



UNIVERSIDAD DEL PACIFICO

Maestría

Seguridad y Salud Ocupacional

Título del Trabajo de Titulación:

**Riesgo físico radioactivo y su incidencia en la tripulación de
los buque draga tipo TSHD durante el año 2018**

Autor:

Freddy Xavier Borja Santacruz

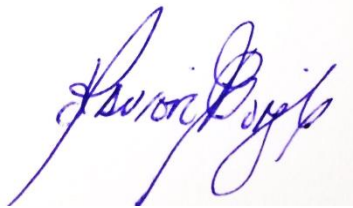
Director del trabajo de titulación:

MSc. ING. Jose Luis Saá Loor

Guayaquil, Septiembre 2019

DECLARACION DE AUTORIA

Yo, FREDDY XAVIER BORJA SANTACRUZ, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mí autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado, calificación profesional, o proyecto público ni privado; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.



NOMBRE

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de graduacion a DIOS, y a la Virgen de Guadalupe, que me permitieron seguir con la conclusión de este trabajo de graduacion. A mi sobrino Xavier que fue el faro que alumbro mi rumbo para la realización de este trabajo, A mis padres quienes me dieron vida, educación, apoyo, buenos ejemplos y consejos. A mi familia y mis compañeros de estudio, que me alentaron en todo momento, a mis maestros, quienes sin su ayuda nunca hubiera podido hacer este trabajo de graduacion. Para ellos es esta dedicatoria y agradecimiento, pues es a ellos a quienes se las debo por todo su apoyo incondicional.

RESUMEN

El presente proyecto de investigación analiza las consecuencias a la que están expuestos los tripulantes de los buques draga por la exposición al riesgo físico radioactivo. Este tipo de embarcaciones tiene como función extraer el material arcilloso de riberas o ríos para despejar el canal navegable para otro tipo de embarcaciones, sin embargo, muchas veces este material presenta elementos radioactivos que ponen en riesgo la salud del trabajador. Además, por las funciones que realiza el buque, dentro de la sala de máquinas, existen elementos altamente radioactivos como el cobalto o el cesio, los cuales contaminan el ambiente donde laboran los tripulantes. Es por ello que el objetivo de esta investigación es identificar la incidencia del riesgo radioactivo dentro del buque draga tipo TSHD mediante un análisis de los factores de riesgo originados por las operaciones de dragado para garantizar la productividad e integridad de la tripulación del buque en Guayaquil. Los resultados del estudio demostraron que los tripulantes del buque TSHD draga están expuestos continuamente al radioisótopo cobalto 60, para ello se propuso un plan que permita reducir la exposición al riesgo físico radioactivo mediante políticas de seguridad y compromiso con la salud ocupacional, las cuales están direccionadas a la supervisión de las actividades de los tripulantes, así como el uso de equipos adecuados de protección radiológica.

Palabras clave: buques draga TSHD, prevención, riesgo físico radioactivo, tripulación, Guayaquil

ABSTRACT

This research project analyzes the consequences to which dredger ship crew members are exposed due to exposure to radioactive physical risk. This type of boats has the function of extracting the clay material from riverbanks or rivers to clear the navigable channel for other types of boats, however many times this material has radioactive elements that put the worker's health at risk. In addition to the functions performed by the ship, within the engine room, there are highly radioactive elements such as cobalt or cesium, which pollute the environment where crew members work. That is why the objective of this investigation is to identify the incidence of radioactive risk within the dredge vessel type TSHD through an analysis of the risk factors caused by dredging operations to ensure the productivity and integrity of the ship's crew in Guayaquil. The results of the study showed that the crew of the ship TSHD dredger are continuously exposed to the cobalt radioisotope 60, for this purpose a plan was proposed to reduce exposure to radioactive physical risk through safety policies and commitment to occupational health, which are addressed to the supervision of the activities of the crew, as well as the use of adequate radiation protection equipment.

Keywords: TSHD dredge ships, prevention, radioactive physical risk, crew, Guayaquil.

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS	11
ÍNDICE DE FIGURAS	12
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA	
1.1 Introducción.....	14
1.2 Planteamiento del problema	16
1.3 Formulación del problema.....	16
1.4 Sistematización del problema.....	17
1.5 Objetivos del proyecto.....	17
1.5.1 Objetivo general	17
1.5.2 Objetivos específicos.....	17
1.6 Justificación.....	18
1.6.1 Justificación Teórica.....	18
1.6.2 Justificación Metodológica.....	18
1.6.3 Justificación Práctica	18
1.7 Hipótesis	19
1.7.1 Hipótesis general	19
1.7.2 Hipótesis específica	19
1.7.3 Hipótesis nula general	19
1.7.4 Hipótesis nula específica	19

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Fundamentación Teórica	20
2.1.1 Factores de riesgo laboral a bordo de un barco	20
2.1.2 Enfermedades profesionales marítimas	21
2.1.3 Factores que determinan la aparición de una enfermedad laboral.....	21
2.1.4 Factores de Riesgo Físicos Radioactivos	22
2.1.4.1 Actividad (A).....	24
2.1.4.2 Exposición (X).....	25
2.1.4.3 Dosis absorbida (D) el Gray y el Rad.....	25
2.1.4.4 Dosis equivalente (Q) el Sievert y el rem.....	26
2.1.4.5 Efectos biológicos de las radiaciones	30
2.1.4.6 Riesgos radioactivos ionizantes (R.I)	35
2.1.5 Lugar de trabajo: Tipos de dragas	36
2.1.5.1 Dragalina	37
2.1.5.2 Draga Cuchara	38
2.1.5.3 Draga Rosario.....	39
2.1.5.4 Draga de Pala retroexcavadora, Backhoe Dredger	40
2.1.5.5 Draga de succión estacionaria	41
2.1.5.6 Draga de succión con cortador. Cutter Suction Dredger.	41
2.1.5.7 Draga de Tolva de succión en marcha. Trailing suction hopper dredger	42
2.1.6 Equipos de seguridad en los barcos.....	50
2.1.6.1 Equipo de protección específica para riesgos radioactivos	51

2.2 Marco conceptual	52
2.3 Marco referencial.....	58
2.3.1 Situación actual de dragado	58
2.3.2 Base Legal	60
2.3.2.1 Normativa internacional sobre manejo de radiaciones ionizantes.....	60
2.3.2.1.1 OIT y las Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante	60
2.3.2.1.2 Normas de seguridad del Organismo Internacional de energía atómica para la protección de fuentes radioactivas.	61
2.3.2.2 Normativa nacional sobre manejo de radiaciones ionizantes	62
2.3.2.2.1 Artículo 326 literal 5 de la Constitución de la República del Ecuador	62
2.3.2.2.2 Decreto Supremo 3640: “Reglamento de Seguridad Radiológica”. 62	
2.3.2.2.3: Acuerdo Ministerial 283 del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable: “Norma técnica para la gestión segura de los desechos radiactivos y fuentes radiactivas selladas en desuso”	71
2.3.2.2.4 Decreto Ejecutivo 2393: Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo.....	78

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo de estudio	82
3.2 Método de estudio	82
3.3 Técnica de recolección de datos	82

3.4 Población	83
3.5 Muestreo y muestra	83
3.6 Variables	83

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1 Resultados del análisis teórico de información relevante sobre factores de riesgo físico radioactivo (Objetivo específico 1)	84
4.2 Resultados de encuestas aplicadas a los trabajadores del buque TSHD Draga (Objetivo específico 2)	87
4.3 Resultados obtenidos de fichas recolectoras de SS.OO. del buque Draga TSHD (Objetivo específico 3)	91

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN Y PROPUESTA

5.1 Discusión	95
5.2 Propuesta	96
5.2.1 Política de seguridad y compromiso con la salud ocupacional	97
5.2.2 Entrenamiento adecuado en seguridad	97
5.2.3 Comunicación oportuna de incidentes.....	98
5.2.3.1 Cabina del operador.....	98
5.2.3.2 Cubierta de la draga.....	98
5.2.4 Responsabilidades y búsquedas de accidentes	99
5.2.5 Elementos radioactivos en buques THSD Draga	101
5.2.5.1 Isótopo Cobalto 60	101
5.2.5.2 Lecturas del Isótopo Cobalto 60 buques TSHD Draga	102

5.2.6 Elementos de protección.....	103
5.2.6.1 Protección radiológica en operaciones	104
5.2.6.1.1 Medios de protección radiológica	105
5.2.6.1.2. Vigilancia de zonas de trabajo y personal	105
5.2.6.1.3 Clasificación y señalización por zonas	106
5.2.6.2 Elementos de Protección personal.....	107
5.2.7 Señalización.....	109
5.2.8 Acciones a realizar y controlar por parte del empleador	110
CAPÍTULO VI: CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN	
6.1 Conclusiones.....	112
6.2 Recomendaciones	113
CAPÍTULO VII: BIBLIOGRAFÍA.....	114

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Resumen de Unidades	28
Tabla 2: Efectos no ionizantes (Radiación óptica)	31
Tabla 3: Riesgos de la radiación.....	31
Tabla 4: Clínica del Síndrome de Irradiación Agudo.....	36
Tabla 5: Clasificación de Dragas.....	37
Tabla 6: Valor Medio del tiempo de vida.....	49
Tabla 7: ¿Conoce sobre los riesgos laborales en actividades de dragado?.....	87
Tabla 8: ¿Conoce sobre los riesgos laborales en el manejo de los sedimentos obtenidos?	88
Tabla 9: Enfermedades laborales por operaciones de dragado.....	89
Tabla 10: Incidencia de enfermedad laboral frente al nivel de productividad	90
Tabla 11: ¿Conoce Ud. sobre los riesgos de exposición a radiaciones físicas ionizantes y no ionizantes propias de las operaciones de dragado?	90
Tabla 12: ¿Conoce Ud. sobre los derechos del trabajador en materia de SSOO? contemplados en la legislación ecuatoriana?.....	91
Tabla 13: ¿Conoce Ud. sobre el manejo y promoción de planes de Seguridad ocupacional frente a la presencia de riesgos físicos radioactivos?	91
Tabla 14: Fuentes de radiación en los buques Draga TSHD.....	92
Tabla 15: Colores de seguridad de las señaléticas.....	110

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: fórmula de la actividad de una fuente radiactiva	24
Figura 2: Formula de la exposición o intensidad de un campo de radiación.....	25
Figura 3: Fórmula de la dosis absorbida.....	26
Figura 4: Radiaciones Ionizantes y no ionizantes	29
Figura 5: Tipos de radiaciones y sus efectos en el organismo.....	30
Figura 6: Draga Dragalina: estructura externa	38
Figura 7: Draga tipo cuchara	38
Figura 8: Draga Rosario	39
Figura 9: Draga de Pala “POSTNIK YAKOLEV” IMO-9519248	40
Figura 10: Draga de succión estacionaria.....	41
Figura 11: Draga hidráulica de succión con cortador “IBN BATTUTA” IMO-9448970	42
Figura 12: Draga TSHD	43
Figura 13: Draga TSHD “NUEVA LOJA” IMO 805306504	44
Figura 14: Sección transversal de transductor radioactivo de Densidad.....	45
Figura 15 : Partes del Medidor de Producción	47
Figura 16: Zona a intervenir en el dragado.....	60
Figura 17: Tipos de radiación.....	84
Figura 18: Exposición de radiación por zona corporal.....	85
Figura 19: Dosímetros y radiómetros	86
Figura 20: Tipos de radionucleidos presentes en las radiaciones	86
Figura 21: Conocimiento de riesgos por dragado vs riesgos por material obtenido	88
Figura 22: Enfermedades laborales por operaciones de dragado	89
Figura 23: Densímetro radioactivo IHC	93

Figura 24: Densímetro de buque TSHD Draga	94
Figura 25: Sala de Máquinas de Buque Draga	102
Figura 26: Diagrama de operaciones del calculador de producción.....	103
Figura 27: Principios de la radiación	104
Figura 28: Medios de protección radiológica	105
Figura 29: Tipos de dosímetros	106
Figura 30: Clasificación por zonas de radiación	107
Figura 31: Densímetro IHC para draga	108
Figura 32: Sensores de velocidad del buque draga TSHD	108
Figura 33: Proceso de lectura de las radiaciones en buques draga TSHD	109
Figura 34: Clasificación de zonas por exposición a radiaciones	110

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA

1.1 Introducción

Se conoce que las operaciones que se realizan en los distintos buques conllevan un enorme riesgo a la salud del trabajador, sobre todo en aquellas que se ejecutan en los buques de tipo TSHD (Trailing Suction Hopper Dredger) Draga de Tolva de succión y arrastre (Bosqued, 2012). En muchos casos, el trabajador desconoce las medidas básicas de seguridad ocupacional que debe seguir, lo que genera problemas a largo plazo, algunos de ellos irreversibles.

Un buque TSHD draga es una embarcación compuesta por autopropulsores donde se deposita el material dragado en un depósito denominado tolva (Bosalix Dragamex, 2015). Este material dragado tiene una composición variada, entre las que destacan cúmulos de arena densa o fina, limo o fango compuesto en su mayoría por conchas diminutos, dando un aspecto de plasticidad moderada (TPM, 2017).

Además, estos buques TSHD son muy utilizados debido a la versatilidad de operaciones en proyectos, puesto que pueden abarcar actividades tanto de succión como de mantenimiento en puertos de aguas profundas como en canales de acceso a estos (GAD Municipal Guayaquil, 2018). Esto establece, en la actualidad, la necesidad de incrementar los trabajos de succión utilizando este tipo de buques, sin tomar en consideración los riesgos laborales presentes que originan enfermedades ocupacionales en los trabajadores.

La Organización Marítima Internacional (OMI), agencia especializada de las Naciones Unidas, responsable de la seguridad y la protección en el transporte marítimo y de la prevención de la contaminación marina por los buques, coloca el factor humano en el centro de su trabajo. Problemas como el estrés, la fatiga, la carga de trabajo, las normas

de formación, la seguridad y la protección ambiental constituyen aspectos a los que los comités y subcomités de la OMI están prestando gran atención cuando revisan la suficiencia de las prescripciones y recomendaciones.

En muchos casos, los tripulantes de buques desconocen la afectación directa de los componentes del material dragado en su salud, a pesar de utilizar todo el equipo de protección suministrado, ya que se tiene la idea general que solo se debe prestar atención a los factores de riesgos biológicos, físicos, químicos o mecánicos, restándole la debida importancia al adecuado manejo de los desechos obtenidos en las operaciones de dragado.

Es por ello, que esta investigación está encaminada a establecer la incidencia de los riesgos físicos radioactivos en las operaciones dentro del buque TSHD draga mediante un análisis de los factores de riesgo originados por las operaciones de dragado para garantizar la productividad e integridad de la tripulación del buque en Guayaquil.

Los medios para que los buques en general y sus operaciones sean cada vez más seguros se han establecido, pero la realidad demuestra que no son lo suficientemente efectivos, bien porque son demasiados cambios en poco tiempo, bien porque se necesita más tiempo para su implantación y para poder evaluar la efectividad de todas las mejoras introducidas. El caso es que los resultados no se ven y el factor humano sigue siendo la causa mayor de los accidentes.

Así mismo, el contenido científico obtenido beneficiará a las compañías que realizan operaciones con este tipo de buque, no solo por atender y reducir los problemas de salud ocupacional, sino para mejorar la productividad de sus operaciones e incrementar la eficiencia en el cumplimiento de objetivos propuestos

1.2 Planteamiento del problema

Los trabajos realizados en los distintos buques presentan varios factores de riesgo que pueden llegar a originar serios problemas de salud en la tripulación. Por ello, el trabajador debe conocer las medidas de seguridad que debe seguir para proteger su integridad de enfermedades laborales, sin embargo en muchos casos la mayoría de estos conoce muy poco sobre los efectos directos que tienen ciertas actividades en la salud, especialmente en las operaciones realizadas en los buques TSHD draga.

Los buques TSHD draga realizan operaciones de dragado de distintos materiales que pueden poner en peligro la salud de sus tripulantes, por lo que la seguridad del equipo de trabajadores es primordial y debe estar garantizada, sobre todo cuando el equipo entra en contacto con el material dragado o con altas concentraciones de gas provenientes de las máquinas.

Además, resulta necesario profundizar sobre la relación entre el riesgo físico radioactivo por operaciones de dragado y la productividad de la tripulación, debido a que en Guayaquil se prevé realizar en este año el respectivo dragado del canal de acceso a Guayaquil, lo que podría afectar la salud de los trabajadores de dichos buques si no cumplen con las respectivas medidas de seguridad, por lo que este problema de investigación se encuentra delimitado en la ciudad de Guayaquil, en el periodo 2018.

1.3 Formulación del problema

Para esta investigación se ha formulado la siguiente interrogante: ¿Cómo incide el riesgo físico radioactivo en las operaciones de dragado en los buques TSHD?

1.4 Sistematización del problema

- ¿Cuáles son los principales factores de riesgo físico radioactivos que son comunes dentro del buque TSHD de Guayaquil?
- ¿Qué efectos generan las operaciones de dragado en la salud de los trabajadores del buque TSHD de Guayaquil?
- ¿Qué medidas de seguridad deben adoptarse para garantizar la productividad e integridad de la tripulación del buque TSHD de Guayaquil?

1.5 Objetivos del proyecto

1.5.1 Objetivo general

Identificar la incidencia del riesgo radioactivo dentro del buque draga tipo TSHD mediante un análisis de los factores de riesgo originados por las operaciones de dragado para garantizar la productividad e integridad de la tripulación del buque en Guayaquil.

1.5.2 Objetivos específicos

- Examinar los principales factores de riesgo físico radioactivo que se originan en el buque TSHD draga mediante un análisis teórico de información relevante para conocer los factores de riesgo que generan dichas enfermedades.
- Analizar los efectos que generan las operaciones de dragado en la salud de los trabajadores por medio del análisis de encuestas para establecer mecanismos que disminuyan dichos efectos en los trabajadores del buque TSHD draga de Guayaquil.
- Identificar las medidas de seguridad que se deben adoptar en las operaciones de dragado mediante el análisis de datos obtenidos para garantizar la productividad e integridad de la tripulación del buque TSHD draga de Guayaquil.

1.6 Justificación

1.6.1 Justificación Teórica

Este trabajo de investigación se realiza con el propósito de aportar nueva información sobre los factores de riesgo físicos radioactivos que se originan en las actividades de barcos, sobre todo en operaciones de dragado de buques TSHD draga de Guayaquil porque hasta el momento no existen estudios importantes que permitan conocer los efectos que tienen sobre la tripulación en general. Los beneficiarios de esta investigación serán las respectivas autoridades que podrán realizar otros estudios a profundidad o crear reglamentos que protejan al trabajador dentro del buque draga.

1.6.2 Justificación Metodológica

Esta investigación busca generar métodos nuevos que permitan proteger o garantizar la salud del tripulante del buque draga, para ello se elaborará técnicas o estrategias que permitan no solo mejorar la seguridad y salud ocupacional en los buques TSHD sino también el acceso a nuevas formas de estudios que antes no podían realizar por el limitado conocimiento sobre la problemática.

1.6.3 Justificación Práctica

Este trabajo de investigación se realiza debido a que existe la necesidad de garantizar la salud, el bienestar y la productividad de los tripulantes del buque TSHD en las operaciones de dragado en Guayaquil. Mediante los resultados que se obtengan se podrán mejorar las normas de seguridad en los buques draga contribuyendo al bienestar y rendimiento del trabajador y al nivel de productividad de la empresa de dragado.

1.7 Hipótesis

1.7.1 Hipótesis general

El riesgo físico radioactivo dentro del buque draga TSHD originados por las operaciones de dragado incidirá directamente en la productividad de la tripulación de los buques disminuyendo su calidad de trabajo.

1.7.2 Hipótesis específica

- Existen varios factores de riesgo físicos radioactivos que afectarán a todos los trabajadores del buque draga, independientemente de sus operaciones
- Las operaciones de dragado generarán factores de riesgo físicos radioactivos que pueden derivarse en enfermedades laborales o accidentes de trabajo en los trabajadores del buque draga.
- La utilización de medidas de seguridad en las operaciones de dragado disminuirán notablemente los factores de riesgo que originan las enfermedades laborales en la tripulación del buque draga de Guayaquil.

1.7.3 Hipótesis nula general

El riesgo físico radioactivos dentro del buque draga tipo TSHD originados por las operaciones de dragado no incidirán directamente en la productividad de la tripulación de los buques.

1.7.4 Hipótesis nula específica

- No existen varios factores de riesgo físicos radioactivos que afectarán a todos los trabajadores del buque draga, independientemente de sus operaciones.
- Las operaciones de dragado no generarán factores de riesgo físicos radioactivos que puedan derivarse en enfermedades laborales o accidentes de trabajo en los trabajadores.

- La utilización de medidas de seguridad en las operaciones de dragado incrementarían notablemente los factores de riesgo que originan las enfermedades laborales en la tripulación del buque draga de Guayaquil.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Fundamentación Teórica

2.1.1 Factores de riesgo laboral a bordo de un barco

Existen varios factores o agentes de riesgo que pueden afectar gravemente a los profesionales o tripulantes de los barcos, generando accidentes de trabajo (Ministerio de trabajo de España, 2016). Los principales factores son:

- *Riesgos físicos o mecánicos:* estos pueden estar originados por radiaciones ionizantes o no ionizantes, iluminación incorrecta o insuficiente, altas o bajas temperaturas, presencia de electricidad, cambios en la presión o explosiones, traumatismos, quemaduras, ruidos o vibraciones, posturas inadecuadas en el trabajo, superficies deficientes en el trabajo, entre otras.
- *Riesgos biológicos:* logran originarse por la presencia de enfermedades como el paludismo, algas marinas, fiebre amarilla o peces venenosos.
- *Riesgos químicos:* se originan por la presencia de productos o sustancias corrosivas como son los alergizantes, asfixiantes, irritantes, o por humos metálicos como las fibras de amianto o fibras de madera.
- *Riesgos psicosociales:* pueden presentarse por el estrés desencadenando el síndrome de agotamiento nervioso, presencia de fatiga física, descanso o alimentación inadecuada.

2.1.2 Enfermedades profesionales marítimas

El trabajo en los buques puede generar serias enfermedades profesionales. De acuerdo al Cuadro General de Enfermedades Profesionales emitido por el Ministerio de Trabajo de España en el 2016, las principales enfermedades que se originan en el trabajo en buques son:

- Sordera profesional por la continua acción del ruido
- Enfermedades por exposición al aire comprimido
- Paludismo, peste o fiebre amarilla
- Enfermedades angioneuróticas u osteoarticulares
- Intoxicación crónica por monóxido de carbono
- Intoxicación crónica por la exposición al benceno
- Asbestosis
- Afecciones en la piel
- Intoxicación por plomo
- Enfermedades por radiaciones ionizante
- Asma
- Intoxicación por inhalación de pesticidas
- Intoxicación por contacto con Tetracloruro de Carbono
- Parálisis (Ministerio de Trabajo de España, 2016).

