J. (2023). El derrame de petróleo en la refinería La Pampilla y sus efectos en el ecosistema marino costero y la economía local del distrito de Ancón (Lima, Perú). Revista Kawsaypacha, Sociedad y Medio Ambiente N° 11, A-003, 1-28. <https://doi.org/10.18800/kawsaypacha.202301.A003>
- [29] Zavala Chiriboga, L. C. (2017). Evaluación del riesgo ambiental originado por el derrame de combustible en la línea PK-128 del cantón La Concordia Santo Domingo en el periodo 2011 – 2015. [Tesis de ingeniero, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.espace.edu.ec/handle/123456789/7869>

## ANEXOS

- Tabla 3 - Formulación de escenarios
- Tabla 4 - Estimación de la probabilidad de ocurrencia
- Tabla 5 - Estimación de la gravedad de las consecuencias
- Tabla 6 - Valoración de los escenarios identificados en cada entorno
- Tabla 10 - Caracterización del riesgo ambiental
- Figura 3 - Formulario para la estimación de la gravedad de las consecuencias



**Tabla 3**  
Formulación de escenarios

Entorno	Tipología de peligro			Sustancia o Evento	Escenario de Riesgo	Causas	Consecuencias
	Ubicación de Zona	Natural	Antrópico				
Humano	Ventanilla		X	Falla del Sistema de control	Falla en las válvulas	Falta de mantenimiento al sistema de control	Contaminación del agua superficial
	Ventanilla		X	Ruptura de la manguera	Derrame de crudo	Falta de mantenimiento al sistema de control	Contaminación del agua superficial
	Ventanilla		X	Plan de Contingencia ineficiente	Inadecuada ejecución del Plan de Contingencia	Implementación inadecuada de un Plan de Contingencia	Tardío accionar de la empresa frente al derrame
	Ventanilla		X	Incumplimiento del protocolo de emergencia	Inadecuada ejecución de los protocolos de emergencia	Personal no capacitado en situaciones de riesgo	Poca capacidad para detectar la fuga de petróleo
Ecológico	Ventanilla		X	Alta concentración de TPH	Afectación a la calidad de agua superficial	Presencia de crudo en el cuerpo de agua superficial	Contaminación del agua superficial
	Ventanilla	X		Desplazamiento del petróleo en el litoral marino costero	Afectación del hábitat y la biodiversidad	Variables oceanográficas (corriente marina)	Pérdida parcial o total del ecosistema marino costero
Socioeconómico	Ventanilla		X	Contaminación de los recursos hidrobiológicos	Disminución de la actividad extractiva y productiva de los recursos hidrobiológicos	Presencia de crudo en el cuerpo de agua superficial	Disminución de los ingresos de la población
	Ventanilla		X	Contaminación de playas	Disminución de las actividades turísticas y de esparcimiento	Presencia de crudo en el cuerpo de agua superficial	Disminución de los ingresos de la población

Nota. Elaboración propia. Escenarios formulados para cada entorno, a partir de las fuentes de peligro identificadas.

**Tabla 4**  
Estimación de la probabilidad de ocurrencia

Entorno	Zona	Sustancia o Evento	Escenario de Riesgo	Causas	Consecuencias	Probabilidad
Humano	Ventanilla	Falla del Sistema de control	Falla en las válvulas	Falta de mantenimiento al sistema de control	Contaminación del agua superficial	4
	Ventanilla	Ruptura de la manguera	Derrame de crudo	Falta de mantenimiento al sistema de control	Contaminación del agua superficial	4
	Ventanilla	Plan de Contingencia ineficiente	Inadecuada ejecución del Plan de Contingencia	Implementación inadecuada de un Plan de Contingencia	Tardío accionar de la empresa frente al derrame	3
	Ventanilla	Incumplimiento del protocolo de emergencia	Inadecuada ejecución de los protocolos de emergencia	Personal no capacitado en situaciones de riesgo	Poca capacidad para detectar la fuga de petróleo	3
Ecológico	Ventanilla	Alta concentración de TPH	Afectación a la calidad de agua superficial	Presencia de crudo en el cuerpo de agua superficial	Contaminación del agua superficial	4
	Ventanilla	Desplazamiento del petróleo en el litoral marino costero	Afectación del hábitat y la biodiversidad	Variables oceanográficas (corriente marina)	Pérdida parcial o total del ecosistema marino costero	4
Socioeconómico	Ventanilla	Contaminación de los recursos hidrobiológicos	Disminución de la actividad extractiva y productiva de los recursos hidrobiológicos	Presencia de crudo en el cuerpo de agua superficial	Disminución de los ingresos de la población	2
	Ventanilla	Contaminación de playas	Disminución de las actividades turísticas y de esparcimiento	Presencia de crudo en el cuerpo de agua superficial	Disminución de los ingresos de la población	2

Nota. Elaboración propia. Probabilidad asignada a cada uno de los escenarios en base a los rangos de estimación probabilística.

