

08-012

HEALTH AND SAFETY PLAN FOR ASSEMBLY, START-UP AND OPERATION OF A WATER TREATMENT PLANT FOR RURAL COMMUNITIES

Rivera Rodriguez, Francisco Jesus⁽²⁾; Garcia Fayos, Beatriz⁽²⁾; Arnal Arnal, Jose Miguel⁽²⁾; Sancho Fernandez, Maria⁽²⁾

⁽¹⁾Universitat Politècnica de València, ⁽²⁾Universitat Politècnica de valència

According to the International Labour Organization, every year there are more than 2.3 million deaths in the world related to accidents and occupational diseases, which is equivalent to more than 6,300 deaths per day, most of them take place in developing countries. In economic terms, these accidents have a global impact of 2,120 million euros per year. In rural areas, this problem is increased by the scarcity of resources and tools for prevention and protection against occupational risks. In this context, it is essential to identify and measure the risks associated with the assembly and handling of industrial plants, in order to define effective risk prevention strategies and instill the prevention culture as a tool to avoid accidents and occupational diseases in employees. This work aims to contribute to solving this problem by designing a safety plan for a rural water treatment plant that guarantees adequate conditions for workers in the development of their functions, quality health surveillance and enough tools to protect themselves against the main hazards of the process

Keywords: *safety; health; potabilization; cooperation; occupational risks*

PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD PARA EL MONTAJE, PUESTA EN MARCHA Y FUNCIONAMIENTO DE UNA INSTALACIÓN POTABILIZADORA PARA COMUNIDADES RURALES.

Según la Organización Internacional del Trabajo, cada año se producen en el mundo más de 2,3 millones de muertes relacionadas con los accidentes y enfermedades laborales, lo que equivale a más de 6.300 muertes diarias, la mayor parte de ellas en países en vías de desarrollo. En términos económicos, estos accidentes suponen a la economía mundial 2.120 millones de euros anuales. En las zonas rurales de estos países, el problema se ve acrecentado por la escasez de recursos y herramientas de prevención y protección frente a riesgos laborales. En este contexto, resulta fundamental identificar y medir los riesgos asociados al montaje y manipulación de las instalaciones en uso, con el fin de establecer estrategias efectivas de prevención de riesgos e inculcar a los propios trabajadores de la planta la cultura de la prevención como herramienta para evitar accidentes y enfermedades laborales. El presente trabajo pretende contribuir a solucionar esta problemática mediante el diseño de un plan de seguridad para una instalación potabilizadora rural que garantice a los trabajadores unas condiciones adecuadas para el desarrollo de sus funciones, una cobertura sanitaria y de vigilancia de la salud de calidad, y herramientas suficientes para protegerse frente a los principales riesgos del proceso

Palabras clave: *seguridad; salud; potabilización; cooperación; riesgos laborales*

Correspondencia: BEATRIZ GARCIA FAYOS (BEAGARFA@IQN.UPV.ES)

1. Introducción

Según la Organización Internacional del Trabajo [OIT] (2002) cada año se producen en el mundo más de 2,3 millones de muertes relacionadas con los accidentes y enfermedades laborales, la mayor parte de las cuales se dan en países en vías de desarrollo, donde la precariedad laboral es mayor y la legislación en materia de seguridad y salud es más laxa. En términos económicos, estos accidentes suponen a la economía mundial 2.120 millones de euros anuales.

Las principales causas de muerte laboral son las provocadas por enfermedades profesionales, especialmente el cáncer y las de tipo circulatorio, seguido por los accidentes laborales mortales (Takala, 2005). Aunque en los países desarrollados se ha avanzado claramente en las últimas décadas en materia de seguridad y salud laboral, con un descenso anual continuo en el número de muertes, existen diferencias significativas entre países desarrollados y en vías de desarrollo en cuanto a las posibilidades de acceso de los trabajadores a coberturas de vigilancia de la salud o de seguridad en el trabajo. Así, mientras que los trabajadores de los países nórdicos disfrutaban de una cobertura casi universal, sólo el 10% de los trabajadores en países en vías de desarrollo tenía en 2005 la opción de acogerse a algún tipo de cobertura (Takala, 2005).