2.1.3 Factores que determinan la aparición de una enfermedad laboral

Existen varios factores que incrementan la aparición o intensidad de una enfermedad laboral a bordo de un barco. Para la Guía de Sanitaria a Bordo de España del 2016, los principales factores son:

- *Tiempo de exposición:* se relaciona con la concentración del agente causante, por lo que a una misma concentración pero con mayor tiempo de exposición generará una mayor lesión.
- *Concentración del agente contaminante:* todo agente corrosivo del trabajo será directamente proporcional a la gravedad de las heridas del profesional a bordo.
- *Exposición simultánea a otros factores de riesgo:* las combinaciones como presencia de tóxicos o altas temperaturas generarán un efecto doblemente dañino.
- *Susceptibilidad del trabajador:* depende de la resistencia del organismo del trabajador, por lo que en trabajadores con padecimientos crónicos serán más susceptibles a contraer enfermedades.
- *Otras circunstancias:* factores como la suciedad, temperatura de trabajo, esfuerzo físico inciden directamente en el riesgo de contraer enfermedades laborales o profesionales a bordo de los barcos (Ministerio de Trabajo de España, 2016).

2.1.4 Factores de Riesgo Físicos Radioactivos

Los riesgos físicos radioactivos son originados por la propagación de energía electromagnética en forma de ondas, lo que se conoce como radiación. Esta energía está formada por dos tipos de campos, uno magnético y otro eléctrico que oscilan en fase perpendicular entre sí. Estos campos se los encuentran de forma natural en todas partes, desde el campo magnético de la Ionosfera, celulares, transformadores de energía eléctrica, materiales de soldar, entre muchos otros.

Para medir la radiación se utiliza un espectro, que no es más que la clasificación de radiaciones en función de la energía que se transporta en forma de onda. Existen dos tipos de clasificaciones de radiación, dependiendo del espectro radioactivo que posean, los cuales son: ionizantes y no ionizantes. Las radiaciones no ionizantes son aquellas

ondas o partículas que no logran arrancar electrones “ionizar” de la materia que ilumina, siendo solamente excitaciones de forma electrónica.

Por otro lado, las radiaciones ionizantes es un grupo de partículas y ondas electromagnéticas que provocan la separación de los electrones, átomos y moléculas, originan cambios en las propiedades químicas de un medio o un material. Este tipo de radiación tiene una mayor cantidad de energía en el espectro electromagnético, van desde la radiación ultra violeta hasta la radiación gamma, estos tipos de radiación de energía que provocan la ionización tienen un límite inferior para la radiación ionizante que está entre los 10 Kilo electronvoltios (KeV), (Organización Internacional del Trabajo, 2001)

Existen varios tipos de radiaciones ionizantes. Cada uno de ellos va a tener un origen, energía y capacidad de penetración diferente. Algunos de ellos tienen una naturaleza física corpuscular y otros en forma de onda electromagnética.

- **Radiación α (alfa):** emisión de partículas formadas por núcleos de helio con energía muy elevada y baja capacidad de penetración.
- **Radiación β (Beta):** emisión de electrones o positrones (igual masa que el electrón con carga positiva) desde el núcleo por la transformación de neutrones o protones. Menor energía que la α y la capacidad de penetración mayor.
- **Radiación de neutrones:** emisión de partículas sin carga. Alta energía y gran capacidad de penetración.
- **Rayos X:** radiación electromagnética procedente de los orbitales atómicos. Son las de menor energía, pero con gran capacidad de penetración.
- **Rayos γ (gamma):** radiaciones electromagnéticas procedentes del núcleo del átomo. Menor energía que α y β pero mayor capacidad de penetración.

La radiactividad es un desprendimiento de energía en una forma específica, y por lo tanto las unidades de energía serían adecuadas para medir cantidades de radiactividad liberadas. Se puede medir en Joules o en calorías. Y esto valdría también para medir cantidades de luz, cantidades de calor, cantidades de trabajo: todas las formas de energía son, en cierta medida, equivalentes, y se miden en las mismas unidades.

Pero cada forma de energía tiene peculiaridades, que hacen que se inventen formas de medirla más cercanas a la necesidad que tenemos de conocerla mejor y de medir sus efectos. Por eso se han inventado unidades nuevas, que suelen ser poco conocidas. La radiactividad se origina por la desintegración de núcleos radiactivos, de forma espontánea o provocada.

2.1.4.1 Actividad (A)

La magnitud que aporta información acerca del nivel o grado de radiactividad de una fuente o material se denomina actividad (A), en el S.I. de unidades, vigente en la mayor parte de países, se define el *becquerel* (Bq), equivalente a 1 desintegración por segundo. Este valor es muy bajo en muchos casos. Antes se había definido la unidad de actividad (A) denominada *curie* (Ci). 1 curie equivale a 37000 millones de becquereles.

Esta unidad no da idea de la cantidad total de energía absorbida por un cuerpo, que es el valor importante a los efectos prácticos. Para evaluar los efectos de las radiaciones sobre la materia inerte o los seres vivos se utilizan las magnitudes “dosis absorbida” y “dosis equivalente”.

$$A = - \frac{\Delta N}{\Delta t} = N\lambda = N_0 e^{-\lambda t}$$

Figura 1: fórmula de la actividad de una fuente radiactiva

Fuente: (Bengt, 2016)

2.1.4.2 Exposición (X)

Si una fuente radiactiva que emite rayos gamma (γ) se coloca en aire, producirá ionización del aire que la rodea. Midiendo la cantidad de carga eléctrica producida en una masa de aire conocida, tendremos un método para medir la intensidad de la radiación o *dosis de exposición*. La definición formal de la exposición es la siguiente:

$$X = \frac{\Delta Q}{\Delta M}$$

Figura 2: Formula de la exposición o intensidad de un campo de radiación

Fuente: (Bengt, 2016)

En donde ΔQ es la suma de todas las cargas eléctricas de los iones de un signo producidos en aire, cuando todos los electrones liberados por fotones en un elemento de volumen de aire, cuya masa es ΔM , son completamente detenidos en aire. La unidad de exposición en el SI es el culombio por kilo-gramo (C/Kg), que no ha recibido ningún nombre especial. En el sistema CS la unidad de exposición es el Roentgen (R) definido como

$$1R = 2,58 \times 10^{-4} \text{ C/Kg}$$

Originariamente el roentgen fue definido como la cantidad de radiación gamma que produce 1 ue (unidad electrostática) de carga en un cm^3 de aire seco a presión y temperatura normales (PTN)

2.1.4.3 Dosis absorbida (D) el Gray y el Rad

Es la cantidad de energía cedida por la radiación a la unidad de masa de materia irradiada. En el S.I. la unidad de dosis absorbida es el Gray (Gy), definido como sigue:

$$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/ kg.}$$

La unidad antigua de dosis absorbida es el rad, definido como:

$$1 \text{ rad} = 0.01 \text{ J/ kg.}$$

Como se puede ver: $1 \text{ rad} = 0.01 \text{ Gy} = 1 \text{ cGy}$. Nótese también que un Roentgen deposita en tejido una dosis de 0.96 rad, casi un rad, por lo que con frecuencia estas dos unidades se confunden.

$$D = \frac{dE}{dm}$$

Figura 3: Fórmula de la dosis absorbida

Fuente: (Bengt, 2016)

Una dosis de 20 Gy de radiación ionizante recibida de golpe es mortal. Si una persona de 70 kg la recibiera, habría recibido 1400 Joules, que equivalen a solo 336 calorías. Este valor es muy pequeño: equivale a la energía química que se ingiere al comer 84 mg de azúcar, o 37 mg de aceite.

Es la forma de recibirla, en forma de radiación ionizante, lo que provoca la muerte. Pero tampoco esta unidad es suficiente para darnos idea de qué efectos tiene la radiación sobre los seres vivos, porque no es lo mismo una dosis de radiación recibida en forma de fotones (rayos gamma o X) que la misma dosis recibida en forma de partículas más pesadas (neutrones, protones, radiación alfa), que tienen efectos más nocivos. Por ello se ha tenido que inventar otra unidad, denominada *sievert (Sv)*.

2.1.4.4 Dosis equivalente (Q) el Sievert y el rem

Aunque todas las radiaciones ionizantes son capaces de producir efectos biológicos similares, una cierta dosis absorbida puede producir efectos de magnitudes distintas, según el tipo de radiación de que se trate. Esta diferencia de comportamiento ha llevado a definir una cantidad llamada factor de calidad (Q) para cada tipo de radiación.

1 Sv es igual a 1 Gy si la radiación se absorbe en forma de fotones (radiación electromagnética) o electrones, pero,

1 Sv equivale a 2 Gy si se absorben protones, de 5 a 10 Gy si se absorben neutrones, y 20 Gy si son partículas alfa.

Por otro lado, no es lo mismo que la dosis se reciba de forma difusa por todo el cuerpo que en un órgano concreto. La forma de recibir la radiación también es importante. La piel actúa como barrera y frena más la radiación que si ésta se ingiere con los alimentos o si se respira.

Se seleccionó arbitrariamente $Q = 1$ para rayos X y gamma. El factor de calidad es una medida de los efectos biológicos producidos por las distintas radiaciones, comparados con los producidos por los rayos X y gamma, para una dosis absorbida dada.

Así, por ejemplo, un Gray de partículas alfa produce efectos biológicos 20 veces más severos que un Gray de rayos X. El factor de calidad Q depende de la densidad de ionización de las diferentes radiaciones. La dosis equivalente es un nuevo concepto que se definió tomando en cuenta el factor de calidad.

La dosis equivalente considera el daño producido. Es igual a la dosis absorbida multiplicada por el factor de ponderación que depende del tipo de radiación. La unidad de dosis equivalente en el S.I. es el Sievert (Sv), aunque, como esta es una unidad relativamente grande, es más habitual utilizar el mili sievert (mSv) o el micro sievert (μSv), definido como:

$$1 \text{ SV} = 1 \text{ Gy} \times Q.$$

La unidad antigua es el rem, con $1 \text{ rem} = 1 \text{ rad} \times Q$.

Nótese que $1 \text{ rem} = 0.01 \text{ Sv} = 1 \text{ cSv}$.

Por ejemplo, dosis en un día, menores de 0,2 Sv no se considera que produzcan efectos medibles. Suelen ser los límites autorizados para trabajadores de instalaciones con

radiaciones ionizantes (operadores de rayos X, de centrales, de submarinos con propulsión nuclear, etc.). Dosis entre 0,2 y 1 Sv reducen la producción de glóbulos rojos de forma transitoria, y generan dolores de cabeza. Dosis entre 1 y 2 Sv generan vómitos, cansancio, y mortalidad de un 10% en el próximo mes.

Estos síntomas van agravándose con pérdida del cabello, hemorragias, infertilidad, mutaciones genéticas, hasta los valores superiores a 10 Sv, que provocan la muerte casi segura en una semana, aunque haya tratamiento médico.

Si la radiación se recibe de forma paulatina a lo largo del tiempo los efectos son menores, cuanto menos radiación se reciba. Hay muchas formas de recibir radiaciones ionizantes: rayos X o TACs, rayos cósmicos recibos en vuelos a gran altura, respirar el gas radón que desprenden muchos edificios de forma cotidiana, vivir en determinadas regiones del planeta en que hay radiactividad natural más intensa que en otros lugares, o ingerir determinadas verduras.

Gray, Sievert, Curie y Becquerel han sido científicos vinculados al estudio de la radiactividad. De hecho, Madame Curie inventó el concepto de radiactividad, y probablemente murió por sus efectos.

Tabla 1: Resumen de Unidades

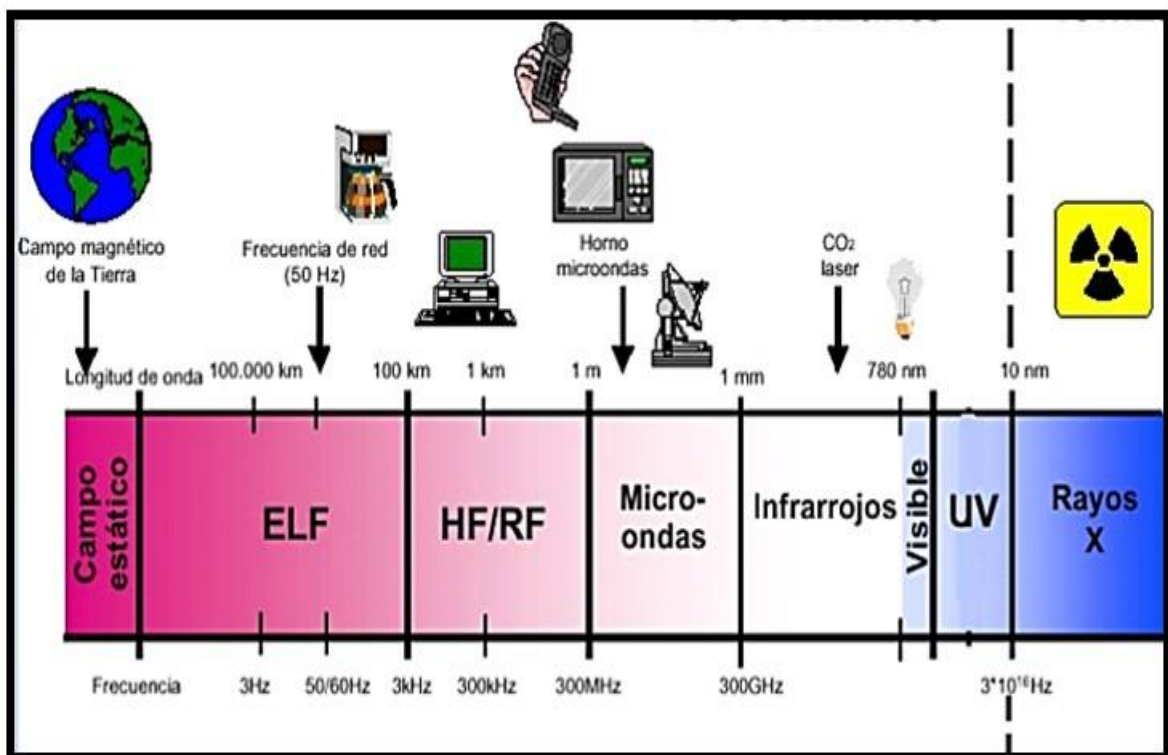
MAGNITUD	PROCESO FISICO	SISTEMA INTERNACIONAL	UNIDADES INGLESAS
ACTIVIDAD (A)	DESINTEGRACION NUCLEAR	BECQUEREL (Bq)	CURIE (Cu)
EXPOSICION (X)	IONIZACION DEL AIRE	COULOMB/KILOGRAMO (C/Kg)	ROENTGEN
DOSIS ABSORBIDA (D)	ENERGIA DEPOSITADA	GRAY (Gy)	RAD
DOSIS EQUIVALENTE (H)	EFEECTO BIOLOGICO	SIEVERT (Sv)	REM

Fuente: (Bengt, 2016)

Para medir estas magnitudes de dosis se pueden utilizar detectores de radiación o dosímetros:

- **Los detectores de radiación** son instrumentos de lectura directa, generalmente portátiles, que indican en una pantalla la tasa de radiación, es decir, la dosis en un periodo de tiempo corto, habitualmente minutos. Se suelen utilizar para medir exposiciones puntuales a radiaciones ionizantes.
- **Los dosímetros** también son detectores de radiación, pero se están diseñados para medir la dosis de radiación durante periodos de tiempo más largos, semanas o meses. Se utilizan para medir la exposición de los trabajadores de zonas donde existen radiaciones. Estas radiaciones son altamente perjudiciales a la salud por su efecto cancerígeno. En el siguiente gráfico se muestra la división de radiaciones ionizante (rayos x) y no ionizante.

Figura 4: Radiaciones Ionizantes y no ionizantes



Fuente: Ministerio de Ciencia e Investigación de España (2016)

2.1.4.5 Efectos biológicos de las radiaciones

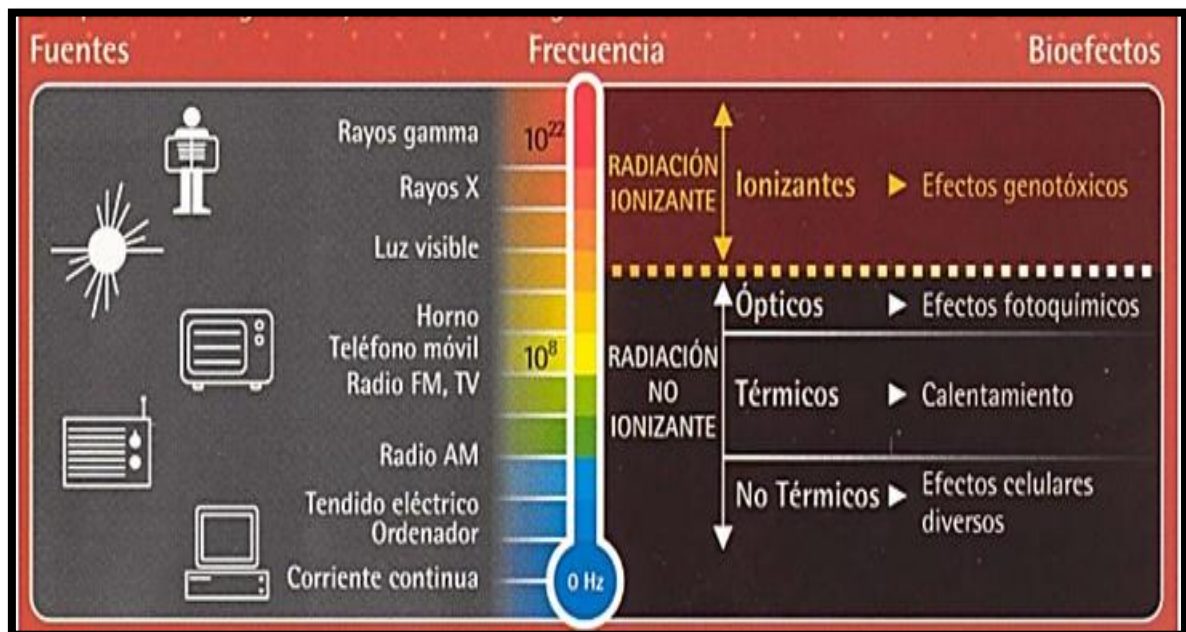
Algunos de los efectos directos que las radiaciones provocan en el organismo dependen de la intensidad y de la frecuencia. Los efectos se dividen en dos clases:

Efectos ionizantes y efectos no ionizantes (de excitación)

Los efectos no ionizantes, a su vez, se dividen en efectos ópticos, térmicos y de inducción de corrientes. De estos efectos, se desprenden características propias como fotoquímicas, calentamiento en el organismo o efectos celulares diversos, dependiendo de la prolongada exposición a la que estén expuestas las células del organismo.

En el siguiente gráfico se muestra los tipos de radiaciones y los efectos que se producen en el cuerpo, así como los aparatos electrónicos que los producen.

Figura 5: Tipos de radiaciones y sus efectos en el organismo



Fuente: Ministerio de Ciencia e Investigación de España (2016)

A su vez, las radiaciones tienen fuentes particulares donde se generan, como las radiaciones ópticas que se originan en las lámparas germicidas, transiluminadores y soldaduras.

Para evitar este tipo de radiaciones, se recomienda utilizar una protección ocular adecuada, no trabajar con lámparas germicidas en funcionamiento y mantener un adecuado mantenimiento de las máquinas. Según el tipo de afectaciones a la salud, las radiaciones ópticas pueden causar:

Tabla 2: Efectos no ionizantes (Radiación óptica)

		UV – B y C	UV - A	VISIBLE	VISIBLE	IR
		200 – 315 nm	315 – 400 nm	R. fotoquímico 400–700 nm	Riesgo Térmico 400–1400 nm	700– 3000 nm
OJO	Córnea	Queratitis, conjuntivitis				
	Cristalino		Cataratas Fotoquímico			Cataratas Térmicas
	Retina			Lesión Fotoquímica	Lesión Térmica	
PIEL		Eritemas Efectos cancerígenos		Lesión Térmica		

Fuente: Ministerio de Ciencia e Investigación de España (2016)

Los efectos ionizantes para determinar el daño al organismo que produce una radiación se toma en consideración el tipo de exposición y la cantidad de radiación que se emita. Las dosis radioactivas se miden en mili Sievert (mSv), siendo una exposición normal diaria de 0,00025 mSv. De acuerdo a la escala propuesta por el físico Becquerel en 1896, los riesgos radioactivos se incrementan de la siguiente manera:

Tabla 3: Riesgos de la radiación

10000 rem	100 Sv	Muerte en pocas horas por daño del sistema nervioso central
1200 rem	12 Sv	Muerte en varios días por daño del sistema gastrointestinal
600 rem	6 Sv	Muerte en varias semanas por daño de los órganos donde se forma la sangre
200 rem	2 Sv	Vómitos en dos horas, Vulnerabilidad a las infecciones por la destrucción de los glóbulos blancos.
75 rem	0,75 Sv	Debilidad temporal, pero posible recuperación en pocos días.

Fuente: Universidad de Granada, J.E. Amaro 2006-05-26

Otro esquema de clasificación se basa en las consecuencias de la radiación. Así se distingue entre dos amplias categorías: radiaciones estocásticas y no estocásticas.

1. Efectos no estocásticos (o no probabilísticos). Son los efectos que se relacionan con la dosis de forma determinista, es decir, si se ha depositado una dosis equivalente suficientemente alta, aparecerán cierto tipo de efectos. Por ejemplo, si una dosis de rayos X excede de 100 rem, se observará un enrojecimiento de la piel, tras cierto nivel de dosis se producen cataratas en los ojos, etc.

2. Efectos estocásticos (probabilísticos). Son efectos que pueden aparecer, pero no lo hacen necesariamente. Lo más que se puede decir es que existe una cierta probabilidad de que estos efectos se produzcan. Los ejemplos más conocidos son el desarrollo de cáncer y las mutaciones genéticas. Otro método de clasificación útil considera el mecanismo real por el cual la radiación ionizante afecta al organismo. Se pueden distinguir dos categorías de efectos: directos e indirectos.

1. Efectos directos. La energía de la radiación se transfiere a la materia mediante ionización o ruptura de los enlaces químicos. Este proceso crea iones cargados y químicamente activos. El paso de la radiación deja una huella de enlaces moleculares rotos. Este primer paso en la deposición de energía es el efecto directo.

2. Efectos indirectos. Los iones dejados en la traza de la radiación se recombinarán posteriormente para formar nuevos enlaces.

Las células que se reproducen rápidamente muestran una especial sensibilidad a la radiación. En los humanos adultos los dos órganos más sensibles son:

1. Los órganos que producen los componentes de la sangre. Especialmente la médula ósea.

2. La cubierta interior del tracto gastro-intestinal. Este tejido está reproduciéndose continuamente.

La sensibilidad de los organismos multicelulares a la radiación cambia con el tiempo. El periodo de crecimiento es obviamente el de mayor sensibilidad, pues la multiplicación de las células es más rápida. Por esta razón las dosis máximas recomendadas son menores para los niños y mujeres embarazadas. La alteración de la información genética en la célula no significa necesariamente que las células sean incapaces de reproducirse. La disrupción de la información podría ser sólo parcial, la célula lograría reproducirse, pero la copia podría resultar alterada. Si las células alteradas proliferan más rápido que las normales, pueden desarrollarse cánceres latentes.

La información almacenada en las células es sensible a varios agentes y no sólo a las radiaciones ionizantes. El efecto de una sustancia cancerígena puede explicarse con el mismo modelo que usamos para la radiación: son sustancias que alteran la composición química de las moléculas de la célula que incorporan la información para la reproducción. El efecto final de la radiación es químico, de ahí la dificultad de distinguir entre efectos latentes causados por la radiación y efectos causados por otras fuentes.