**Tabla 5**  
Estimación de la gravedad de las consecuencias

Entorno Humano									
Nº	Escenario	Cantidad (Tn)		Peligrosidad (Según caracterización)		Extensión (Km)		Población afectada (personas)	
		Situación	Valoración	Situación	Valoración	Situación	Valoración	Situación	Valoración
1	Falla en las válvulas		4		4		4		4
2	Derrame de crudo		4	Muy inflamable	4		4		4
3	Inadecuada ejecución del Plan de Contingencia	1861.68 Tn (11900 barriles)	4	Muy tóxico Inflamable	4	9.8 km (muestra)	4	1744 personas (INDECI, 2022)	4
4	Inadecuada ejecución de los protocolos de emergencia		4	Combustible	4		4		4

Entorno Ecológico									
Nº	Escenario	Cantidad (Tn)		Peligrosidad (Según caracterización)		Extensión (Km)		Calidad del medio	
		Situación	Valoración	Situación	Valoración	Situación	Valoración	Situación	Valoración
1	Afectación a la calidad de agua superficial		4	Muy inflamable	4		4	TPH > ECA Cat. 2 / Sub	4
2	Afectación del hábitat y la biodiversidad	1861.68 Tn (11900 barriles)	4	Muy tóxico Inflamable Combustible	4	9.8 km (muestra)	4	Cat. 3 (IMARPE. 2022b)	3

Entorno Socioeconómico									
Nº	Escenario	Cantidad (Tn)		Peligrosidad (Según caracterización)		Extensión (Km)		Patrimonio y capital productivo	
		Situación	Valoración	Situación	Valoración	Situación	Valoración	Situación	Valoración
1	Disminución de la actividad extractiva y productiva de los recursos hidrobiológicos		4	Muy inflamable	4		4	Medianamente productivo	3
2	Disminución de las actividades turísticas y de esparcimiento	1861.68 Tn (11900 barriles)	4	Muy tóxico Inflamable Combustible	4	9.8 km (muestra)	4		2

Nota. Elaboración propia. Valoración de consecuencias asignada a cada uno de los escenarios en base a los rangos de los límites de los entornos.

**Tabla 6**  
Valoración de los escenarios identificados en cada entorno

Entorno Humano								
Nº	Escenario	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Población afectada	Valoración	Valor asignado	Valor
1	Falla en las válvulas	4	4	4	4	20	5	Crítico
2	Derrame de crudo	4	4	4	4	20	5	Crítico
3	Inadecuada ejecución del Plan de Contingencia	4	4	4	4	20	5	Crítico
4	Inadecuada ejecución de los protocolos de emergencia	4	4	4	4	20	5	Crítico

Entorno Ecológico								
Nº	Escenario	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Calidad del medio	Valoración	Valor asignado	Valor
1	Afectación a la calidad de agua superficial	4	4	4	4	20	5	Crítico
2	Afectación del hábitat y la biodiversidad	4	4	4	3	19	5	Crítico

Entorno Socioeconómico								
Nº	Escenario	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Patrimonio y capital productivo	Valoración	Valor asignado	Valor
1	Disminución de la actividad extractiva y productiva de los recursos hidrobiológicos	4	4	4	3	19	5	Crítico
2	Disminución de las actividades turísticas y de esparcimiento	4	4	4	2	18	5	Crítico

Nota. Elaboración propia.

**Tabla 10**  
Caracterización del riesgo ambiental

Entorno	Zona	Escenario	Probabilidad	Gravedad	Riesgo Ambiental	% Riesgo Ambiental	Promedio (%)	Caracterización (%)
Humano	Ventanilla	Falla en las válvulas	4	5	20	80	70	
	Ventanilla	Derrame de crudo	4	5	20	80		
	Ventanilla	Inadecuada ejecución del Plan de Contingencia	3	5	15	60		
	Ventanilla	Inadecuada ejecución de los protocolos de emergencia	3	5	15	60		
Ecológico	Ventanilla	Afectación a la calidad de agua superficial	4	5	20	80	80	63.33
	Ventanilla	Afectación del hábitat y la biodiversidad	4	5	20	80		
Socioeconómico	Ventanilla	Disminución de la actividad extractiva y productiva de los recursos hidrobiológicos	2	5	10	40	40	
	Ventanilla	Disminución de las actividades turísticas y de esparcimiento	2	5	10	40		

Nota. Elaboración propia. Caracterización en base al riesgo ambiental de los entorno humano, ecológico y socioeconómico.

Gravedad	Limites del entorno	Vulnerabilidad
Entorno natural	= Cantidad + 2 peligrosidad + extensión	+ Calidad del medio
Entorno humano	= Cantidad + 2 peligrosidad + extensión	+ Población afectada
Entorno socioeconómico	= Cantidad + 2 peligrosidad + extensión	+ Patrimonio y capital productivo

Fuente: En base a norma UNE 150008 2008 - Evaluación de riesgos ambientales.

Fig. 3 Formulario para la estimación de la gravedad de las consecuencias  
Nota. Extraído de la guía de evaluación de riesgos ambientales MINAM (2010).