Efectos agudos. Los efectos que grandes dosis de radiación producirán en un corto lapso de tiempo (de horas a meses) son directamente proporcionales a la dosis equivalente y, por tanto, se clasifican como “no estocásticos”. Así, Las dosis que excedan los ~ 75000 mrem producirán en pocas horas síntomas observables (Síndrome de radiación agudo): náuseas, vómitos, caída del pelo, debilitamiento, disminución de los glóbulos blancos.

La exposición de los ojos puede producir cataratas. Los síntomas son proporcionales a la dosis equivalente. Por encima de los 200 000 mrem se puede producir la muerte. Pero puesto que distintos individuos poseen distinta sensibilidad, es imposible dar una cifra

precisa sobre la dosis necesaria para producir la muerte. Es preferible definir un índice estadístico, denotado D_{50}/T , y definido como la dosis (aplicada sobre todo el cuerpo en un periodo breve de tiempo) necesaria para matar a la mitad de la población en T días. Por ejemplo, la dosis $D_{50}/60$ es aquella que matara en 60 días a la mitad de la población que se expuso a ella. Para la mayoría de los mamíferos, dicha dosis es de $\sim 340\ 000$ mrem, también para el hombre.

Efectos latentes. Supongamos que una persona ha sobrevivido a una dosis que potencialmente podría ser fatal. Los efectos de la radiación no cesan completamente. Muchos efectos pueden aparecer años después. Estos son los llamados “efectos latentes”, que están bien establecidos para niveles altos de radiación comparados con el fondo normal. Para dosis agudas que excedan de ~ 100 rem se ha demostrado que la incidencia de cáncer aumenta linealmente con la dosis. Ahora bien, no está claro que dicha dependencia siga siendo lineal para dosis menores.

En la práctica, es rara la exposición a altas dosis agudas. La mayor cantidad de datos referidos a grandes dosis con que contamos actualmente, provienen de las bombas en Hiroshima y Nagasaki (incluso teniendo en cuenta el accidente en Chernobyl).

También es posible la existencia de una dosis umbral, por debajo de la cual la radiación no produzca daño. Esta teoría se basa en que el sistema de almacenamiento de información en la célula es “redundante” y en la habilidad de las células para reparar pequeños daños. Según esta teoría, la radiación produce daño sólo cuando se exhaustan las estructuras redundantes y se excede la habilidad de la célula para auto repararse. A partir de este punto el daño empieza a ser lineal con la dosis. La solución de este problema tendría implicaciones sociales. Las decisiones gubernamentales y la ubicación de instalaciones están basadas en cálculos de los índices de riesgo.

El estudio de los efectos genéticos de la radiación es el más complicado. Es de esperar que la información genética, que permite la supervivencia de las especies, sea especialmente vulnerable a la radiación. Pero los estudios realizados hasta ahora parecen no confirmar esta hipótesis. Tomemos como ejemplo la mayor población que, hasta ahora, ha sido expuesta a grandes dosis agudas, los supervivientes de Hiroshima y Nagasaki. La tasa de mutación genética de sus descendientes (en la actualidad la tercera generación) no muestra desviaciones estadísticas significativas con respecto a la población japonesa normal (no expuesta a la radiación). Lo mismo ocurre con las poblaciones de Kerala en India y de algunas regiones de Brasil que han vivido durante años expuestos a un fondo natural de radiación varios ordenes de magnitud superior al medio terrestre. El número de mutaciones genéticas en estos lugares no excede significativamente del de otros lugares con menores niveles de radiación de fondo.

2.1.4.6 Riesgos radioactivos ionizantes (R.I)

Son aquellos que extraen electrones del átomo. Los efectos dañinos de la radiación ionizante en un organismo vivo se deben en primera instancia a la energía absorbida por las células y los tejidos que lo forman. Esta energía absorbida principalmente a través de los mecanismos de ionización y excitación atómica, produce descomposición química de las moléculas presentes.

Para poder medir y comparar las energías absorbidas por el tejido en diferentes condiciones ha sido necesario definir ciertos conceptos (de exposición, de dosis absorbida, de dosis equivalente), así como las unidades correspondientes. Estas definiciones y unidades han ido evolucionando a medida que se ha tenido mayor conocimiento de la radiación.

La Comisión Internacional de Unidades de Radiación (ICRU) ha definido un sistema de unidades aceptado internacionalmente, y de empleo rutinario en la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICPR). Estas unidades en el sistema internacional (S.I.) incluyen el Becquerel, el Gray y el Sievert, y su definición se basa en el sistema MKS. Vienen a substituir al Curie, al rad y al rem, que son unidades tradicionales.

En lo que sigue se definen, en primer lugar, las unidades del S.I. para cada uno de los conceptos, y después las antiguas. La transición de un sistema de unidades al otro ha sido lenta, por lo que es frecuente encontrar las antiguas unidades en los textos, en los medidores de radiación y en el uso cotidiano. Las tasas de dosis dependen del incremento por unidad de tiempo, estas se miden en Gray por segundo (Gy/s), también se puede utilizar las dosis por sievert Sv/s. A continuación, se muestra un esquema de la forma clínica del síndrome de irradiación agudo:

Tabla 4: Clínica del Síndrome de Irradiación Agudo

	CEREBRAL (50 Gy)	GASTRO INTESTINAL (10-20 Gy)	HEMATOPOYÉTICA (2-10 Gy)	PULMONAR (6 Gy a pulmones)
Día 1	Náuseas, vómitos, diarrea, cefalea, desorientación, ataxia, coma, convulsión, muerte	Nausea, vómito, diarrea	Náuseas, vómitos, diarrea	Náuseas, vómitos
2 sem		Náuseas, vómitos, diarrea, fiebre, eritema, postración, muerte		
3-6 sem			Debilidad, fatiga, anorexia, fiebre, hemorragia, epilación, recuperación o muerte	
2-8 meses				Tos, diarrea, fiebre, dolor torácico, fallo respiratorio

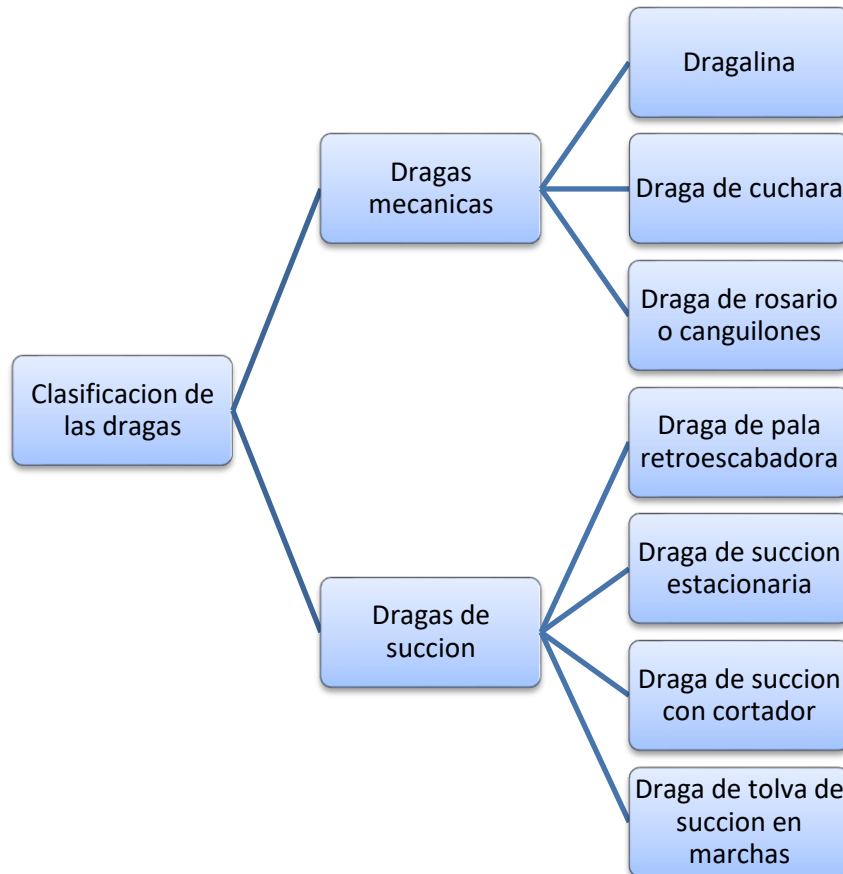
Fuente: Universidad de Madrid UCM (2015)

2.1.5 Lugar de trabajo: Tipos de dragas

Las Dragas se pueden clasificar en dos tipos principales dependiendo del método usado para transportar el material del fondo del mar a la superficie del agua: Dragas mecánicas

(Barcazas o Pontones) y Dragas de succión (Barcazas o Buques); No todas las dragas encajan perfectamente en uno de los dos grupos, si bien en estos casos se suele tratar de dragas con misiones muy específicas.

Tabla 5: Clasificación de Dragas

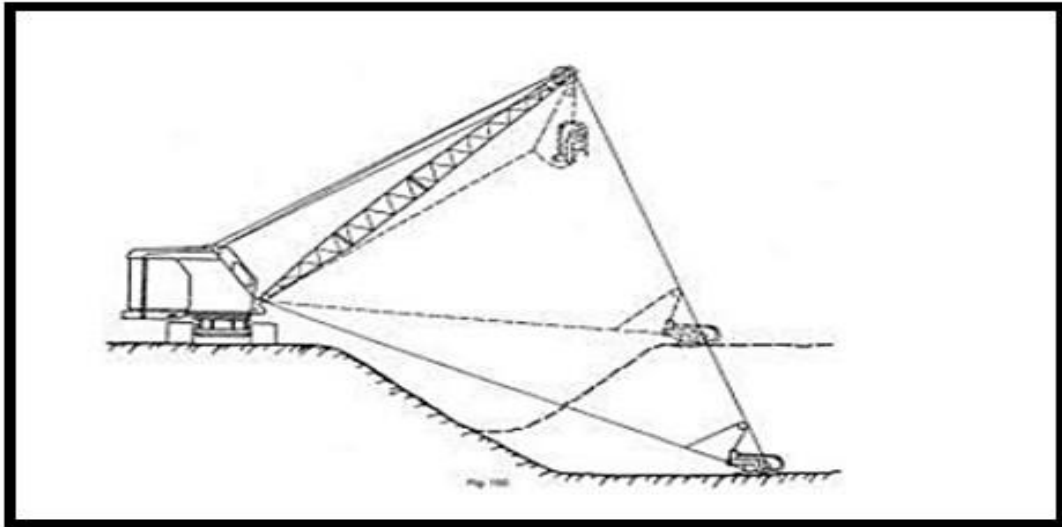


Fuente: IACDC “INTERNATIONAL ASSOCIATION OF DREDGING COMPANIES.

2.1.5.1 Dragalina

Este tipo de draga funciona de igual forma que una maquinaria terrestre, está formada por una pluma, cable de arrastre, cable de elevación y una cuchara, la cual está alejada lo más posible de la cabina de operaciones. Su funcionamiento está dado al descenso del material de dragado arrastrando el material y posteriormente elevarlo mediante el cable de elevación.

Figura 6: Draga Dragalina: estructura externa

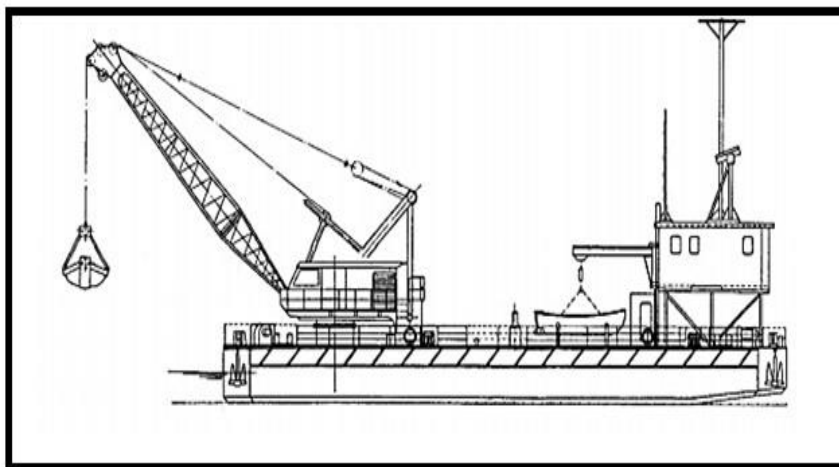


Fuente: Universidad Austral de Chile (2015)

2.1.5.2 Draga Cuchara

Este tipo de draga cuenta con un cable, una pluma o brazo giratorio y una cuchara sobre un pontón. El funcionamiento de esta draga comienza cuando la cuchara baja para ser sumergida, luego se abre para abarcar el sedimento del fondo y se cierra para evitar la salida del material dragado, esta es descargada sobre otra barcaza que es la transportadora del material de dragado, o si esta próxima a tierra firme la descargará ahí.

Figura 7: Draga tipo cuchara



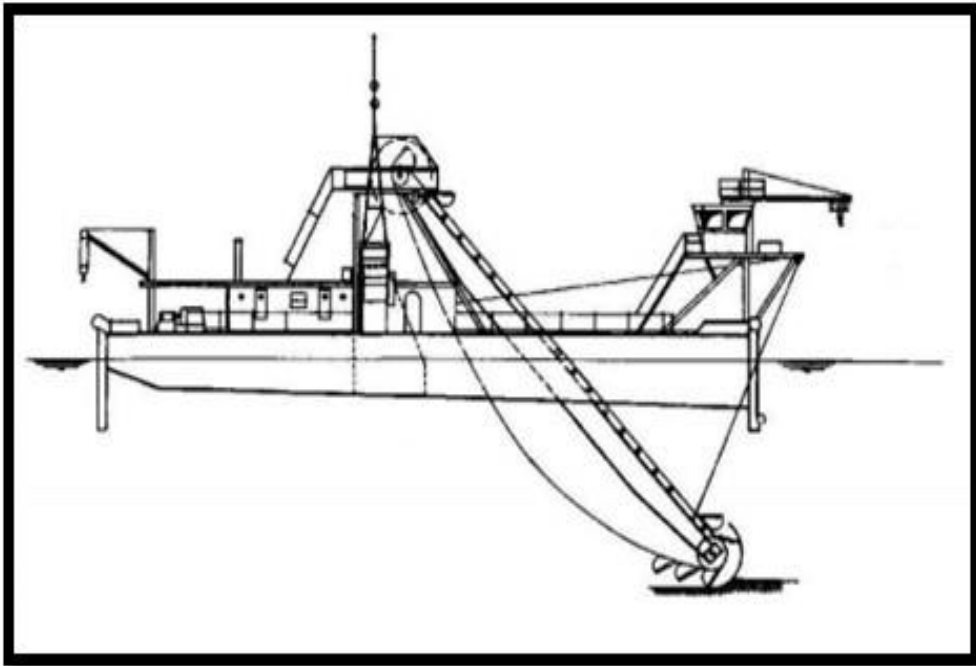
Fuente: Universidad Austral de Chile (2015)

2.1.5.3 Draga Rosario

Se le conoce como draga de cangilones porque extrae el sedimento del fondo marino por medio de estos recipientes que están unidos a una banda en forma de rosario.

La banda de cangilones atraviesa el pontón y se hunde en el fondo para excavar el material. La banda girase eleva y lo vuelca sobre el mismo pontón. Las ventajas de estas dragas son que dragan de forma continua, la dilución que crean al excavar no es muy importante y se puede controlar con precisión la profundidad a la que se excava. Sin embargo, son muy costosas y ocupan demasiado espacio, porque para posicionarse necesitan mucho espacio para sus anclajes y no son apropiadas para el trabajo en aguas pocos profundas o cuando el espesor a dragar es pequeño. Todo esto ha hecho que estas dragas estén cayendo en desuso.

Figura 8: Draga Rosario



Fuente: Universidad Austral de Chile (2015)

2.1.5.4 Draga de Pala retroexcavadora, Backhoe Dredger

Una draga retroexcavadora (BHD) es un pontón equipado por un fuerte brazo que puede realizar una excavación frontal, elevar la carga, girar el brazo y depositar el material sobre gánguil. Para estabilizar y asegurar el pontón se fija al fondo, ya que tiene tres puntales (Spuds) dos en proa y uno en popa. El operador excavará el material (suelos blandos a duros y roca granulada) y lo descargará en una barcaza de tolva dividida que está amarrada junto al pontón. La barcaza de tolva dividida descarga el material de dragado en el área de depósito. Se deriva de la retroexcavadora, operando de forma similar, con la diferencia que el material que se extrae está bajo el agua, por lo que la pala debe sumergirse, la pala o cucharón puede llegar a tener una capacidad de hasta 40 metros cúbicos.

Figura 9: Draga de Pala “POSTNIK YAKOLEV” IMO-9519248

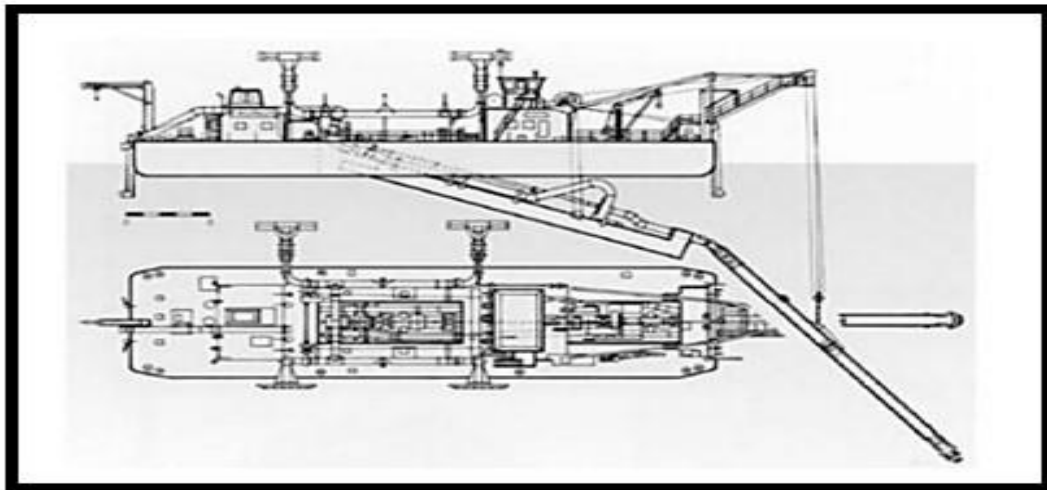


Fuente: Jan De Nul (2015)

2.1.5.5 Draga de succión estacionaria

Son barcasas o pontones que constan de una tubería que se sumerge con el fin de succionar del fondo marino el sedimento a dragar, se utilizan principalmente para dragar suelos sueltos y blandos como arena, mediante una bomba centrífuga y descargado a través de una tubería flotante y tuberías en tierra, a un área de depósito. Este tipo de draga no posee cantara o tolva, ni posee propulsión, necesitan de un remolcador o pontón con propulsión para su traslado.

Figura 10: Draga de succión estacionaria



Fuente: Universidad Austral de Chile (2015)

2.1.5.6 Draga de succión con cortador. Cutter Suction Dredger.

Una draga de succión con cortador (CSD) está equipada con un cabezal de corte giratorio para cortar y fragmentar suelos y rocas más duros, tiene dos grandes puntales los cuales se clavan en el fondo marino y sirven para pivotear en la faena de dragado. El material es aspirado por medio de bombas y tubo de dragado y descargado a través de una tubería flotante y tuberías en tierra, a un área de depósito. En algunos casos, el material se descarga en barcasas de tolva divididas que están amarradas junto a la draga de succión con cortador. Estas barcasas de tolva divididas descargan el material de dragado en el

área de depósito. Las dragas de gran tamaño de este tipo (hasta de 150 metros) poseen en su tubo de aspiración-descarga un medidor de densidad radioactivo el cual sirve para saber la cantidad volumétrica de material de dragado que se esta succionando. Esto con la finalidad de medir los metros cúbicos de solidos que se esta dragando y poder realizar el respectivo planillaje para el cobro.

Un CSD es una draga generalmente son estacionaria, es decir, no "navega" cuando se draga. Durante el dragado, la embarcación permanece en el mismo lugar, asegurada por los puntales bajada en el fondo del mar; Por medio de cabrestantes y anclas, la draga se balancea hacia los lados y la cabeza de corte corta y elimina la tierra. Los CSD más grandes son autopropulsados. Esto permite que la embarcación navegue por sus propios medios a una nueva ubicación de trabajo.

Figura 11: Dragas hidráulica de succión con cortador “IBN BATTUTA” IMO-9448970



Fuente: Jan De Nul (2015)

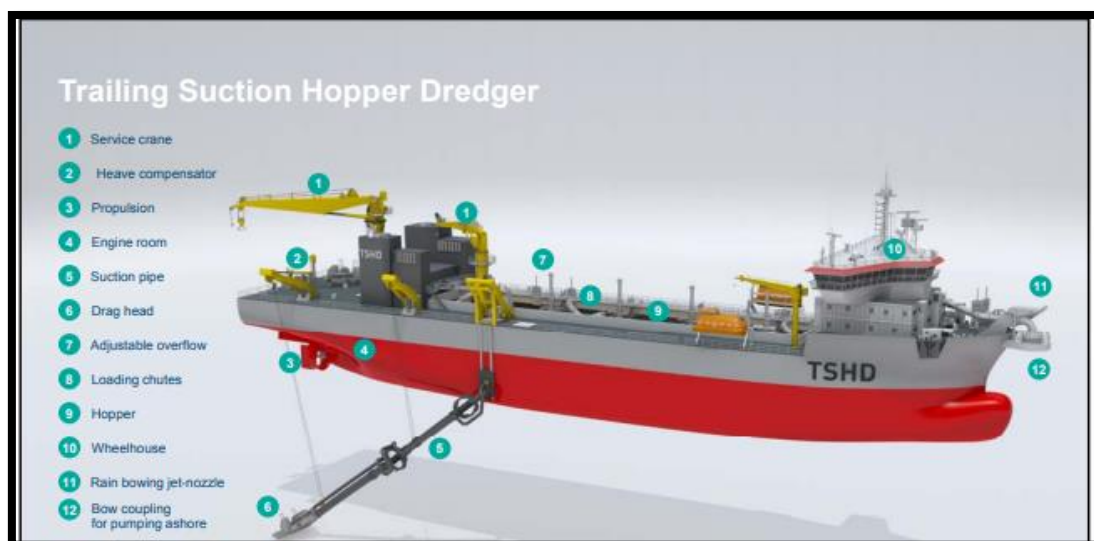
2.1.5.7 Dragas de Tolva de succión en marcha. Trailing suction hopper dredger

Estas dragas, son barcos autopropulsados de gran porte, pudiendo navegar a cualquier lugar del mundo (Seagoing), se encuentran dentro de la clasificación de barcos especiales, que no solo se dedican al transporte, realizan otra actividad, en este caso

extraer del fondo marino los sedimentos ya sea para lograr mayor profundidad para la creación de canales navegables o para la reclamación de tierras (relleno hidráulico o construcción de islas artificiales), normalmente capacitados para la navegación en mar abierto (Seagoing), cuentan con una tolva que permite almacenar y transportar el material extraído del fondo.

Una draga de tolva de succión y arrastre (TSHD) se utiliza principalmente para dragar suelos sueltos y blandos como arena, grava, limo o arcilla. Tienen uno o dos tubos de succión que son articulados, equipados con una cabeza de arrastre (Cabezal), se bajan en el fondo del mar, y el cabezal se arrastra por el fondo. Un sistema de bombeo absorbe una mezcla de arena o tierra y agua, y la descarga en la tolva o bodega del barco. Una vez cargado completamente, el barco navega hacia el sitio de descarga. El material puede depositarse en el fondo del mar a través de compuertas de fondo colocadas a lo largo de toda la tolva, o recuperarse utilizando la técnica de arco iris (Rainbowing). El material también se puede descargar a través de una tubería flotante a la costa y utilizarlo para recuperar tierras (Land Reclamation).

Figura 12: Draga TSHD



Fuente: IADC, International Association of Dredging Companies

Estas dragas funcionan como si fueran enormes aspiradoras flotantes. El proceso de dragado consiste en un ciclo de carga llamado dragando y un ciclo de transporte desde el área de dragado hasta la descarga del material. Su rendimiento es alto y operan satisfactoriamente en zonas congestionadas por tráfico marítimo, aguas desprotegidas, canales de acceso en alta mar. La capacidad de la tolva varía entre 1.500 m³ en dragas pequeñas y 45.000 m³ en dragas grandes.

Figura 13: Draga TSHD “NUEVA LOJA” IMO 805306504



Fuente: Servicio de Dragas de la Armada (2015)

Siendo el dragado una actividad comercial cuyo trabajo es la excavación del fondo marino y el traslado de los mismos, es necesario determinar la cantidad de sólidos extraídos de lecho marino para poder realizar el planillaje correcto, para la determinación del volumen de sólidos dragados a bordo de los buques existe un medidor de densidades radioactivo (Radioactive Density Transducer),

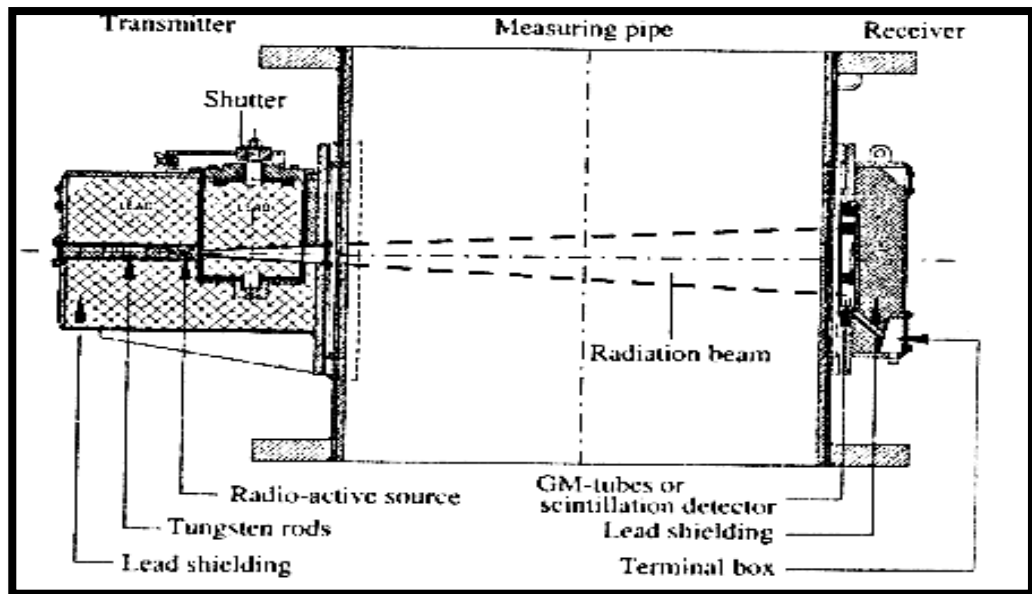
La función de un transductor de densidad radioactiva es medir continuamente la densidad relativa (antes denominada gravedad específica) de la mezcla que pasa por una

tubería de descarga para el transporte hidráulico de materiales sólidos (suspensión), tal como se aplica en la industria del dragado o en la manipulación de minerales.

El sistema sirve para permitir que el valor de las medidas se indique visualmente y se registre con un mayor grado de precisión, a fin de mejorar la eficiencia del dragado.

El transmisor de densidad IHC SYSTEM utiliza el principio de absorción de radiación no invasiva.

Figura 14: Sección transversal de transductor radioactivo de Densidad



Fuente: IHC SYSTEM

El dispositivo de medición descrito a continuación es una pieza de tubería equipada con una unidad transmisora que contiene un radioisótopo y con una unidad receptora (detección) que contiene un detector de radiación.

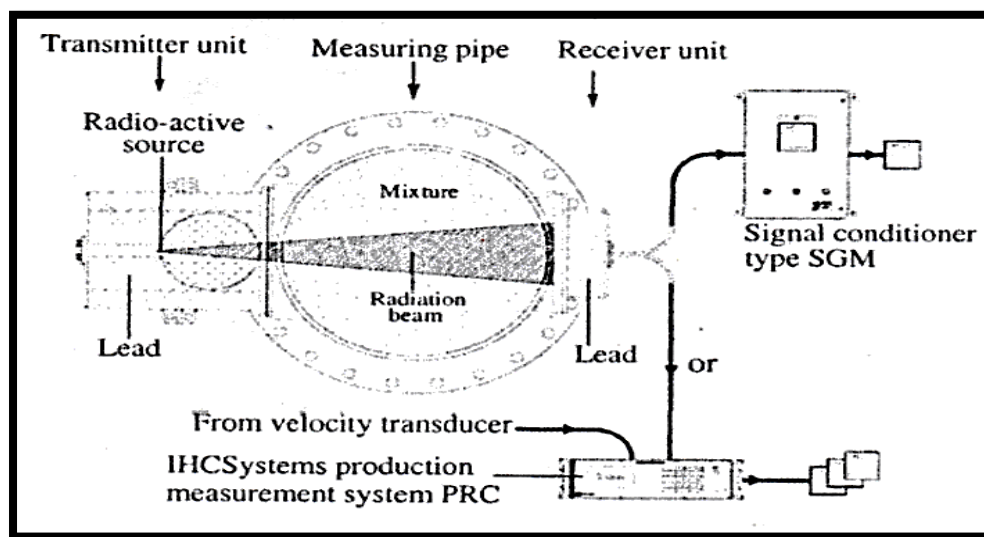
Hay cuatro diseños de tuberías de medición de densidad,

- El primer diseño DTWL, es sin revestimiento.
- El segundo diseño DTF, puede llevar varios tipos de materiales de revestimiento (fijos):
 - Tipo de goma DTFR
 - Tipo Irathane DTFI
 - Tipo de cerámica DTFT

- Tipo Fedur DTFF
- El tercer diseño es un tipo de densidad de soldadura DWO, las bridas del transmisor y la unidad del detector están soldadas en una tubería existente de la línea de descarga.
- El diseño cuatro es un transductor de densidad con abrazadera que se puede sujetar en una pieza de tubería existente de la línea de descarga. Este tipo de transductor es de construcción personalizada.

La unidad receptora (detección) puede equiparse con tubos Geiger-Müller o un contador de centelleo. El último se usa en situaciones donde se espera que la radiación en el receptor sea baja, esto ocurre con fuentes más pequeñas y con un gran diámetro de tuberías de medición.

Figura 12: Medidor de Densidad/Producción



Fuente: IHC SYSTEM

El transmisor puede estar equipado con un obturador eléctrico o neumático controlado SHU que cierra automáticamente la fuente de radio activa cuando el sistema se apaga o cuando se detiene el bombeo.

En la operación del medidor, la radiación penetra a través de las paredes de la tubería y a través de la mezcla, parte de ella es absorbida, el grado de absorción es determinado por la densidad relativa de la mezcla.

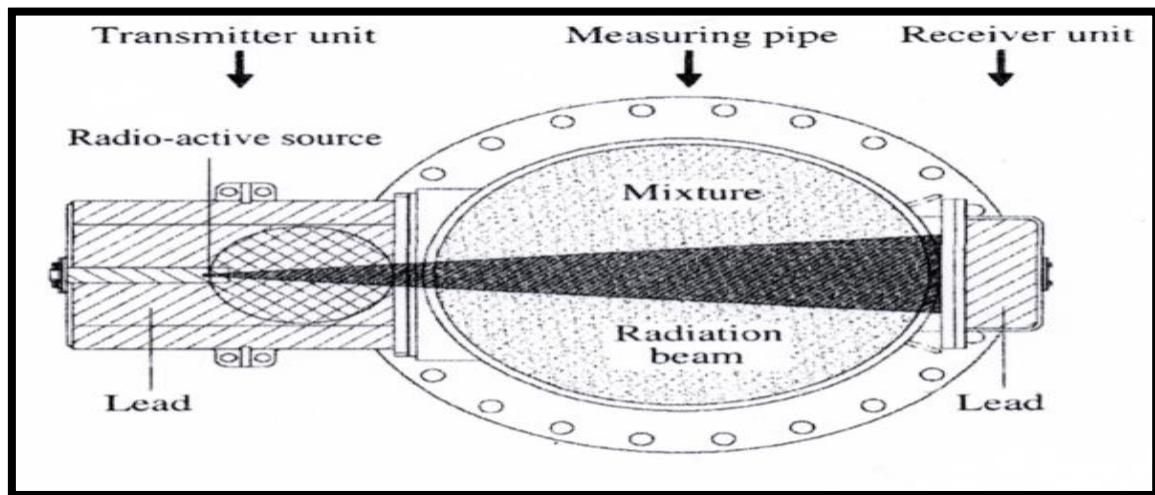
En consecuencia, la cantidad de radiación que llega a la unidad del detector varía.

La unidad detectora emite impulsos eléctricos con una frecuencia de acuerdo con el nivel de radiación recibida y, por lo tanto, dependiendo de la gravedad específica de la mezcla.

Un acondicionador de señal SGM convierte la tasa de impulso en una señal DC proporcional, y esta señal puede enviarse a uno o más indicadores, registradores y otros sistemas. La señal de densidad junto con la señal de velocidad puede ser procesada por el IHCS “Production Calculator” PRC, que muestra los valores reales de densidad, velocidad y producción y genera la señal de salida para otros sistemas. El transductor de densidad comprende básicamente tres partes, a saber:

- Tubo de medición, equipado con un revestimiento resistente al desgaste.
- unidad transmisora con una fuente activa de radio blindada
- Unidad receptora con un detector de radiación blindado
- Estas tres partes se muestran en el dibujo de la figura 15

Figura 15 : Partes del Medidor de Producción



Fuente: IHC SYSTEM

Las unidades transmisora y receptora se montan en bridas de montaje en el lado opuesto de la tubería. El transductor de densidad completo se instala en la tubería de descarga y se monta mediante bridas.

La unidad receptora está conectada a un acondicionador de señal SGM con indicador o un sistema de medición de producción PRC, que generalmente se instala en otro lugar.

Si la unidad detectora está equipada con tubos Geiger-Müller, se encuentra un preamplificador en la unidad receptora que permite utilizar un cable larga para la conexión, sin la necesidad de aplicar un cable especial.

Los rayos gamma de la fuente radio activa, penetrando la tubería diametralmente, ingresan al detector y hacen que el detector reaccione y envíe información en la intensidad de la radiación medida al preamplificador, el acondicionador de señal y el indicador.

La absorción de los rayos gamma depende de la cantidad de sólidos encontrados en el camino desde la fuente hasta el detector. Esto significa que la intensidad de los rayos gamma que ingresan al detector está relacionada con el contenido de sólidos en la mezcla que se transporta en la tubería de descarga.

El detector incorpora uno o más tubos de contador Geiger Müller o un contador de centelleo.

Estos producen pulsos eléctricos, su frecuencia depende de la intensidad de la radiación que llega a la unidad detectora. Los pulsos son conducidos a un acondicionador de señal, que produce una señal de salida proporcional a la frecuencia de los pulsos eléctricos.

Es obvio que esta señal depende de la cantidad y densidad de la materia sólida, que los rayos gamma pueden encontrar en su camino a través de la tubería de descarga. Generalmente, el radio isótopo Cesio (Cs^{137}) o Cobalto (Co^{60}) se utilizan como fuente de radiación. Una fuente de isótopo Cs^{137} se suministra como sal comprimida o sulfato en una cápsula de metal o inoxidable monel, tamaño aprox. 6 mm de diámetro y 10 mm de largo, cerrados por soldadura de haz de electrones.

La fuente de isótopos Co60 se suministra como una pieza cilíndrica sólida de cobalto, de aproximadamente 4 mm de diámetro y 4 mm de longitud, en un tipo similar de cápsula.

Cualquier elemento es una estructura de átomos, cada uno de los cuales a su vez tiene un núcleo, la parte central con una serie de electrones que lo rodean. Los electrones se mueven rápidamente en capas, que rodean el núcleo, a una gran distancia en relación con el tamaño del núcleo.

El núcleo de un átomo contiene neutrones y protones cargados positivamente. El número de protones en el núcleo y los electrones que lo rodean son iguales.

El número de protones es característico de un elemento químico; determina el número atómico de ese elemento y representa el número ordinal (el lugar) de ese elemento en la tabla periódica de elementos. El tiempo transcurrido antes de que la actividad de origen sea la mitad de su valor original, se denomina "tiempo de vida medio valor".

El tiempo de vida medio valor es una característica de un radio isótopo dado. Se encuentra que los tiempos de vida de valor medio varían desde una fracción de segundo hasta millones de años.

Tabla 6: Valor Medio del tiempo de vida

Isotopo	Isotopo Constante	Half-value life-time	Valor-Medio espesor en mm				
			In gr/cm2	Agua	Hierro	Plomo	Uranio
Co 60 Cobalto	$3,5 \times 10^{-13}$ Gy.m2/Bq.h	5 años	14	140	22	12	6
Cs 137 Cesio	$0,95 \times 10^{-13}$ Gy.m2/Bq.h	33 años	9.5	95	16	6.5	3.5
Tm 170 Tulio	Desconocido	127 días	4.5	8	8	3.5	2

Fuente: (CSIC, 2016)

Otra propiedad de los isótopos es la energía de su radiación radiactiva. Esta energía se expresa en voltios de electrones (eV). Define el cambio en la cantidad de

energía que gana un electrón cuando se acelera a través de una diferencia de potencial de un voltio.

Las unidades más grandes como kilovoltios y voltios de electrones mega se abrevian como KeV y MeV, equivalentes a 10^3 eV y 10^6 eV respectivamente.

El poder de penetración de la radiación es mayor cuando la energía de la radiación es mayor. Un material sometido a radiación radioactiva se ioniza en cierta medida, lo que hace que los electrones se separen de los átomos.

2.1.6 Equipos de seguridad en los barcos

La Organización Marítima Internacional “OMI”, del cual el Ecuador es país signatario, a través de su Comité de Seguridad Marítima establece las normativas acerca de la seguridad y salud en el trabajo (de buques) las que son incluidas en el “SOLAS 94”, (Safety of Life at Sea), “Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el mar”, y Convenio Internacional sobre ruido en los buques y según la resolución A. 468(XII) de la Organización Marítima Internacional “OMI” existe el Código sobre niveles de ruido a bordo de los buques, además de los convenio CVN-134 y R-142 de la “OIT”, y de la “Prevención de accidentes a bordo de los buques en el mar y en los puertos”, todos ellos establecen las obligaciones y recomendaciones que deben cumplir todos los buques mercantes, a excepción de los buques de guerra, buques pesqueros, buques inferiores a 500 TRB, como lo dice la regla 3 del capítulo 1 de “SOLAS 94”.

Los equipos de seguridad son muy importantes dentro de las operaciones de los buques. Según el “SOLAS 94”, la disposición de equipos de seguridad es una prioridad y obligación, por lo que promueven el uso continuo de los siguientes equipos:

- Chalecos salvavidas

- Guantes
- Ropa de alta visibilidad (reflectante)
- Calzado antiestático y antideslizante
- Linterna o iluminación segura
- Cascos de seguridad
- Orejeras o tapones auditivos
- Gafas protectoras

Si el profesional o tripulante debe realizar sus obligaciones en espacios cerrados, se necesitará de equipos adicionales especializados como lo son:

- Sistema de alerta personal con sensores de movimiento
- Línea de radio o comunicación
- Detector personal de gases nocivos
- Equipo de rescate en espacios cerrados
- Arnés de seguridad
- Sistema de reanimación automática y manual (SAMANCTA, 2012).

2.1.6.1 Equipo de protección específica para riesgos radioactivos

Un equipo convencional de protección específica para el riesgo radioactivo ionizante se compone por:

- Delantal plomado
- Gafas industriales
- Guantes plomados
- Collar de protección para tiroides

Para manejar sustancias radioactivas se debe tener en consideración las características y propiedades de las mismas, para no correr riesgos. Por ello, se debe realizar pruebas de laboratorio para acondicionar el lugar de trabajo, además utilizar bandejas con material impermeable y papel absorbente a fin de evitar contaminaciones en otras áreas (Pérez, 2017).

2.2 Marco conceptual

Absorbente: Material que atenúa la cantidad de radiación que incide sobre él.

Absorción: Proceso por el cual radiación entrega parte o toda su energía al material que atraviesa.

Accidente de trabajo: Es aquel que se origina durante la ejecución de órdenes del contratante o empleador o cuando se realiza una labor bajo supervisión de una autoridad, aun así, se esté fuere de horas o lugar de trabajo (Henao, 2015).

Actividad: Número de transformaciones nucleares que tienen lugar en una cantidad de material en un intervalo determinado de tiempo.

Área restringida: Un área definida, en la cual la exposición ocupacional del personal a la radiación está bajo la supervisión de un oficial de Seguridad Radiológica.

Área de radiación: Área restringida, en la cual el nivel de radiación es tal que la mayor parte del cuerpo humano puede recibir en una hora, una dosis mayor de cinco milirem (5 mrem/h) o en una semana de trabajo de 40 h una dosis mayor de cien milirem (100 mrem/semana).

Área de alta radiación: Área restringida, en la cual el nivel de radiación es tal que la mayor parte del cuerpo humano puede recibir en una hora una dosis debida a exposición externa mayor de cien milirem (100 mrem/h).

Barcazas: Casco sin superestructura ni propulsión propia, generalmente de forma rectangular, que se usa como medio de transporte o para apoyar la carga o descarga de embarcaciones mayores.

Buque: Embarcación con navegación marítima que puede realizar viajes internos o internacionales (OMS, 2012).

Buque draga TSHD: Es una embarcación que presenta autopropulsores donde carga material dragado en una parte llamada tolva. El proceso típico de todo dragado consiste en un ciclo de carga llamado dragando, el transporte o navegación y la etapa de descarga del material dragado (Bosalix Dragamex, 2015).

Capa hemirreductora: Espesor de un determinado material que reduce a la mitad la exposición debida a un haz de radiación.

Colimador: Dispositivo que restringe el haz útil de radiación a un área determinada.

Curie: Unidad de medida de radiactividad, Curie (Ci) es la cantidad de material radiactivo que se desintegra a razón de 3.7×10^{10} desintegraciones por segundo (dps). Submúltiplos del Curie usados corrientemente son el milicurie (mCi) equivalente a 3.7×10^7 dps, y el microcurie (uCi) equivalente a 3.7×10^4 dps.

Desintegración nuclear: Transformación nuclear espontánea caracterizada por la emisión de energía y/o masa del núcleo.

Diafragma: Artefacto o mecanismo con una abertura central colocada en forma tal que restringe el haz útil al área apropiada en el punto de interés.

Dosis (dosis absorbida): Energía cedida por la radiación ionizante a la unidad de masa del material irradiado.

Dosis equivalente: Dosis definida en términos del efecto biológico producido. Es igual a la dosis absorbida en (rad) multiplicada por un factor (factor de calidad) que depende del tipo de radiación. El factor de calidad se define de modo que una misma dosis equivalente de diferentes radiaciones, produzca el mismo efecto biológico.

Dosis máxima permitida: Es la mayor dosis que puede recibir una persona en un período de tiempo especificado y que, en base a los actuales conocimientos, se acepta que no produce daño somático o genético apreciable.

Dosímetro: Instrumento que permite evaluar una dosis absorbida, medir una exposición o cualquier otra magnitud radiológica.

Enfermedades laborales: Todo tipo de dolencia o afección médica, según su procedencia u origen y que cause daño al ser humano (OMS, 2012).

Enfermedades transmisibles: Enfermedad originada por organismos como virus, hongos, bacterias o parásitos con transmisión indirecta o directa (OMS, 2012).

Equivalente en aluminio o en plomo de un material: Espesor de aluminio o de plomo que causa idéntica atenuación, bajo las mismas condiciones de irradiación que el material en cuestión.

Exposición: Magnitud física que caracteriza la ionización producida en el aire por la radiación X o gamma.

Filtración inherente: Filtración permanente de haz útil de radiación debida a la ventana del tubo de Rayos X o cualquier envoltura permanente del tubo o la fuente radiactiva.

Fuente radiactiva abierta: Fuente de radiación constituida por material radiactivo que está en contacto con el ambiente en que se encuentra.

Fuente radiactiva sellada: Fuente de radiación constituida por material radiactivo, que se encuentra permanentemente encerrado en una cápsula o molde diseñado para evitar su liberación y dispersión bajo las condiciones más severas que puedan darse durante su uso y manejo normal.

Haz útil de radiación: Radiación que pasa a través de la ventana, apertura, cono o cualquier otro artefacto de colimación de la cubierta protectora del tubo de Rayos X o fuente radiactiva, llamado también “haz primario”.

I.M.O.: Siglas en inglés de la Organización Marítima Internacional. Organismo especializado de la Naciones Unidas responsable de la seguridad y protección de la navegación y de prevenir la contaminación del mar por los buques.

Inspector de seguridad radiológica: funcionario de la Comisión Ecuatoriana de Energía Atómica (CEEAA), encargado de llevar a cabo reconocimientos e inspecciones de fuentes radiactivas, máquinas de radiación y locales donde están instaladas, con el propósito de evaluar los riesgos de radiación y las técnicas de seguridad aplicadas. Su función incluye asesorar sobre las medidas de protección contra la radiación y velar por el cumplimiento de las normas del presente Reglamento.

Ion: Átomo o molécula que, por pérdida o ganancia de uno o más electrones, ha adquirido una carga eléctrica neta.

Ionización: Proceso por el cual un átomo neutro o molécula adquiere una carga positiva o negativa.

Isotopos: Nucleidos caracterizados por el mismo número atómico (Z) y, por tanto, pertenecen al mismo elemento químico, pero que difieren entre sí en el número másico (A).

Kilovolt pico (kvp): Valor máximo en Kilovolt del potencial de un generador pulsante.

Licenciatario: Persona a quien la CEEA ha otorgado licencia para trabajar con máquinas y/o fuentes de radiación.

Máquina de radiación: Aparato que produce radiación, por cualquier proceso físico, natural o artificial diferente de la emisión radiactiva espontánea.

Material radiactivo: Material sólido, líquido o gaseoso que emite radiación espontáneamente.

Monitoreo: Apreciación de la tasa de radiación en un lugar con fines de protección radiológica.

Nucleido: Conjunto de átomos que tienen núcleos con igual número atómico (Z) y másico (A).

Oficial de seguridad radiológica: Persona reconocida por la CEEA como responsable de la aplicación de las normas de seguridad radiológica de una institución o laboratorio. Debe contar con la autorización correspondiente de la CEEA para desempeñar su función en el lugar en cuestión.

Periodo de desintegración: Tiempo requerido para que una sustancia radiactiva pierda el 50% de su actividad por decaimiento.

Pontón: Barco pequeño chato o de fondo plano, con la proa y la popa cuadradas, para pasar ríos, construir puentes o dragar en los puertos

Rad: Unidad de dosis absorbida de radiación. Un (1) rad corresponde a la absorción de cien ergios por gramo de material (100 erg/g).

Radiación: Energía o partículas materiales que se propagan a través del espacio.

Radiación dispersada: Radiación originalmente presente en el haz útil, que, al atravesar la materia, se desvía y deja de formar parte de él.

Radiación de escape: Radiación proveniente del interior de la cubierta protectora del tubo o fuente que no forma parte del haz útil.

Radiación ionizante: Radiación electromagnética o corpuscular capaz de producir directa o indirectamente iones al atravesar la materia (por ejemplo: Rayos X, Rayos Gamma partículas alfa y beta, electrones de alta velocidad, neutrones, protones y otras partículas nucleares).

Radiactividad: Propiedad de ciertos nucleidos de emitir espontáneamente partículas, núcleos atómicos o radiación electromagnética.

Radiometría: Resultado de la medida radiológica de un área, efectuada con un instrumento adecuado.

Radionucleidos: Nucleidos radiactivos.

Rem: Unidad de dosis equivalente. Un rem corresponde a:

- a) Una dosis absorbida de un (1) rad de radiación X, o gamma o beta.
- b) Una dosis de un décimo (0.1) de rad de neutrones o protones de alta energía.

- c) Una dosis de 5 centésimas (0.05) de rad de partículas más pesadas que los protones.

Roentgen: Unidad de exposición igual a 2.58×10^{-4} Coulomb por kilogramo (C/kg) de aire.

Tasa de dosis o exposición: Relación entre el incremento que la dosis o exposición de radiación experimenta y el intervalo de tiempo.

Tolva: Corresponde a la bodega del barco en cuyo interior se encuentra el material dragado una vez se ha separado del agua por medio del bombeado (Bosalix Dragamex, 2015).

Trimestre: Cada período de trece semanas consecutivas, contando el primero de ellos a partir del primer lunes del año.

Vertido de Cañón: Es la técnica que realiza un buque TSHD, donde bombea toda la arena recogida desde el fondo del mar para luego impulsarla al aire en forma de parábola donde se depositará en lo posterior (IADC, 2014).

2.3 Marco referencial

2.3.1 Situación actual de dragado

De acuerdo a estudios de la Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil en el 2017, la salud y seguridad laboral es muy necesaria y muy calificada en la contratación del personal y manejo de operaciones de dragado. Periódicamente se realizan capacitaciones con las personas que trabajan en las maniobras de dragado, transporte y depósitos de sedimento (Municipio de Guayaquil, 2017).

Se reconoce que existe un impacto en la salud de todos los trabajadores que operan las maquinarias en el buque TSHD, sobre todo la presencia de riesgos o accidentes laborales durante las operaciones de dragado, corte y succión, transporte y el depósito del sedimento (Municipio de Guayaquil, 2017).

Para el estudio se toma en consideración las operaciones de dragado que se realizaron en el contrato 31 - 2013 que la Autoridad Portuaria de Guayaquil (APG) firmó el 15 de agosto del 2013. El contrato para el Dragado de Mantenimiento del Canal de Acceso al Puerto Marítimo de Guayaquil con la Dirección General de Intereses Marítimos de la Armada del Ecuador (DIGEIM), el que tiene dos etapas:

- Primera etapa: Esta etapa corresponde al dragado masivo a lo largo del canal de navegación, debiendo la Contratista realizar las actividades de dragado en el Canal de Acceso al Puerto Marítimo de Guayaquil, considerado desde la Boya de Mar hasta la Boya 80 - exceptuando el área de roca, ubicada e identificada con la Boya 8 A, según planos batimétricos, para que obtenga una profundidad mínima de 9,60 metros con respecto al MLWS (nivel de bajas mareas de Sicigia), durante un plazo de 6 meses.

- Segunda etapa: En esta etapa, la Contratista deberá cumplir en mantener permanentemente la profundidad del Canal de Acceso al Puerto Marítimo de Guayaquil, considerado desde la Boya de Mar hasta la Boya 80 - exceptuando el área de roca ubicada e identificada con la boya 8 A, según planos batimétricos - a una profundidad mínima de 9,60 metros con respecto al MLWS (nivel de bajas mareas de Sicigia).

Figura 16: Zona a intervenir en el dragado



Fuente: Estudio de dragado de Municipio de Guayaquil (2015)

2.3.2 Base Legal

2.3.2.1 Normativa internacional sobre manejo de radiaciones ionizantes

2.3.2.1.1 OIT y las Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante

De acuerdo a la Organización Internacional del Trabajo, entidad adscrita a la Organización de Naciones Unidas, el uso de fuentes genera riesgos, vinculados a la exposición a la radiación. La exposición a la radiación ionizante es una realidad en numerosas ocupaciones. Es habitual utilizar fuentes de radiación artificiales en la industria manufacturera y de servicios, en las industrias militares, en instituciones de investigación y universidades, y en el sector de la energía nuclear (OIEA, 2009). Es por ello, que las Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación establecen en su Capítulo 2, sección 5:

“La exposición ocupacional de todo trabajador deberá controlarse de forma que no se rebasen los siguientes límites:

- una dosis efectiva de 20 mSv (milisievert¹) por año como promedio en un período de cinco años consecutivos 38;
- una dosis efectiva de 50 mSv en cualquier año;
- una dosis equivalente al cristalino de 150 mSv en un año;
- una dosis equivalente a las extremidades (manos y pies) o a la piel 39 de 500 mSv en un año”

2.3.2.1.2 Normas de seguridad del Organismo Internacional de energía atómica para la protección de fuentes radioactivas.

El artículo 1 sección 3 de las Normas básicas (OIEA, 2009) establece que:

“Las Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante (NBS) constituyen una base armonizada internacional para asegurar la utilización en condiciones de seguridad tecnológica y física de las fuentes de radiación ionizante, y los Requisitos de seguridad para la infraestructura legal y estatal, radiológica, de los desechos radiactivos y del transporte establecen los elementos esenciales de un sistema de control regulador”

Así mismo, en la sección 4 del artículo 1 establece:

“Las fuentes radiactivas selladas y no selladas se utilizan para fines muy variados y contienen una amplia gama de radionucleidos y de cantidades de materiales radiactivos. Las fuentes de actividad alta, si no se manejan

¹ Unidad de medida que registra la dosis de absorción de radiación en la materia viva

en condiciones de seguridad física y tecnológica, pueden causar graves efectos deterministas a las personas”

2.3.2.2 Normativa nacional sobre manejo de radiaciones ionizantes

2.3.2.2.1 Artículo 326 literal 5 de la Constitución de la República del Ecuador

El Artículo 326 de la constitución establece que: “El derecho al trabajo se sustenta en los siguientes principios: 5. Toda persona tendrá derecho a desarrollar sus labores en un ambiente adecuado y propicio, que garantice su salud, integridad, seguridad, higiene y bienestar”

2.3.2.2.2 Decreto Supremo 3640: “Reglamento de Seguridad Radiológica”

TITULO PRIMERO: De la Protección Contra la Radiación

CAPITULO I: Límites de Dosis

Art. 1.- Dosis máxima permitida para personas ocupacionalmente expuestas. - No se podrá usar fuentes de radiación que den lugar a que una persona ocupacionalmente expuesta, reciba una dosis de radiación en exceso de los límites especificados a continuación:

a) Para irradiación externa:

ORGANO	DOSIS MÁXIMA PERMITIDA
Cuerpo entero, gónadas, medula ósea.	5 rem /año 3 rem/trimestre
Hueso, piel de todo el cuerpo, tiroides	30 rem/año 15 rem/trimestre
Manos, antebrazos, pies, tobillos	75 rem/año 40 rem/trimestre
Todos los otros órganos	15 rem/año 8 rem/trimestre.

Exceptúense de esta tabla al personal femenino en edad reproductiva, quien no puede recibir más de 1.25 rem/trimestre, y la mujer en estado de gravidez, quien no podrá recibir más de 1 rem durante el período de embarazo.

b) Para irradiación interna. - Los valores de incorporación máxima permitida anualmente son los indicados en la Tabla No. 1. Si se tratara de la incorporación de una mezcla de radionucleidos en proporciones conocidas, deberá cumplirse que la suma de las fracciones de las cantidades incorporadas calculadas en base a los valores correspondientes indicados en la Tabla No. 1 sea igual o menos que uno (1). Si se tratara de mezcla de radionucleidos determinados en proporciones desconocidas, el máximo permisible para la mezcla será el correspondiente al radionucleido integrante la mezcla de menor valor permisible de incorporación. Sin perjuicio del cumplimiento de este literal podrá aceptarse que, en un trimestre, el personal incorpore material radioactivo en cantidad de hasta la mitad de los límites anuales fijados, exceptuándose el personal femenino en edad reproductiva, para quienes está limitada la incorporación del material radioactivo a la cuarta parte de los límites anuales fijados.

En el capítulo 3 artículo 7 se expone que:

“El empleador está obligado a lo siguiente:

a) Informar a las personas que trabajen en un área restringida sobre la existencia de radiación y sobre los problemas de seguridad asociados con la exposición a dicha radiación, así como las precauciones y procedimientos que se deben tomar para reducir la dosis de radiación. Deberá, además, instruir a dichas personas sobre las disposiciones de este Reglamento;

- b) Informar trimestralmente al personal la dosis de radiación recibida durante su tiempo de trabajo, evaluada por el dosímetro personal;
- c) Exhibir o mantener disponible la licencia otorgada por la Comisión Ecuatoriana de Energía Atómica (Ex - CEEA, actual SCAN) *, tanto al personal como a la Institución, así como el certificado de inspección de las fuentes y máquinas de radiación; y,
- d) Proporcionar al personal copias del FORMULARIO INSTRUCTIVO de NORMAS DE PROTECCION CONTRA LA RADIACION, elaborado por la SCAN, y asegurarse de que se le instruya sobre sus deberes y derechos.”

Por otra parte, en el artículo 9 se expresa lo siguiente:

“El empleador está obligado a lo siguiente:

- a) Llevar registros personales de cada trabajador profesionalmente expuesto en áreas controladas, en las que constará:
- La licencia de trabajo.
 - La índole de las tareas que realiza.
 - El tipo de radiación y/o contaminación posibles.
 - Los resultados de las operaciones de monitoreo individual.
 - Los resultados de los reconocimientos médicos.
- b) Deberá también mantener récords de toda persona que entre en un área restringida;

CAPITULO IV: Radioisótopos en la Industria

Art. 54.- Licencias. - La CEEA concederá la licencia correspondiente solo cuando se cumplan los requisitos determinados en los artículos que siguen.

Art. 55.- Entrenamiento del Personal. - El interesado deberá tener un programa adecuado de entrenamiento de operadores y asistentes de operadores y someterá a la CEEA una descripción de dicho programa en el cual se especificará lo siguiente:

- a) Entrenamiento inicial;
- b) Entrenamiento periódico o en servicio; y,
- c) Los medios usados por el licenciataro para asegurar la preparación adecuada del operador y del asistente y su capacidad para cumplir con las reglamentaciones y los procedimientos de operación y de emergencia.

Art. 56.- Descripción de la Organización. - El solicitante debe someter un organigrama de funciones y responsabilidades con relación al programa de aplicación industrial.

CAPITULO IV: Control del Estado de Salud del Personal que trabaja con Radiaciones

Art. 112.- Exámenes Médicos del Personal. - El personal directamente involucrado en trabajos con radiaciones ionizantes se sujetará a las siguientes disposiciones:

- a) Toda persona que trabaje por primera vez en el campo de las radiaciones, cualesquiera sean sus responsabilidades, tiene que someterse a un examen médico, adecuado antes de iniciar sus tareas, practicado por un profesional del Departamento de Riesgos de Trabajo del Instituto Ecuatoriano de

Seguridad Social. Este será el requisito previo a la concesión de la licencia por parte de la CEEA;

b) El personal que se encuentra laborando en el campo de las radiaciones se someterá anualmente a un examen médico;

c) En el caso de trabajadores que ya estén laborando en el campo de las radiaciones, a la fecha de promulgación de este Reglamento, los exámenes médicos necesarios para obtener la licencia correspondiente serán realizados por el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social;

d) Dados los problemas médicos particulares que plantea el trabajo con radiaciones en el caso de las mujeres en edad de concebir, deberán adoptarse todas las precauciones para garantizar que no reciban dosis sobre las máximas permisibles; y.

e) Se prohíbe que el personal femenino en estado de gravidez, reconocido por diagnóstico médico, esté en contacto con radiación. Si tal es el caso, esa persona será destinada a labores que no sean de contacto directo con las radiaciones ionizantes.

CAPITULO V: Horas de Trabajo, Vacaciones y Jubilación

Art. 113.- Regulaciones. - Las horas de trabajo y vacaciones de todo el personal que labore en contacto directo con las radiaciones ionizantes se sujetarán a las disposiciones dadas en el presente capítulo.

En el artículo 117 el patrono tiene obligaciones especiales frente a su empleado, siempre y cuando:

“Toda persona que en forma accidental se haya expuesto a una sobredosis de radiación, tendrá derecho a cuidados especiales hasta su total recuperación, asumiendo su patrono los gastos que tal recuperación implique, sea a través de los servicios del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, o mediante otros servicios adecuados”

CAPITULO VII: Riesgos de Trabajo y Enfermedades Profesionales

Art. 118.- Riesgos de Trabajo. - Toda persona que se dedique a labores que la expongan a un contacto permanente con las radiaciones ionizantes queda expuesta a la posibilidad de sufrir lesiones inmediatas o mediatas y, por consiguiente, debe estar consciente de los efectos acumulativos de la radiación. Art. 119.- Enfermedades Profesionales. - La energía atómica es un patrimonio científico de la civilización moderna y solamente es útil cuando se conoce como usarla correctamente, pues el uso inapropiado puede conducir a grandes siniestros. La exposición continua a las radiaciones puede ocasionar diversos tipos de enfermedades cuyo resumen se presenta en el Apéndice VIII-1. En el presente Reglamento se determinan dichos riesgos y las medidas preventivas correspondientes.

De no cumplir el empleador con sus obligaciones en materia de seguridad ocupacional, el artículo 127 señala:

“Si un accidente resultare como consecuencia de una orden emanada por un supervisor o representante del empleador, a sabiendas de que lo ordenado puede exponer gravemente al trabajador a los efectos de dosis excesivas de radiación, el responsable será enjuiciado penalmente, pues

se considerará como si se tratara de daños a terceros con conocimientos de causa.”

APENDICE VIII-1

ENFERMEDADES CAUSADAS POR RADIACIONES

Art. 129.- Regla General. - Para los efectos señalados en las leyes laborales y de seguridad social, se entenderán como enfermedades profesionales:

a) Dosis de exposición acumulativa (cuerpo entero).

De acuerdo a la constitución física del individuo, la exposición continua de radiación ionizante sobre los niveles de radiactividad natural puede producir las siguientes enfermedades:

1. Lesiones Superficiales: Dermatitis, depilación y pérdida de brillo de las uñas.
2. Lesiones Hematopoyéticas: Linfopenia, leucopenia, anemia, leucemia, y pérdida de inmunidad específica,
3. Propensión a tumores malignos: Carcinoma de la piel y sarcoma.
4. Reducción del promedio de duración de la vida.
5. Aberraciones genéticas: Mutaciones genéticas directas o aberraciones cromosómicas.
6. Otros efectos: Cataratas lenticulares, esterilidad.

b) Dosis de exposición única (cuerpo entero).

Las estadísticas de accidentes de sobre exposición a radiación y el empleo de explosivos con fines militares, han permitido establecer las relaciones de dosis - efecto que constan en la siguiente tabla:

DOSIS (Rem)**EFFECTOS**

0 - 50	Efectos no detectables inmediatamente.
30 - 120	Náuseas y vómitos por un día. Fatiga por tiempo variable. Efectos tardíos.
130 - 160	Enfermedades manifiestas. Síntomas de vómitos y fatiga persistente por tiempo variable. Efectos tardíos.
180 - 220	Mortalidad en un 5%. Difícil recuperación total. Efectos tardíos.
270 - 330	Lo mismo que lo anterior. Síntomas más acentuados.
400 - 750	Mortalidad en un 100%

Art. 132.- Personal no instruido debidamente. -

Si al realizar una inspección, se encontrare que el personal no está debidamente instruido sobre las precauciones que se debe tomar en el manejo de máquinas y fuentes de radiación, de cualquier tipo que éstas fueren, se procederá en la siguiente forma:

- a) Se dará al licenciatarario, según sea el caso, el plazo de sesenta días para que cumpla este requisito;
- b) Si vencido el plazo concedido no su cumpliere con lo dispuesto en este artículo, se sancionará a la persona responsable con multa equivalente a treinta salarios vitales mensuales del trabajador en general y deberá retirar al personal no instruido hasta el cumplimiento del requisito.

El en artículo 133 se expone las sanciones que presenta el empleador al no notificar oportunamente las dosis anuales a las que sus empleados están sometidos anualmente. En ella:

“Si el empleador dejare de notificar las dosis de exposición anuales a las que sus empleados han sido expuestos por el tiempo que señale este Reglamento o hasta quince días después de que sus empleados han cesado en sus funciones, se le sancionará de acuerdo a las siguientes disposiciones:

- a) Con multa equivalente a un salario vital mensual del trabajador en general por cada día de demora; y,
- b) Si la demora es superior a treinta días, se procederá a la suspensión de la licencia, en caso de que el responsable sea un licenciario, hasta que presente la información respectiva.”

En cuanto, a los beneficios sociales que todo empleado que está en constante contacto con sustancias radiactivas, si el empleador no respeta lo establecido en la normativa, los artículos 143 y 144 señalan las distintas sanciones de acuerdo al caso:

“Art. 143.- Impedimentos sobre las Vacaciones.- El empleador que no concediere las vacaciones a que tienen derechos los trabajadores en el campo de las radiaciones será sancionado con la multa equivalente a siete salarios vitales mensuales del trabajador en general.

Art. 144.- Caso de obligar a trabajar horas extras.- El empleador que obligue a un trabajador del campo de radiaciones a laborar más de 8 horas

mensuales suplementarias será sancionado con la multa equivalente a siete salarios mensuales del trabajador en general.”

*La Comisión Ecuatoriana de Energía Atómica CEEA mediante decreto ejecutivo 978, R.O. 311 DE 08-abr-2008 se fusiono al entonces Ministerio de Electricidad y Energía Renovable como una unidad dependiente de ese Ministerio, y mediante Acuerdo Ministerial N° 044 de 22 de diciembre de 2008 se aprueban las reformas al Estatuto Orgánico de Gestión Organizacional por Procesos del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable incorporándose a la estructura orgánica a la Subsecretaria de Control Investigación y Aplicaciones Nucleares SCIAN, y con el Acuerdo Ministerial N° 192 de 10 de julio de 2012 pasa a llamarse Subsecretaria de Control y Aplicaciones Nucleares SCAN, manteniendo aún vigente el reglamento.

2.3.2.2.3: Acuerdo Ministerial 283 del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable: “Norma técnica para la gestión segura de los desechos radiactivos y fuentes radiactivas selladas en desuso”

El artículo 12 establece que:

EMERGENCIAS RADIOLÓGICAS. -

“Las instalaciones donde se manipulan desechos radiactivos deben contar con un plan de emergencia radiológica. La Autoridad Reguladora verificará la efectividad del plan. El plan de emergencia, deberá contener:

a) Identificación del tipo, características y alcance de las potenciales emergencias y las medidas para su prevención.

- b) Descripción de los métodos e instrumentos necesarios para la evaluación del accidente y sus consecuencias tanto en el interior como en el exterior de la instalación.
- c) Incluir las acciones de protección y mitigación, así como la asignación de las responsabilidades por iniciar tales acciones.
- d) Definir las responsabilidades relacionadas con la notificación a las autoridades que correspondan.
- e) Definir procedimientos, incluyendo acciones de comunicación, para contactar a las organizaciones externas de atención a emergencias (ejemplo defensa civil) y para disponer de servicios externos tales como bomberos, médicos, policía y otros.
- f) Incluir medidas para garantizar el entrenamiento del personal que participa en la implementación del plan para las emergencias y la ejecución de ejercicios en intervalos apropiados.
- g) Incluir medidas para garantizar la revisión y actualización periódica del plan”

Art. 18.- CONTROL DE LA GENERACIÓN DE LOS DESECHOS RADIATIVOS. -

Con el objeto de asegurar que la generación de los desechos radiactivos, el impacto ambiental y el costo de la gestión se mantengan en el mínimo factible, los generadores y/o los operadores de la gestión de desechos radiactivos deben:

- a) Aplicar una cuidadosa planificación al diseño, la construcción, la administración, la operación y la planificación del cierre de instalaciones con el propósito de que la generación de desechos radiactivos sea mantenida en el mínimo practicable.
- b) Usar alternativas de gestión de los desechos y procedimientos de tratamiento dirigidas a optimizar la gestión y reducir la producción de desechos secundarios.
- c) Reducir el volumen y la cantidad de material radiactivo que requieren de procesamiento adicional mediante la descarga autorizada, la aplicación de valores de dispensa para la liberación de materiales del control regulador luego del procesamiento adecuado y/o de un período de almacenamiento suficientemente largo.
- d) Minimizar la radiactividad del desecho usando la cantidad mínima necesaria de material radiactivo en el proceso inicial.
- e) Establecer arreglos contractuales en la compra de fuentes selladas, para el retorno de las mismas, luego de su uso, al fabricante o a la entidad predeterminada que las gestionará.
- f) Implementar un sistema de gestión exhaustivo para todas las actividades con potencial de generación de desechos radiactivos, incluyendo su procesamiento, manejo y almacenamiento.
- g) Aplicar en la medida de lo posible el reúso de materiales radiactivos.
- h) Evitar el uso innecesario de materiales tóxicos y peligrosos que formen parte del material radiactivo.

Art. 24.- FUENTES HUÉRFANAS. -

La instalación nacional de gestión de desechos radiactivos gestionará de manera segura toda fuente que se encuentre fuera del control regulador, siempre y cuando se declare huérfana. Esta disposición se aplicará también a materiales contaminados encontrados en la chatarra. El MEER a través de la SCAN asignará los recursos para la gestión y podrá efectuar las investigaciones pertinentes a fin de determinar el propietario de la fuente declarada huérfana, a fin de repetir al propietario los gastos ocasionados por la gestión.

CVN 115: PROTECCION CONTRA LAS RADIACIONES IONIZANTES

Convenio 115 Registro Oficial 58 de 10-may.-1972 Ultima modificación: 23-jun.-1969 Estado: Reformado

Nota: RATIFICACION.

Ratificase el Convenio de la Organización Internacional del Trabajo, No. 115 sobre la Protección contra las Radiaciones Ionizantes, de 22 de junio de 1960.

Dada por Decreto Ejecutivo No. 1183, publicado en Registro Oficial 206 de 23 de junio de 1969.

PARTE I

DISPOSICIONES GENERALES

Art. 1.- Todo Miembro de la Organización internacional del Trabajo que ratifique el presente Convenio se obliga a aplicarlo por vía legislativa,

mediante repertorios de recomendaciones prácticas o por otros medios apropiados. Al dar efecto a las disposiciones del Convenio, la autoridad competente consultará a representantes de los empleadores y de los trabajadores.

Art. 2.

1. El presente Convenio se aplica a todas las actividades que entrañen la exposición de trabajadores a radiaciones ionizantes en el curso de su trabajo.

Art. 3.

1. Basándose en la evolución de los conocimientos, deberán adoptarse todas las medidas apropiadas para lograr una protección eficaz de los trabajadores contra las radiaciones ionizantes, desde el punto de vista de su salud y de su seguridad.

2. A este fin, se adoptarán las reglas y medidas necesarias y se proporcionarán las informaciones esenciales para obtener una protección eficaz. 3. Para lograr esta protección eficaz:

a) las medidas para la protección de los trabajadores contra las radiaciones ionizantes, adoptadas por un Miembro después de ratificar el Convenio, deberán hallarse en conformidad con las disposiciones del Convenio;

b) el Miembro de que se trate deberá modificar lo antes posible las medidas que haya adoptado antes de ratificar el Convenio, con el objeto de que estén de conformidad con las disposiciones de este, y deberá

promover la modificación, en el mismo sentido, de cualesquiera otras medidas existentes igualmente antes de la ratificación;

c) el Miembro de que se trate deberá comunicar al Director General de la Oficina Internacional del Trabajo, en el momento de ratificar el Convenio, una declaración indicando de qué modo y a que tipos de trabajadores se aplican las disposiciones del Convenio, y asimismo deberá hacer constar en sus memorias sobre la aplicación del Convenio todo progreso realizado en este material;

d) a la expiración de un período de tres años, después de la entrada en vigor inicial de este Convenio, el Consejo de Administración de la Oficina Internacional del Trabajo presentará a la Conferencia un informe especial, relativo a la aplicación del apartado b) del presente párrafo, que contenga las proposiciones que juzgue oportunas con miras a las medidas que hayan de tomarse a este respecto.

PARTE II MEDIDAS DE PROTECCION

Art. 5.- No deberá escatimarse ningún esfuerzo para reducir al nivel más bajo posible la exposición de los trabajadores a radiaciones ionizantes, y todas las partes interesadas deberán evitar toda exposición inútil.

Art. 6.

1. Las dosis máximas admisibles de radiaciones ionizantes, procedentes de fuentes situadas fuera o dentro del organismo, así como las cantidades máximas admisibles de substancias radiactivas introducidas en el

organismo, se fijarán de conformidad con la parte I del presente Convenio para los diferentes tipos de trabajadores.

2. Estas dosis y cantidades admisibles deberán ser objeto de constantes revisión, basándose en los nuevos conocimientos.

Art. 8.- Deberán fijarse niveles apropiados, de conformidad con las disposiciones del artículo 6, para los trabajadores no ocupados directamente en trabajos bajo radiaciones, pero que permanezcan en lugares donde se exponen a radiaciones ionizantes o a sustancias radiactivas o pasan por dichos lugares.

Art. 9.

1. Se deberá utilizar una señalización de peligro apropiada para indicar la existencia de riesgos debidos a radiaciones ionizantes. Se deberá proporcionar a los trabajadores toda la información necesaria a este respecto.

2. Se deberá instruir debidamente a todos los trabajadores directamente ocupados en trabajos bajo radiaciones, antes y durante su ocupación en tales trabajos, de las precauciones que deben tomar para su seguridad y para la protección de su salud, así como de las razones que las motivan.

Art. 11.- Deberá efectuarse un control apropiado de los trabajadores y de los lugares de trabajo para medir la exposición de los trabajadores a radiaciones ionizantes y a sustancias radiactivas, con objeto de comprobar que se respetan los niveles fijados.

Art. 12.- Todos los trabajadores directamente ocupados en trabajos bajo radiaciones deberán someterse a examen médico apropiado, antes o poco después de la ocupación en tales trabajos, y someterse ulteriormente a exámenes médicos a intervalos apropiados.

Art. 13.- Los casos en que, a causa de la naturaleza o del grado de exposición, deban adoptarse prontamente las medidas enunciadas a continuación se determinarán según uno de los medios de aplicación que dan efecto al Convenio previstos en el artículo 1:

- a) el trabajador deberá someterse a examen médico apropiado;
- b) el empleador deberá avisar a la autoridad competente de acuerdo con las instrucciones dadas por ésta;
- c) personas competentes en materia de protección contra las radiaciones deberán estudiar las condiciones en que el trabajador efectúa su trabajo;
- d) el empleador deberá tomar todas las disposiciones de corrección necesarias, basándose en las comprobaciones técnicas y los dictámenes médicos.

2.3.2.2.4 Decreto Ejecutivo 2393: Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo

El artículo 11 expone las obligaciones que tienen los empleadores con sus trabajadores:

“Son obligaciones generales de los personeros de las entidades y empresas públicas y privadas, las siguientes:

1. Cumplir las disposiciones de este Reglamento y demás normas vigentes.

2. Adoptar las medidas necesarias para la prevención de los riesgos que puedan afectar a la salud y al bienestar de los trabajadores en los lugares de trabajo de su responsabilidad.
3. Mantener en buen estado de servicio las instalaciones, máquinas, herramientas y materiales para un trabajo seguro.
4. Organizar y facilitar los Servicios Médicos, Comités y Departamentos de Seguridad, con sujeción a las normas legales vigentes.
5. Entregar gratuitamente a sus trabajadores vestido adecuado para el trabajo y los medios de protección personal y colectiva necesarios.
6. Efectuar reconocimientos médicos periódicos de los trabajadores en actividades peligrosas; y, especialmente, cuando sufran dolencias o defectos físicos o se encuentren en estados o situaciones que no respondan a las exigencias psicofísicas de los respectivos puestos de trabajo.
7. Cuando un trabajador, como consecuencia del trabajo, sufre lesiones o puede contraer enfermedad profesional, dentro de la práctica de su actividad laboral ordinaria, según dictamen de la Comisión de Evaluaciones de Incapacidad del IESS o del facultativo del Ministerio de Trabajo, para no afiliados, el patrono deberá ubicarlo en otra sección de la empresa, previo consentimiento del trabajador y sin mengua a su remuneración.

La renuncia para la reubicación se considerará como omisión a acatar las medidas de prevención y seguridad de riesgos.

8. Especificar en el Reglamento Interno de Seguridad e Higiene, las facultades y deberes del personal directivo, técnicos y mandos medios, en orden a la prevención de los riesgos de trabajo.

9. Instruir sobre los riesgos de los diferentes puestos de trabajo y la forma y métodos para prevenirlos, al personal que ingresa a laborar en la empresa.

Por otro lado, el artículo 13 expone las obligaciones del trabajador:

“2. Asistir a los cursos sobre control de desastres, prevención de riesgos, salvamento y socorrismo programados por la empresa u organismos especializados del sector público.

3. Usar correctamente los medios de protección personal y colectiva proporcionados por la empresa y cuidar de su conservación.

4. Informar al empleador de las averías y riesgos que puedan ocasionar accidentes de trabajo. Si éste no adoptase las medidas pertinentes, comunicar a la Autoridad Laboral competente a fin de que adopte las medidas adecuadas y oportunas”

Así mismo, el artículo 187 expone las prohibiciones que tienen los empleadores, las cuales son:

“a) Obligar a sus trabajadores a laborar en ambientes insalubres por efecto de polvo, gases o sustancias tóxicas; salvo que previamente se adopten las medidas preventivas necesarias para la defensa de la salud.

c) Facultar al trabajador el desempeño de sus labores sin el uso de la ropa y equipo de protección personal.

d) Permitir el trabajo en máquinas, equipos, herramientas o locales que no cuenten con las defensas o guardas de protección u otras seguridades que garanticen la integridad física de los trabajadores.

h) Permitir que el trabajador realice una labor riesgosa para la cual no fue entrenado previamente.”

El artículo 188 por su parte expone las prohibiciones de los trabajadores:

“a) Efectuar trabajos sin el debido entrenamiento previo para la labor que van a realizar.

e) Alterar, cambiar, reparar o accionar máquinas, instalaciones, sistemas eléctricos, etc., sin conocimientos técnicos o sin previa autorización superior.

f) Modificar o dejar inoperantes mecanismos de protección en maquinarias o instalaciones.

g) Dejar de observar las reglamentaciones colocadas para la promoción de las medidas de prevención de riesgos.”

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo de estudio

Esta investigación tiene un enfoque cuantitativo debido a que se recolectarán datos estadísticos de encuestas que permitirán conocer la incidencia de las enfermedades laborales en los buques draga TSHD. Además, es un estudio básico porque se elaborará recomendaciones para futuros análisis y estudios sobre el tema. Por otro tiene un nivel descriptivo debido a que se detallará los casos encontrados en las observaciones y herramientas de recolección de datos y, a su vez analítico en cuanto se busca analizar la relación causa – efecto de las variables. Finalmente, esta investigación será transversal al estudiar un periodo determinado de tiempo, en este caso el año 2018 y no será experimental debido a que no se manipularán las variables de estudio.

3.2 Método de estudio

El método deductivo se utilizará en esta investigación debido a que se tomarán referentes teóricos existentes para solucionar o dar solución al problema propuesto, es decir se analizarán casos de estudio, así como parte de las herramientas de recolección de datos para elaborar conclusiones finales.

3.3 Técnica de recolección de datos

Se utilizará la encuesta como medio de recolección de datos. Estas encuestas estarán dirigidas a los trabajadores del buque draga TSHD con el fin de evaluar sus conocimientos y experiencias en accidentes y seguridad en el trabajo, para lo cual se visitarán las instalaciones donde realizan las actividades o en su efecto los sitios de descanso seguro de los profesionales de estos barcos. A su vez se utilizarán fichas recolectoras de datos de

seguridad ocupacional del mismo buque TSHD para estimar el impacto de las operaciones y de los riesgos radioactivos que están inmersos el personal.

3.4 Población

La población para este estudio corresponde a los habitantes de la ciudad de Guayaquil que según datos del INEC ascienden a 2`644.891 habitantes (INEC, 2017). De esta población se tomará en cuenta los criterios de inclusión exclusión los cuales se los detalla a continuación:

- Criterios de inclusión: trabajadores del buque TSHD Draga, personas expuestas a riesgos físicos radioactivos
- Criterios de exclusión: personas civiles ajenas al buque TSHD draga, personal que labora en condiciones ajenas a la exposición de riesgos físicos radioactivos

3.5 Muestreo y muestra

El muestreo para este estudio se realizará de forma no probabilística, es decir de acuerdo a la conveniencia de este estudio, debido a que existe un número muy limitado de trabajadores que operan buques draga TSHD en Guayaquil por lo que se estima que se obtendrá una muestra aproximada de 50 personas que laboren en los buques TSHD draga y que estén en contacto con riesgos físicos radioactivos.

3.6 Variables

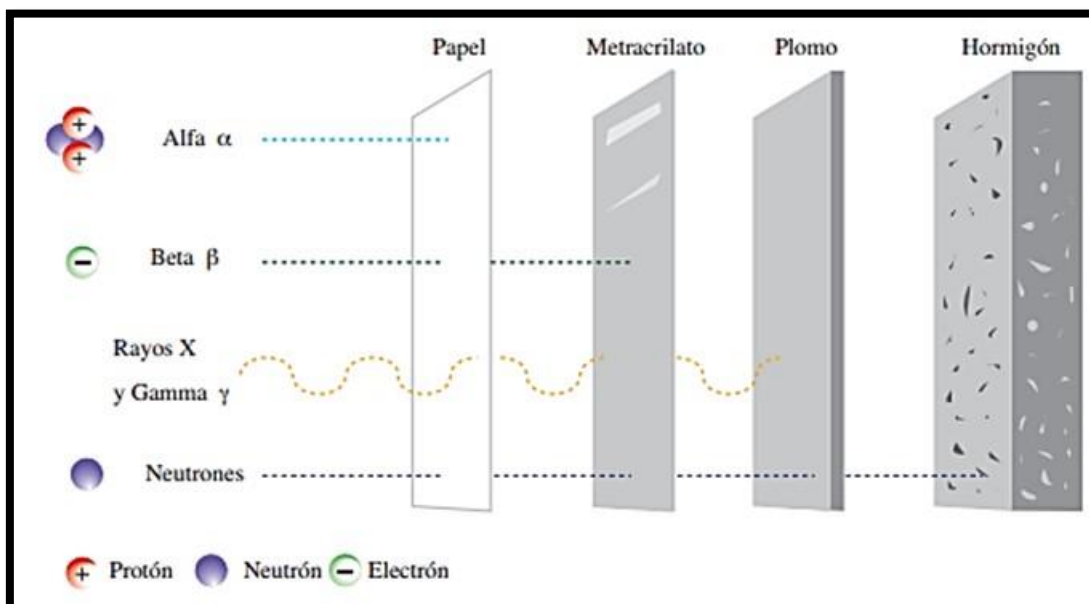
- Variable independiente: riesgo físico radioactivo
- Variable dependiente: exposición a radiación, intensidad, seguridad ocupacional.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1 Resultados del análisis teórico de información relevante sobre factores de riesgo físico radioactivo (Objetivo específico 1)

La radioactividad de los Buques TSHD Draga está ligada a la desintegración de núcleos de átomos radioactivos, los cuales emiten partículas alfa, beta, electromagnética o gamma dependiendo de las operaciones que se realicen. Uno de los elementos radioactivos presentes es el Cobalto 60 o ^{60}Co con periodos de desintegración estables denominados periodos de “semidesintegración”. Estas diferencias estructurales entre los elementos que presentan radioactividad son fundamentales para reconocer el peligro o riesgo que enfrenta la tripulación de los buques draga. A continuación se presenta un gráfico donde se detalla el nivel de introducción de los átomos en ciertas estructuras:

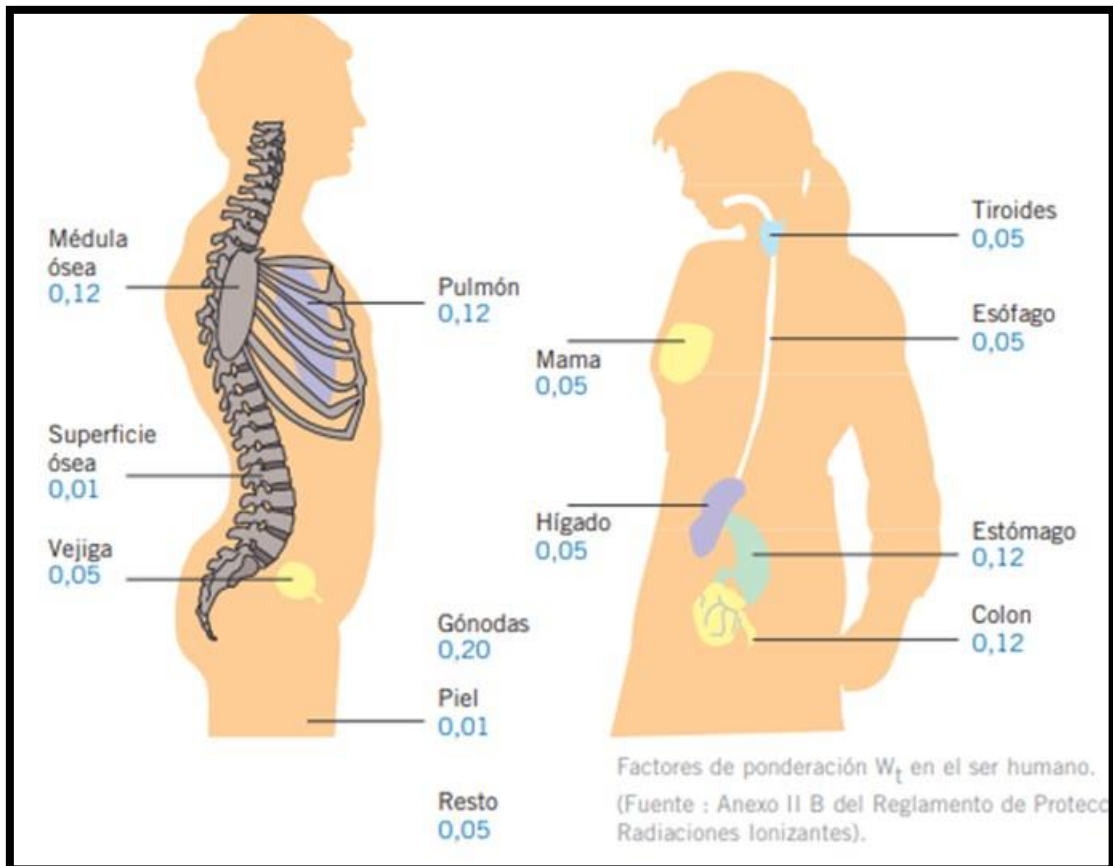
Figura 17: Tipos de radiación



Fuente: Servicio de Salud Aragonés

Así mismo, de acuerdo a la literatura y teorías existentes consultadas, el cuerpo humano tolera ciertos niveles de radioactividad, determinados por la zona corporal y órgano afectado, por lo cual tenemos lo siguiente:

Figura 18: Exposición de radiación por zona corporal



Fuente: Servicio de Salud Aragonés

Por otro lado, algunas manifestaciones de energía son identificadas por los sentidos como el calor o la luz, aunque las radiaciones no son capaces de ser captadas o detectadas por el organismo, por lo que se han diseñado equipos especiales que detecten radiaciones ionizantes como los dosímetros o radiómetros, estos equipos detectan los niveles anormales de radiación, favoreciendo de esta manera la protección evitando la exposición a altas dosis por un periodo prolongado de tiempo.

Figura 19: Dosímetros y radiómetros



Fuente: Consejo de Seguridad Nuclear

Así mismo, los dosímetros y radiómetros detectan los compuestos presentes en la radiación, teniendo como los básicos:

Figura 20: Tipos de radionucleidos presentes en las radiaciones

Radionucleidos	Tipo de emisión	Periodo de semidesitegración	Aplicación
Cesio-137	β , γ	30 años	Gammagrafia industrial, esterilización de materiales, irradiación de alimentos. Para estas aplicaciones sólo se utiliza la radiación γ
Cobalto-60	β , γ	5,26 años	Gammagrafia industrial, esterilización de materiales, irradiación de alimentos. Para estas aplicaciones sólo se utiliza la radiación γ
Americio-241	α , γ	458 años	Detectores de humo
Radio-226/ Berilio	α , β , γ neutrones	1620 años	Medida de humedad
Americio-241/ Berilio	α , γ neutrones	458 años- 53,3 días	Medida de humedad
Carbono-14	β^-	5.730 años	Datación
Bario-133	γ	10 años	Medida de espesores de láminas de aluminio y cobre
Estroncio-90	β^-	25,5 años	Eliminación de electricidad estática

Fuente: Consejo de Seguridad Nuclear

4.2 Resultados de encuestas aplicadas a los trabajadores del buque TSHD Draga (Objetivo específico 2)

Las encuestas fueron realizadas a 50 tripulantes de barcos mercantes, a los cuales se les consultó sobre el conocimiento que tienen sobre los riesgos a padecer enfermedades laborales por las actividades de dragado. Los resultados arrojaron que el 100% de los encuestados conocen o tienen idea de los riesgos que se enfrentan diariamente en sus labores. Cabe indicar que únicamente se hace referencia al conocimiento por accidentes laborales por exposiciones a riesgos físicos o mecánicos, tal como lo muestra la siguiente tabla 4:

Tabla 7: ¿Conoce sobre los riesgos laborales en actividades de dragado?

Variable	F	%
Sí	50	100%
No	0	0%
Total	50	100%

Elaborado: autor (2019)

Como es evidente, los empleados conocen sobre los riesgos físicos en general que pueden presentar sus operaciones en el dragado dentro del Buque TSHD, sin embargo no especifica un conocimiento especial sobre los riesgos físicos radioactivos.

Por otro lado, se consultó a los tripulantes si conoce los riesgos que se exponen por el manejo del material de dragado, tanto durante el proceso como una vez finalizado. Los resultados mostraron que el 80% desconoce si el material o sedimento obtenido contiene algún riesgo para la salud, frente a un 20% que asegura si conocer, tal como lo muestra la tabla 5:

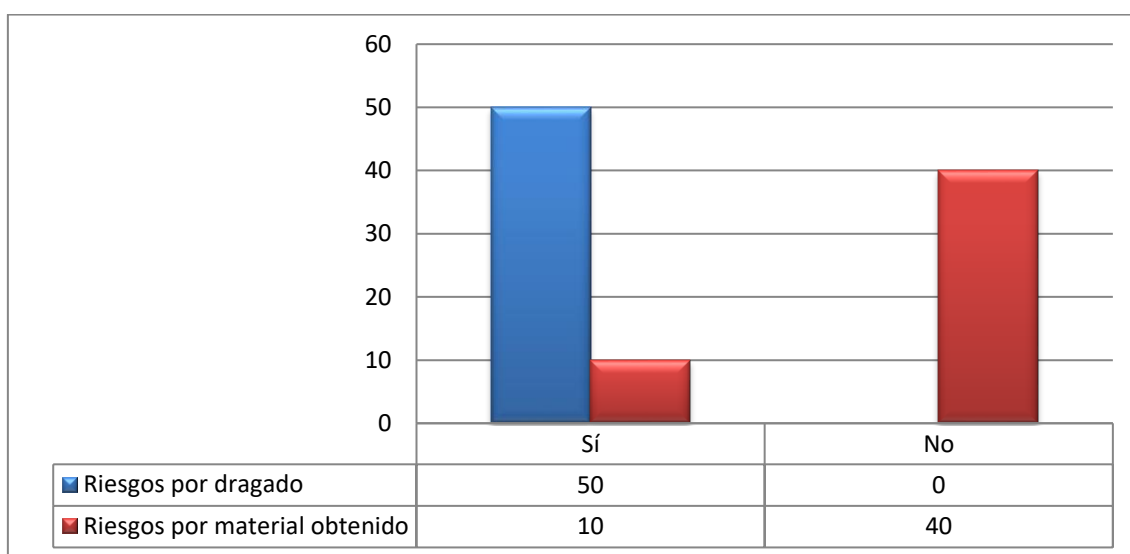
Tabla 8: ¿Conoce sobre los riesgos laborales en el manejo de los sedimentos obtenidos?

Variable	F	%
Sí	10	20%
No	40	80%
Total	50	100%

Elaborado: autor (2019)

A continuación se presenta un gráfico comparativo entre el conocimiento que presentan los tripulantes sobre los riesgos laborales causados por actividades del dragado frente a los causados por la manipulación de las sustancias obtenidas en el proceso:

Figura 21: Conocimiento de riesgos por dragado vs riesgos por material obtenido



Elaborado: autor (2019)

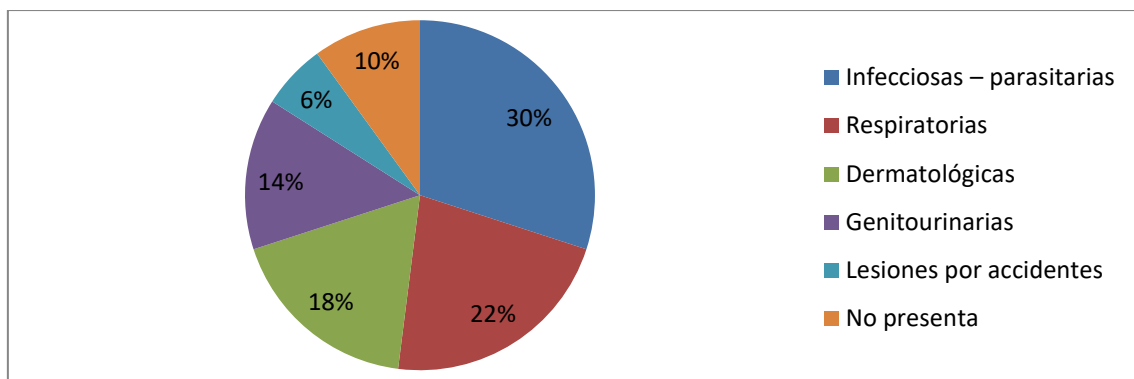
Cabe indicar que las encuestas indicaron que el 100% de los tripulantes de buques draga utiliza correctamente las protecciones dispuestas por las respectivas unidades de seguridad ocupacional. Con respecto a la incidencia de enfermedades laborales a continuación se presenta un cuadro con el tipo de enfermedad y el número de casos encontrados:

Tabla 9: Enfermedades laborales por operaciones de dragado

Tipo de enfermedad	F	%
Infecciosas – parasitarias	15	30%
Respiratorias	11	22%
Dermatológicas	9	18%
Genitourinarias	7	14%
Lesiones por accidentes	3	6%
No presenta	5	10%
Total	50	100%

Elaborado: autor (2019)

Figura 22: Enfermedades laborales por operaciones de dragado



Elaborado: autor (2018)

Cabe indicar que estas enfermedades laborales encontradas corresponden al total de enfermedades ocupacionales, sin tomar en consideración las enfermedades o padecimientos expuestos por riesgos físicos radioactivos.

Como último punto evaluado fue el nivel de productividad en las operaciones de dragado. La productividad se valoró como el número de objetivos cumplidos en su jornada de trabajo. Dicho nivel se muestra a continuación en la tabla 7:

Tabla 10: Incidencia de enfermedad laboral frente al nivel de productividad

Productividad	Personal sano		Personal enfermo	
	F	%	F	%
Bajo	0	0%	45	90%
Alto	5	10%	0	0%
Total	5	10%	45	90%

Elaborado: autor (2019)

El nivel de productividad bajo está representado por un cumplimiento entre uno y tres objetivos por jornada de trabajo o también por cuatro o menos horas de trabajo al día. El nivel de productividad alto está representado por el cumplimiento de las ocho horas de trabajo diarias por trabajador.

Con respecto a la interrogante ¿Conoce Ud. sobre los riesgos de exposición a radiaciones físicas ionizantes y no ionizantes propias de las operaciones de dragado?, el 94% de los encuestados señalo que desconoce sobre los riesgos físicos radioactivos, frente a un 6% que manifestó que si los conoce, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 11: ¿Conoce Ud. sobre los riesgos de exposición a radiaciones físicas ionizantes y no ionizantes propias de las operaciones de dragado?

Variable	F	%
Sí	3	6%
No	47	94%
Total	50	100%

Elaborado: autor (2019)

A su vez, se le consultó al personal que labora en los buques draga TSHD sobre el conocimiento que poseen en materia jurídica, derechos y obligaciones del patrono de cuidar la salud ocupacional frente a riesgos físicos radioactivos, donde el 100% de los encuestados manifestó que desconoce los derechos contemplados en la ley y la protección que esta ofrece a los trabajadores.

Tabla 12: ¿Conoce Ud. sobre los derechos del trabajador en materia de SSOO? contemplados en la legislación ecuatoriana?

Variable	F	%
Sí	0	0%
No	50	100%
Total	50	100%

Elaborado: autor (2019)

Por último, se consultó al personal sobre el manejo y promoción de planes de seguridad ocupacional frente a la presencia de riesgos físicos radioactivos por parte del empleador o del área de SS.OO., donde el 100% de los encuestados manifestó que no existen planes de mitigación de impactos de riesgos físicos radioactivos en los buques draga, únicamente las protecciones comunes que todo empleado debe seguir al realizar sus operaciones.

Tabla 13: ¿Conoce Ud. sobre el manejo y promoción de planes de Seguridad ocupacional frente a la presencia de riesgos físicos radioactivos?

Variable	F	%
Sí	0	0%
No	50	100%
Total	50	100%

Elaborado: autor (2019)

4.3 Resultados obtenidos de fichas recolectoras de SS.OO. del buque Draga TSHD (Objetivo específico 3)

Según los tipos de equipos que pudieren usar en las operaciones de dragado, el buque draga TSHD presenta las siguientes radiaciones:

Tabla 14: Fuentes de radiación en los buques Draga TSHD

APLICACIÓN	RADIONUCLEIDO	PERÍODO DE SEMIDESINTEGRACIÓN	ACTIVIDAD DE FUENTE	OBSERVACIONES
Buques TSHD Draga	60 Co	5,3 años	1 – 9 GBq	Instalaciones fijas para mediciones de densidad de lodos
	137 Cs	30 años	1-10 GBq	

Fuente: Mediciones de radioactividad del buque TSHD Draga

Los buques draga de acuerdo a su capacidad de dragado y configuración de los equipos de medición pueden contener a bordo los radionucleidos 60 Cobalto y 137 Cesio, con un periodo de desintegración elevado y una exposición que se ubica entre 1 a 10 Gigabecquers como unidad de medida de radiaciones, sin embargo, en los buques de estudio de esta investigación se toma como referencia únicamente el radionucleido 60Co, especialmente en la sala de máquinas o sala de bombas.

La tasa de dosis de radiación depende de la energía de radiación del isótopo relativo. La energía de radiación se especifica en la "constante de radiación isotópica". Esta constante es para Cobalto 60: $3,5 \times 10^{-13} \text{ Gy.m}^2 / \text{Bq.h}$ La energía que produce el isótopo de Co 60, es 1,25 MeV.

La tasa de dosis a una distancia de un metro de una fuente de Co60 de la misma actividad, la tasa de dosis a 1 metro será $350.10^{-6} \text{ Sv / hr}$ o 350 uSv / h ($0,035\text{R / hr}$).

La tasa de dosis depende de la distancia entre la fuente y el detector de acuerdo con la ley de los cuadrados, lo que hace que:

$$D_s = C (A / a^2) \quad \text{Donde, } \mathbf{A} = \text{actividad; } \mathbf{a} = \text{distancia; } \mathbf{C} = \text{constante de isótopo.}$$

Según los datos de placa del medidor radioactivo tenemos que:

Material = Co 60

Constante especifica de la fuente gamma= = $3,5 \times 10^{-13} \text{Gy.m}^2/\text{Bq.h}$

Actividad = 7,69 GBq, = $7,69 \times 10^9$ Becquerel

Distancia = 1metro

$$D_s = 3,5 \times 10^{-13} \text{Gy.m}^2/\text{Bq.h} \left(\frac{7,69 \times 10^9 \text{ Becquerel}}{1 \text{m}^2} \right)$$

$$D_s = 26,915 \times 10^{-4} \text{ Sv/h}$$

$D_s = 2691,5 \text{ uSv/h}$, o $2,6915 \text{ mSv/h}$ (3 horas de exposición diaria)

$$D_s = 8,07 \text{ mSv/dia}$$

Es por ello que existe riesgo radiactivo en esta zona de trabajo, sobre todo por el equipo que se usa a bordo en las dragas, el cual se denomina densímetro radiactivo. Este dispositivo a bordo de la Draga TSHD cuenta con una fuente de rayos gamma y de un detector, que se alimenta del radioisótopo ^{60}Co o de Cesio 137, en otros buques.

Figura 23: Densímetro radiactivo IHC



Fuente: autor (2019)

En el densímetro radioactivo presente en la ilustración anterior claramente se puede apreciar que utiliza como material el ^{60}Co , con una actividad de 7,69 GBq. Una de estas empresas que provee de este tipo de densímetros es IHC, la cual fabrica distintos tipos de densímetros, dependiendo de la necesidad y del tipo de radiación. Un tipo de estos es una estructura que se coloca alrededor del tubo eje, sin interferir, mientras que el segundo se une al tubo mediante flanges en ambos extremos de la tubería.

Figura 24: Densímetro de buque TSHD Draga



Fuente: autor (2019)

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN Y PROPUESTA

5.1 Discusión

El buque draga TSHD realiza constantemente operaciones de succión de materiales y sedimentos en distintas ubicaciones, lo que genera una demanda muy alta de este tipo de servicio, a su vez la necesidad de un personal altamente capacitado y productivo para realizar operaciones de forma continua (Damen, 2017). Siendo muy importante la productividad de los trabajadores, poco se fomenta la capacitación de riesgos laborales por exposición a los desechos encontrados en las operaciones de succión.

De acuerdo a los resultados de la encuesta, si bien el 100% conoce los riesgos que producen las operaciones de dragado, es decir, la utilización de maquinaria, el daño acústico, la exposición a ciertos agentes corrosivos, solo el 20% de los encuestados manifiesta que tiene conocimiento sobre los riesgos generados por el contacto con los sedimentos y limo en las operaciones de dragado.

Podrían parecer inofensivos los cúmulos de arena y rocas presentes en la succión, sin embargo, estudios realizados por entidades gubernamentales en Guayaquil, determinaron que la arena presente en los canales de acceso al puerto marítimo contienen bacterias y parásitos perjudiciales para la salud humana, sino se tiene un adecuado control en las operaciones (INOCAR, 2015).

Esto es evidente, porque en muchos casos el tripulante de buques draga no presenta en su mayoría mayor prevalencia de accidentes laborales, sino que la incidencia de enfermedades laborales tiene un mayor peso en la salud del trabajador. Las encuestas reflejaron que las tres enfermedades de mayor peso en tripulantes de buques draga son infecciosas (30%), respiratorias (22%) y dermatológicas (18%). Esto es confirmado por

estudios de impacto de proyectos de dragado, en los cuales se expone que los microorganismos presentes en los sedimentos pueden ingresar por vías respiratorias o por contacto directo en la piel (GAD Provincial Guayas, 2018).

A su vez, el peso que presentan estas enfermedades laborales en la productividad de los tripulantes es importante. De acuerdo a informes de gestión de operaciones de dragado, existen bitácoras diarias con objetivos planteados a cumplirse y que no pueden ser retrasados (Condo, 2015). Si uno de estos objetivos falla todo el proceso deja de ser productivo, por lo que resulta un problema en la ejecución de las operaciones. Esto se relaciona directamente con los resultados presentados en las encuestas, donde solo el 10% de la tripulación presentaba una productividad alta y justamente esta tripulación estaba sana, frente a un 90% que padecía alguna enfermedad.

Así mismo de acuerdo a los resultados, los encuestados desconocen sobre los efectos de la radiación ionizante y no ionizante en el organismo, además las empresas responsables por la seguridad ocupacional no realizan planes de impacto, ni socializan posibles rutas que se deben implementar para manejar desechos o para disminuir el impacto de estas radiaciones en el organismo.

5.2 Propuesta

Para poder hacer frente a la problemática de las radiaciones dentro de los buques TSHD Draga, se deben elaborar políticas de salud y de seguridad ocupacional en los espacios que desarrollen estas actividades. Estas políticas deben aplicarse de tal manera que los trabajos estén libres de riesgos y accidentes, y de ser el caso que se presente algún evento, estos deben comunicarse oportunamente para la evaluación y posterior adopción de medidas que minimicen el impacto en el futuro.

El personal que labore dentro de los buques TSHD draga debe ser capacitado en aspectos especiales de seguridad ocupacional y riesgos físicos radioactivos, sobre todo para evitar impactos nocivos a la salud y a la seguridad del trabajador. Los componentes del programa deben ser:

- Declaración del programa, compromiso con la salud y seguridad ocupacional.
- Procedimiento de comunicación oportuno
- Programa de seguridad y entrenamiento adecuado.
- Presentación de informes
- Investigación de incidentes y reducción de accidentes.

5.2.1 Política de seguridad y compromiso con la salud ocupacional

Para el normal desarrollo de las actividades, se deben establecer objetivos a fin de proteger la seguridad y la salud de todos los operadores de maquinarias y personal que labora dentro del buque TSHD draga. La política que se elabore debe lograr un ambiente de trabajo libre de accidentes, siempre y cuando se cumpla con todos los requerimientos, se comunique oportunamente los potenciales peligros a los trabajadores y se entrene adecuadamente con equipos de protección a los empleados y personal en general.

5.2.2 Entrenamiento adecuado en seguridad

Para poder iniciar una gestión de seguridad adecuada, se debe entrenar al personal en funciones, así como al nuevo personal que ingrese sobre temas específicos de seguridad:

- Normas y políticas sobre seguridad ocupacional
- Peligros específicos sobre las operaciones
- Riesgos físicos radioactivos

- Responsabilidades de los empleados con respecto al material de seguridad
- Responsabilidad en el trabajo
- Precauciones
- Uso adecuado de equipos de seguridad

5.2.3 Comunicación oportuna de incidentes

La comunicación de incidentes debe fluir adecuadamente para reportar lo sucedido tanto a los superiores como al personal responsable de la salud en el buque, para ello se debe dividir los flujos de comunicación de la siguiente manera:

5.2.3.1 Cabina del operador

De forma diaria cada operador de draga debe registrar en su bitácora la actividad realizada en el día, sobre todo en la medición y producción de la draga, verificando si está dentro de los valores normales de operación. En caso de que las lecturas obtenidas presenten anomalías se debe proseguir de la siguiente manera:

- Informar inmediatamente al Capitán sobre lo encontrado
- Inspeccionar el área de medición de la tubería, maquinarias, y fuentes de radiación ionizante y no ionizante.
- No manipular absolutamente nada para no agravar la situación.
- Si el capitán no se encuentra, informar al departamento de dragado, unidad de seguridad e higiene industrial y a los organismos competentes gubernamentales.

5.2.3.2 Cubierta de la draga

De igual forma, se debe inspeccionar diariamente de forma visual los medidores y la producción de la draga, luego de encontrarse anomalías se deben seguir los siguientes pasos:

- Informar inmediatamente a la Unidad de Seguridad industrial e higiene, así como los organismos gubernamentales, Ministerio de Ambiente, Salud y Agua.
- Solicitar una inspección y evaluar los niveles de radiación del medidor de producción

5.2.4 Responsabilidades y búsquedas de accidentes

Al implementar todo programa de salud y seguridad ocupacional se debe designar las responsabilidades de cada uno de los miembros que forman parte del mismo. Un rol importante es el líder, el cual debe coordinar todas las actividades que permitan el normal desarrollo de los programas y políticas establecidas previamente.

Para ello debe crearse comités con participación de todos, los cuales cumplirán y ejecutarán todas las funciones establecidas. Los comités que se deben crear son:

- Comité de control y prevención: Es el responsable de la aplicación del Plan de contingencias.
- Comité de seguridad: Es el responsable de velar por el cumplimiento de las reglas más básicas de seguridad.
- Comité de capacitación y difusión: Es el responsable de difundir todos los planes y políticas ambientales, así como de seguridad, salud e higiene.

En cada comité se debe elegir un responsable que coordinará las acciones entre comités. En caso de que exista fugas importantes de radiaciones y el personal se encuentre perdido, se debe inmediatamente ejecutar un grupo de búsqueda compuesto por:

- Director de búsqueda (responsable)
- Funcionarios de seguridad radiológica

- Especialista en instrumentación
- Funcionario de comunicaciones
- Personas capacitadas en seguridad física radiológica, protección radiológica
- Empleado del sector donde se labora

Por otro lado, existe un comité que debe formarse inmediatamente antes de las operaciones de dragado y manejo de maquinarias dentro del buque TSHD draga. Este es el comité de emergencias, el cual es el responsable directo del Plan de Seguridad Ocupacional, así como de programar, ejecutar, dirigir y evaluar todos los aspectos del programa de prevención de accidentes, organizar brigadas y evaluar las emergencias para programar las evacuaciones. El comité de emergencia debe estar constituido por:

- Director del Comité: responsable de horas diurnas y nocturnas
- Director suplente del comité: responsable de las operaciones en ambas jornadas, sobre todo cuando el director principal no pueda realizarlas.
- Responsable técnico: persona encargada de evaluar los aspectos principales del programa. Su participación es en ambas jornadas.
- Responsable técnico suplente
- Jefe de seguridad
- Jefe de seguridad suplente
- Asistente del jefe de seguridad
- Grupo de control de incendios y siniestros
- Grupo de emergencia por piso, sección o área
- Brigada de apoyo

5.2.5 Elementos radioactivos en buques THSD Draga

5.2.5.1 Isótopo Cobalto 60

El radioisótopo o isótopo radioactivo Cobalto-60 (^{60}Co) es un isótopo obtenido de forma sintética del cobalto, presenta un periodo de tiempo de 5,27 años para su semidesintegración, en ella, el ^{60}Co emite una gran cantidad de electrones con una energía aproximada de 315KeV. Los usos y aplicaciones del isótopo están orientadas a:

- Fuente de radiación en la industria
- Capacidad de activar y nivelar artefactos y espesores
- Emisión de lecturas en densímetros
- Medir la cantidad de material de dragado.

La energía emitida por el ^{60}Co es poco penetrante en el organismo, lo que facilita el blindaje del personal que labora en medios con alto contenido radioactivo, sin embargo, en casos donde se utilizan rayos gamma, la cantidad expulsada se encuentra alrededor de 1,35 MeV, lo que incrementa la penetración en el organismo del radioisótopo.

Una vez que el ^{60}Co ingresa al cuerpo humano, gran cantidad de este se excreta en las heces y el resto se absorbe en vía renal, hepática y ósea, lo que originaría neoplasias o cáncer si se expone de forma prolongada a la radiación. En la siguiente ilustración se puede observar el interior de una sala de máquinas de un buque Draga TSHD, en la cual existe la presencia del radioisótopo ^{60}Co a niveles bajos y controlados.

Figura 25: Sala de Máquinas de Buque Draga



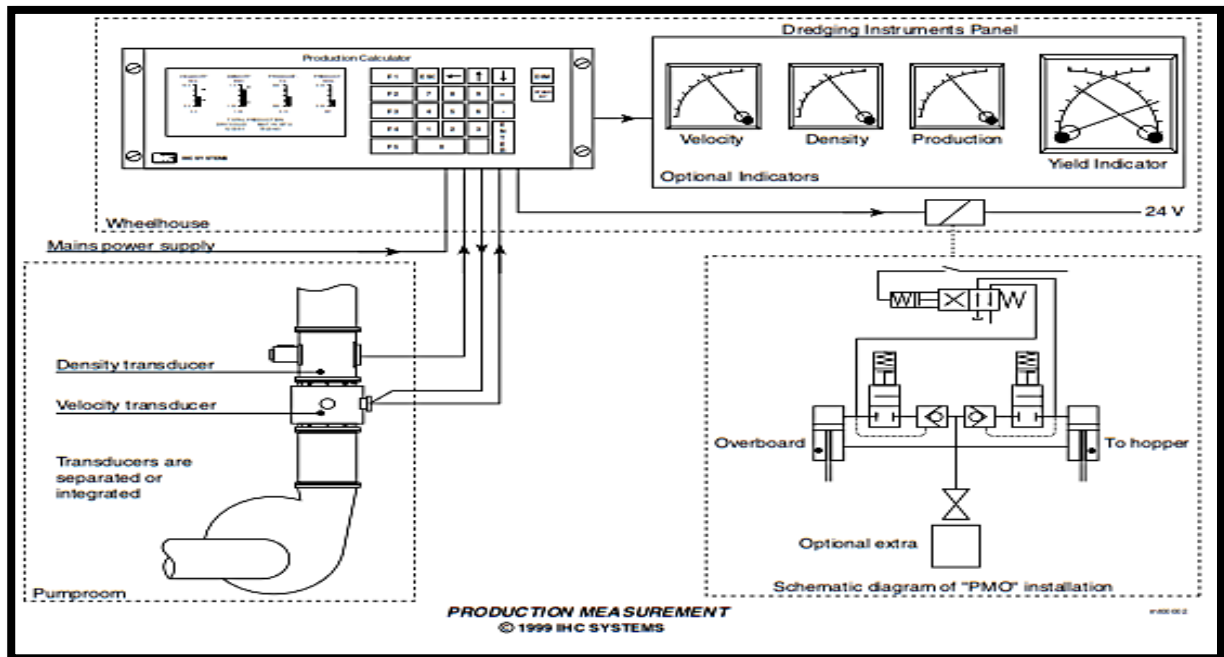
Fuente: autor (2019)

5.2.5.2 Lecturas del Isótopo Cobalto 60 buques TSHD Draga

El equipo que recibe las mediciones del densímetro es la calculadora de producción. Este calculador es el que transforma automáticamente las mediciones del medidor de radiación, el densímetro radiactivo está ubicado en la sala de bomba del buque en la proa, y el calculador está en el puente de gobierno, donde pasan los oficiales y el capitán del buque. Las lecturas presentes en el calculador del densímetro marcan IHC.

En el panel de las lecturas se muestra la velocidad en m/s, densidad en t/m³, el producto en t/s y en m³/s. otras de las características de este calculador de radiación dentro de los buques Draga TSHD es el diagrama de operaciones que presenta, el cual se muestra a continuación:

Figura 26: Diagrama de operaciones del calculador de producción



Fuente: autor (2019)

Como se puede apreciar en la figura, el calculador de radiaciones presente en los buques TSHD muestra un panel con la velocidad, densidad, producción y rendimiento de las operaciones. Este está ubicado de tal forma que recibe las variaciones de radiación desde el transductor, leyendo oportunamente, evitando así potenciales problemas en fugas y tomando las medidas correctivas desde la cabina de gobierno del buque.

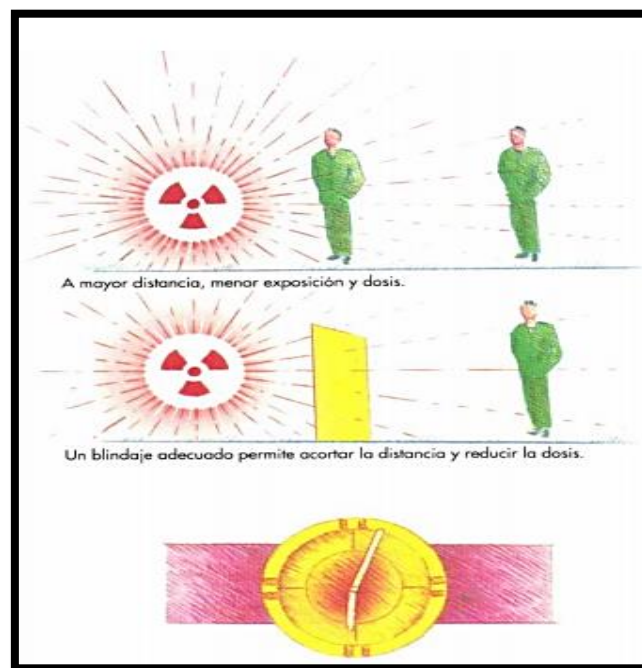
5.2.6 Elementos de protección

Para protegerse frente a la radiación producida por equipos emisores o la contaminación originada por el manejo de sustancias radioactivas, es necesario aplicar ciertas medidas de protección radiológica como son:

- Minimizar el tiempo: la dosis recibida es directamente proporcional al tiempo que permanece el cuerpo en la zona radioactiva, es decir, mientras menor sea el tiempo de exposición menor será la dosis que se recibe.

- Maximizar la distancia: la dosis recibida es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia, es decir, mientras más lejos esté la fuente radioactiva menor será la dosis recibida.
- Maximizar el blindaje: mientras mayor sea el blindaje que esté presente entre el trabajador y la fuente radioactiva, menor será la dosis que se reciba.

Figura 27: Principios de la radiación



Fuente: Servicio de Salud Aragonés

5.2.6.1 Protección radiológica en operaciones

Algunos de los elementos de protección radiológica en las operaciones del buque son:

- Medios de protección radiológica
- Vigilancia de zonas de trabajo y personal
- Clasificación y señalización de zonas

5.2.6.1.1 Medios de protección radiológica

Entre los medios de protección se encuentran los elementos de acotación y señalización como cintas, cuerdas, destinados a bloquear y señalar las zonas con alto peligro de contaminación por radiación. Además, se encuentran en este grupo las tablas o gráficas que detallan la actividad y el material radiológico presentes en el sitio del trabajo.

Figura 28: Medios de protección radiológica



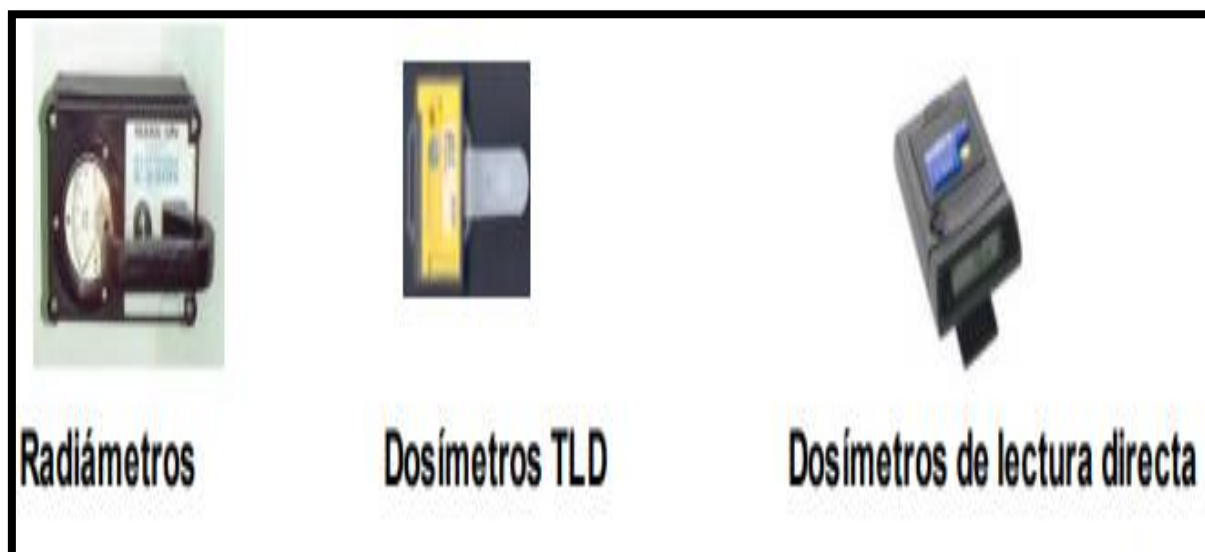
Fuente: Consejo de Seguridad Nuclear de Madrid

5.2.6.1.2. Vigilancia de zonas de trabajo y personal

En este grupo entran los radiómetros, dosímetros TLD y dosímetros de lectura directa. La dosimetría es una gran herramienta para proteger al trabajador, de los siguientes aspectos:

- Evita daños a la salud en el trabajador expuesto a radiación, las dosis recibidas deben ser muy bajas y jamás superar los límites establecidos.
- Hay dos tipos de vigilancia radiológica, una de ellas mide la dosis individual (dosímetros pasivos o de termoluminiscencia y dosímetros activos o de lectura directa) y la otra mide el nivel de radiación dentro de un área (monitores de radiación y dosímetros de área o TLD)

Figura 29: Tipos de dosímetros



Fuente: Consejo de Seguridad Nuclear de Madrid

5.2.6.1.3 Clasificación y señalización por zonas

Las áreas en las que hay fuentes de radiación son conocidas como áreas de acceso restringido y deben estar señalizados con carteles de distintos colores, en función al nivel de radiación presente. Entre las zonas a clasificar están:

- Zona vigilada: color gris
- Zona Controlada: color verde
- Zona de Permanencia Limitada: color amarillo
- Zona de Permanencia Reglamentada o Acceso Prohibido: color naranja

Por otro lado, los carteles indican la existencia de riesgo de contaminación o irradiación.

Figura 30: Clasificación por zonas de radiación



Fuente: Consejo de Seguridad Nuclear de Madrid

5.2.6.2 Elementos de Protección personal

El empleador de los buques TSHD draga debe hacerse responsable de la correcta, oportuna y permanente dotación de los elementos de protección personal necesarios a todos los empleados que estén en riesgo de riesgos laborales, en especial cuidado a los trabajadores en contacto con riesgos físicos radioactivos. Algunos materiales que deben considerarse como elementos de protección son:

- Lentes de seguridad
- Casco protector
- Mascara para polvos
- Ropa adecuada de trabajo
- Protector auditivo
- Guantes
- Botas de seguridad con punta de acero
- Dosímetros

Figura 31: Densímetro IHC para draga



Fuente: (ACP, 2017)

Algunos otros elementos de los densímetros son los sensores de Velocidad o de densidad de carga, tanto para el material sumergible denominado carga como para la bomba de descarga, se instala un sistema combinado entre la densidad y velocidad, indicando la producción instantánea del sistema, estos sensores son de marcas como IHC o Damen. A continuación se presentan los sensores de velocidad del buque draga

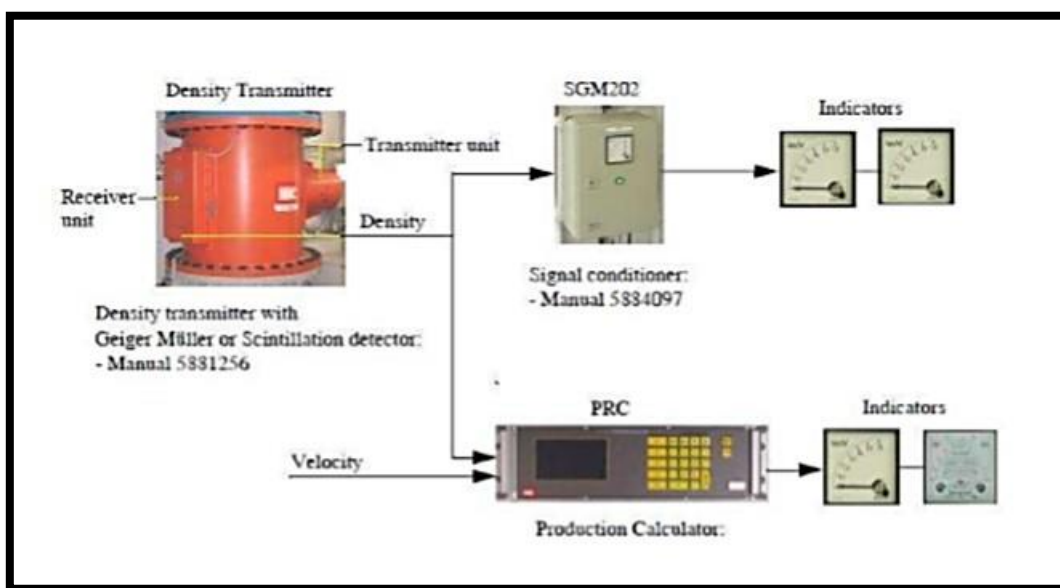
Figura 32: Sensores de velocidad del buque draga TSHD



Fuente: autor (2019)

Por otro lado, existe un microprocesador acoplado a la sección del tubo GM o Greiger Muller, compuesto por celdillas internas de cerámica de un grosor de 28 mm, sobre las que se aplica un complejo sistema de medición del radioisótopo Cobalto 60 con actividad de 8,51 GBq. El sistema de procesamiento de la información, así como las lecturas en conjunto entre el calculador de radiación y los distintos sensores de velocidad se muestra a continuación:

Figura 33: Proceso de lectura de las radiaciones en buques draga TSHD



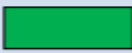
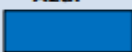


Fuente: Consejo de Seguridad Nuclear de Madrid

5.2.7 Señalización

Las señales de seguridad tienen la función de identificar, advertir sobre los peligros y riesgos de una operación. Para ello buscan atraer la atención de todos los colaboradores, mientras facilita la interpretación e identificación del mensaje que se está difundiendo. A continuación, se presenta el significado por colores de la señalización:

Tabla 15: Colores de seguridad de las señaléticas

COLOR DE SEGURIDAD	SIGNIFICADO	INDICACIONES
Rojo 	Detención	Alto. Dispositivos de desconexión para emergencias
	Prohibición	Señalamientos para prohibir acciones específicas
	Material, Equipo y Sistemas para Combate de Incendios	Identificación y localización.
Amarillo 	Advertencia de peligro	Atención, precaución y verificación. Identificación de los peligros.
	Delimitación de Áreas	Límite de áreas restringidas o usos específicos.
	Advertencia de Peligros por Radiaciones Ionizantes	Señalamiento para advertir la presencia de material radioactivo.
Verde 	Condición Segura	Señalamiento para advertir: salidas de emergencias, rutas de evacuación, zonas de seguridad, primeros auxilios, lugares de reunión, duchas de emergencias, lavajos, etc.
Azul 	Obligación	Señalamientos para realizar acciones específicas.

Fuente: Secretaría Nacional del Agua (2015)

A su vez, en los lugares donde se emite radiación ionizante y no ionizante dentro del buque TSHD draga, se debe colocar de tal forma que todos puedan acceder a la información, un cartel donde señale los niveles máximos tolerados por el organismo de radiación, los cuales son los siguientes:

Figura 34: Clasificación de zonas por exposición a radiaciones

Zona	Dosis
Zona gris o azul	de 0.0025 a 0.0075 mSv/h
Zona verde	de 0.0075 a 0.025 mSv/h
Zona amarilla	de 0.025 a 1 mSv/h
Zona naranja	de 1 a 100 mSv/h
Zona roja	> 100 mSv/h

Fuente: Secretaría Nacional del Agua (2015)

5.2.8 Acciones a realizar y controlar por parte del empleador

Se deben controlar las siguientes acciones obligatorias para sus empleados:

- Los obreros deben estar provistos de mascarillas especiales con filtros que eviten inhalación de materiales como el polvo, sobre todo en el movimiento de tierras, dragado, emisión de gases y manipulación de productos.
- Todo empleado debe utilizar obligatoriamente el casco de protección en las actividades de dragado, además del chaleco reflectivo.
- Para riesgos auditivos, los obreros deben utilizar equipos de protección auditiva.
- El personal debe utilizar botas especiales con punta de acero para protección en caso de materiales pesados.
- En temporadas invernales se debe utilizar botas y chaquetas impermeables.
- El equipo que realice labores de soldadura o que estén inmersos en radiación debe utilizar un material especial como mascarilla facial, protección infrarroja, ultravioleta, mandil, polainas de cuero, guantes y mangas.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN

6.1 Conclusiones

Se puede concluir lo siguiente:

- Dentro del estudio, se determinó que los riesgos físicos radioactivos ionizantes y no ionizantes producto de las operaciones de dragado sí inciden directamente en la productividad de los trabajadores del buque, debido a que sus operaciones se realizan en lugares cerrados y muy limitados, donde se concentran las exposiciones a la radiación, afectando de forma prolongada su salud.
- Los principales factores de riesgo físico radioactivo son las radiaciones ionizantes y no ionizantes, concentradas en los radionucleidos ⁶⁰ Cobalto y ¹³⁷ Cesio, que son parte de las radiaciones encontradas en las operaciones de dragado.
- Los niveles encontrados en exposición laboral de acuerdo a los datos registrados constituyen entre tres y cinco veces sobre la exposición normal poblacional, formando un estado crítico para los trabajadores de los buques draga.
- Los equipos de seguridad básicos otorgados por las empresas solo cubre una parte de la radiación, la cual se vuelve inestable por tiempo de exposición y dosis expuesta, volviendo inservible el material de protección.
- Existe una alarmante falta de información de los trabajadores de buques draga, sobre todo en materia de radiación ionizante y no ionizante y la legislación que los ampara, lo que se traduce en una preocupante jornada de trabajo que no se ha investigado anteriormente.

6.2 Recomendaciones

Para este estudio se recomienda:

- Realizar controles periódicos a todos los trabajadores, coordinando con los distintos comités y brigadas antes expuestas.
- Realizar adecuados y constantes chequeos médicos a todo el personal, sobre todo cuando ingresa y sale de la empresa.
- Realizar campañas informativas al personal para difundir información importante sobre la presencia de riesgos físicos radioactivos presentes en las operaciones de dragado.
- Solicitar el ingreso al departamento médico de cada buque TSHD draga un especialista en medicina preventiva, sobre todo con conocimientos en riesgos físicos radioactivos.
- Evaluar constantemente el material de protección que usan los empleados para verificar su efectividad y buen estado.

CAPÍTULO VII: BIBLIOGRAFÍA

ACP. (Junio de 2017). *Operación de monitoreo de producción de Draga*. Obtenido de Manual de protección radiológica: <https://micanaldepanama.com/wp-content/uploads/2012/06/270sp-mindi.pdf>

AIU. (2018). *Riesgos del manejo de materiales y sustancias radioactivas: Riesgo radioactivo*. Obtenido de Seguridad e higiene industrial: <http://cursos.aiu.edu/SEGURIDAD%20E%20HIGIENE%20INDUSTRIAL/4/Seccion%204.pdf>

Alcocer, J. (2018). *Elaboración de plan de seguridad industrial y salud ocupacional para la E.E.R.S.A. Central de generación hidráulica*. Obtenido de Escuela Superior Politécnica de Chimborazo: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/950/1/85T00168%20pdf>

Asamblea Constituyente. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Obtenido de Asamblea Nacional Constituyente: https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf

Asamblea Nacional. (2012). *Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento de medio ambiente de trabajo*. Obtenido de Ministerio de Trabajo: <http://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/12/Reglamento-de-Seguridad-y-Salud-de-los-Trabajadores-y-Mejoramiento-del-Medio-Ambiente-de-Trabajo-Decreto-Ejecutivo-2393.pdf>

Asamblea Nacional. (2016). *Acuerdo N° 283 - Norma técnica para la gestión segura de los desechos radiactivos y fuentes radiactivas selladas en desuso*. Obtenido de Asamblea Nacional: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu167103.pdf>

- Barrera, J. (2015). *Propuesta de modernización para el monitoreo del sistema de dragado del buque Ernesto Pinto*. Obtenido de Universidad Austral de Chile:
<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2013/bmfcib272p/doc/bmfcib272p.pdf>
- Bengt, K. (2016). *Radiaciones no ionizantes*. Obtenido de Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo:
<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/49.pdf>
- Bosalix Dragamex. (2015). *Buque TSHD draga*. Obtenido de Boskalis Dragamex:
<https://dragamex.boskalis.com/nosotros/equipo/equipo-y-flota-local/draga-tshd.html>
- Bosqued, J. (2012). *Cálculo del equipo de dragado necesario para una draga de succión de 1000 m3*. Cantabria: Universidad de Cantabria.
- Condo, V. (3 de julio de 2015). *Informe de Draga del Río Yanuncay*. Obtenido de INOCAR:
http://www.inocar.mil.ec/web/images/lotaip/2015/literal_n/informes/NAC-HID-FIS-APG-051-2015.pdf
- Consejo Supremo de Gobierno. (1979). *Reglamento de seguridad radiológica*. Obtenido de Consejo Supremo de Gobierno:
<http://sut.trabajo.gob.ec/publico/Normativa%20Legal/Acuerdos%20Ministeriales/REGLAMENTO%20DE%20SEGURIDAD%20RADIOLOGICA.pdf>
- CSIC. (2016). *Riesgos físicos*. Obtenido de Instituto de Seguridad e higiene en el trabajo:
<http://www.ibgm.med.uva.es/addon/files/fck/fisicos.pdf>

CSN. (1 de agosto de 2018). *La protección radiológica en la industria*. Obtenido de Consejo de Seguridad Nuclear:

<https://www.csn.es/documents/10182/914805/Proteccion+radiologica+en+la+industria%2C+agricultura+%2C+docencia+e+investigacion>

Damen. (2017). *Draga de tolva de succión en marcha 650*. Obtenido de Damen:

<https://products.damen.com/es-es/ranges/trailing-suction-hopper-dredger/tshd-650>

GAD Municipal Guayaquil. (2018). *Propuesta de dragado de los sectores "barra norte, bajo paola y canal de cascajal" en el Río Guayas, para mejorar las condiciones de navegabilidad*. Obtenido de Plan de Dragado Alcaldía de Guayaquil:

[http://guayaquil.gob.ec/Dragado/5\)%20NAVEGABILIDADRIOGUAYAS2016/ESTUDIO/PLAN%20DE%20DRAGADO%20BARRA%20NORTE.pdf](http://guayaquil.gob.ec/Dragado/5)%20NAVEGABILIDADRIOGUAYAS2016/ESTUDIO/PLAN%20DE%20DRAGADO%20BARRA%20NORTE.pdf)

GAD Provincial Guayas. (1 de marzo de 2018). *Estudio de impacto ambiental del proyecto "dragado de la II fase y disposición de los sedimentos de los alrededores del Islote El Palmar en la Provincia del Guayas*. Obtenido de Gobierno Provincial del

Guayas: <http://www.guayas.gob.ec/dmdocuments/medio-ambiente/eia/2018/2018-abril/EIA-PALMAR-2018.pdf>

Henao, F. (2015). *Codificación en salud ocupacional*. Bogotá: ECOE Ediciones.

IADC. (Septiembre de 2014). *La draga de tolva de succión en marcha*. Obtenido de

International Association of Dredging Companies: <https://www.iadc-dredging.com/ul/cms/fck-uploaded/documents/PDF%20Facts%20About/translations/facts-about-spanish-trailing-suction-hopper-dredgers-la-draga-de-tolva-de-succion-en-marcha.pdf>

<https://www.iadc-dredging.com/ul/cms/fck-uploaded/documents/PDF%20Facts%20About/translations/facts-about-spanish-trailing-suction-hopper-dredgers-la-draga-de-tolva-de-succion-en-marcha.pdf>

INEC. (6 de Octubre de 2017). *Mujeres y hombres del Ecuador*. Obtenido de Instituto Nacional de Estadísticas y Censos: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Libros/Socioeconomico/Mujeres_y_Hombres_del_Ecuador_en_Cifras_III.pdf

INOCAR. (1 de enero de 2015). *Fiscalización integral del dragado de mantenimiento del canal de acceso al puerto marítimo de Guayaquil. Incluye monitoreo y auditoría ambiental” contrato no. 22-2014*. Obtenido de Autoridad Portuaria de Guayaquil: [http://www.apg.gob.ec/files/auditoria_ambiental_informe_01_2015\(Inocar\).pdf](http://www.apg.gob.ec/files/auditoria_ambiental_informe_01_2015(Inocar).pdf)

MIMG. (septiembre de 2015). *Estudio de impacto ambiental para el dragado del canal este del Islote "El Palmar" ubicado en el Río Guayas*. Obtenido de Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil: <https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/09/EIA-Dragado-Islote-El-Palmar-parte-2.pdf>

Ministerio de Trabajo de España. (1 de septiembre de 2016). *Enfermedades profesionales*. Obtenido de Guía Sanitaria a bordo: http://www.seg-social.es/ism/gsanitaria_es/ilustr_capitulo12/cap12_4_e_prof_maritimas.htm

Ministerio de trabajo de España. (1 de septiembre de 2016). *Seguridad social y riesgos laborales*. Obtenido de Instituto Social de la Armada: http://www.seg-social.es/ism/gsanitaria_es/ilustr_capitulo12/cap12_3_riesgo_laboral.htm

Municipio de Guayaquil. (2017). *Estudio de Viabilidad Ambiental*. Obtenido de Proyecto para la Delegación a la Iniciativa Privada del Dragado de Profundización del Canal de Acceso a las Terminales Portuarias de Guayaquil, incluyendo su mantenimiento y operación bajo términos FBOT : [http://guayaquil.gob.ec/Dragado/1\)%20PROYECTO%20APP%20DRAGADO/](http://guayaquil.gob.ec/Dragado/1)%20PROYECTO%20APP%20DRAGADO/)

b)%20CAPI%CC%81TULO%201%20PRESENTACIO%CC%81N%20DEL%20PROYECTO/a.3)%20Ana%CC%81lisis%20Ambiental.pdf

Niu, S. (abril de 2011). *Protección de los trabajadores frente a la radiación*. Obtenido de Organización Internacional de Trabajo: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/publication/wcms_158314.pdf

OIEA. (2009). *Normas de seguridad del OIEA: Clasificación de las fuentes radiactivas para la protección de las personas y el medio ambiente*. Obtenido de Organización Internacional de Energía Atómica: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1227s_web.pdf

OIEA. (2017). *Métodos para la identificación y localización de fuentes radiactivas gastadas*. Obtenido de Organismo internacional de energía atómica: https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/28/055/28055159.pdf?f=r=1&r=1

OMS. (1 de Mayo de 2012). *Manual para la inspección de buques y emisión de certificados de sanidad a bordo*. Obtenido de Organización Mundial de la Salud: http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44835/9789243548197_spa.pdf?sequence=1

Pérez, C. (26 de noviembre de 2017). *¿Cómo protegerse de las sustancias radioactivas?* Obtenido de Blog de seguridad industrial: <http://blogseguridadindustrial.com/como-protegerse-de-las-sustancias-radiactivas/>

SAMANCTA. (10 de Diciembre de 2012). *Equipos de seguridad*. Obtenido de Comisión

Europea, Fiscalidad y Unión Aduanera:

http://ec.europa.eu/taxation_customs/dds2/SAMANCTA/ES/Safety/WorkOnShi

[psVessels_ES.htm](http://ec.europa.eu/taxation_customs/dds2/SAMANCTA/ES/Safety/WorkOnShipsVessels_ES.htm)

Torres, A. (septiembre de 2018). *Protección Radiológica para trabajadores*. Obtenido de

Servicio de protección nuclear Aragón:

<https://www.aragon.es/estaticos/GobiernoAragon/Organismos/ServicioAragones>

[Salud/Documentos/docs/Areas/Informaci%C3%B3n%20al%20profesional%20d](https://www.aragon.es/estaticos/GobiernoAragon/Organismos/ServicioAragones)

[el%20SALUD/Calidad/Jornadas%20Calidad%202013/Manual_trabajadores_Pr](https://www.aragon.es/estaticos/GobiernoAragon/Organismos/ServicioAragones)

[otRad.pdf](https://www.aragon.es/estaticos/GobiernoAragon/Organismos/ServicioAragones)

TPM. (1 de mayo de 2017). *Convocatoria Dragado de la fase IA (Dragado del*

atracadero 4 del muelle 2, área de reviro y tramo del canal de acceso al puerto

de Manta. Obtenido de Terminal Portuario de Manta: [http://tpm.ec/wp-](http://tpm.ec/wp-content/uploads/2017/05/CONVOCATORIA-TPM03052017.pdf)

[content/uploads/2017/05/CONVOCATORIA-TPM03052017.pdf](http://tpm.ec/wp-content/uploads/2017/05/CONVOCATORIA-TPM03052017.pdf)

UCM. (29 de mayo de 2015). *Riesgos físicos: Enfermedades profesionales*. Obtenido de

Universidad de Madrid: [https://www.ucm.es/data/cont/docs/3-2015-05-29-](https://www.ucm.es/data/cont/docs/3-2015-05-29-Modulo%20RIESGOS%20F%C3%8DSICOS.pdf)

[Modulo%20RIESGOS%20F%C3%8DSICOS.pdf](https://www.ucm.es/data/cont/docs/3-2015-05-29-Modulo%20RIESGOS%20F%C3%8DSICOS.pdf)