La OIT (2002) asegura que es posible prevenir un 80% de los fallecimientos y accidentes ligados al trabajo si todos los Estados Miembros aplicaran mejores estrategias y prácticas de prevención de accidentes, muchas de las cuales están ya desarrolladas y se conocen que son exitosas. De este modo, se hace hincapié en la mejora de los procedimientos de seguridad, prevención de riesgos laborales y salud en los sectores primarios en países en vías de desarrollo.

El Instituto de Seguridad Industrial, Radiofísica y Medioambiental [ISIRYM] de la Universitat Politècnica de València ha dedicado, en los últimos 20 años, varias líneas de investigación al desarrollo e implementación de tecnologías de bajo coste para la potabilización del agua (Arnal et al., 2007). Fruto de estas investigaciones, se ha desarrollado una instalación portátil de potabilización de bajo coste, basada en el empleo de semillas de *Moringa oleifera* como agente coagulante y floculante (García Fayos et al., 2014).

Teniendo en cuenta que esta potabilizadora se ha diseñado específicamente para ser utilizada en áreas rurales de países en vías de desarrollo, donde los trabajadores apenas disponen de herramientas de prevención y protección frente a los riesgos laborales, resulta fundamental identificar y evaluar los riesgos asociados a su instalación, puesta en marcha y operación, de modo que se establezcan estrategias efectivas de prevención de riesgos laborales y se pueda inculcar a los propios trabajadores de la planta la cultura de la prevención como herramienta para evitar accidentes y enfermedades laborales.

Por ello, en este artículo se pretende contribuir a solucionar esta problemática mediante el diseño de un plan de seguridad específico para esta instalación potabilizadora que garantice a los trabajadores unas condiciones adecuadas para el desarrollo de sus funciones, una cobertura sanitaria y de vigilancia de la salud de calidad, y herramientas suficientes para protegerse frente a los principales riesgos del proceso.

2. Objetivos

El objetivo principal de este trabajo es el diseño de un Plan de Seguridad y Salud para una planta potabilizadora modular cuyo fin es abastecer a la población rural de países en vías de desarrollo. Este Plan abarca, de forma integral, todas las actividades de instalación, operación, mantenimiento y gestión de la potabilizadora.

Para alcanzar este objetivo general se han planteado los siguientes objetivos específicos: identificar las diferentes actividades de montaje, operación y mantenimiento de la instalación y determinar los factores de riesgo asociados a dichas actividades, realizar una evaluación inicial de los riesgos identificados mediante un método de referencia que se detalla en el apartado de Metodología, establecer las acciones preventivas y correctivas pertinentes, y diseñar un sistema de gestión de la prevención y de control de riesgos específico para esta instalación que integre todos los aspectos de la Seguridad y Salud en la organización.

3. Metodología

3.1 Características de la Instalación Potabilizadora

El Plan de Seguridad y Salud que se describe en el presente trabajo ha sido desarrollado para un modelo de potabilizadora portátil capaz de producir 10.000 litros/día de agua potable, cuyo proceso productivo se encuentra altamente automatizado y se compone de un pretratamiento, un tratamiento principal de coagulación-floculación y sedimentación con extracto de semillas de *Moringa oleifera*, y un post-tratamiento de filtración, microfiltración y desinfección con hipoclorito de sodio (García Fayos et al., 2014).

Para su funcionamiento normal, la instalación requiere de un jefe de planta y de un técnico de operación, además de otros trabajadores externos que pueden intervenir de forma ocasional en el montaje de la instalación, el mantenimiento de equipos y la limpieza de la planta.

3.2 Metodología de Prevención de Riesgos Laborales

En la Figura 1 se presenta un diagrama de bloques del procedimiento de identificación y control de riesgos en la instalación potabilizadora. Se ha seguido una metodología dividida en varias fases y apoyada en dos instrumentos esenciales: la identificación y evaluación de los riesgos, y el desarrollo de acciones preventivas y correctivas para eliminar y/o controlar dichos riesgos. El fin último de este procedimiento es el de establecer pautas para garantizar la seguridad y salud de los trabajadores en todos los aspectos relacionados con el desempeño de sus funciones en la instalación.

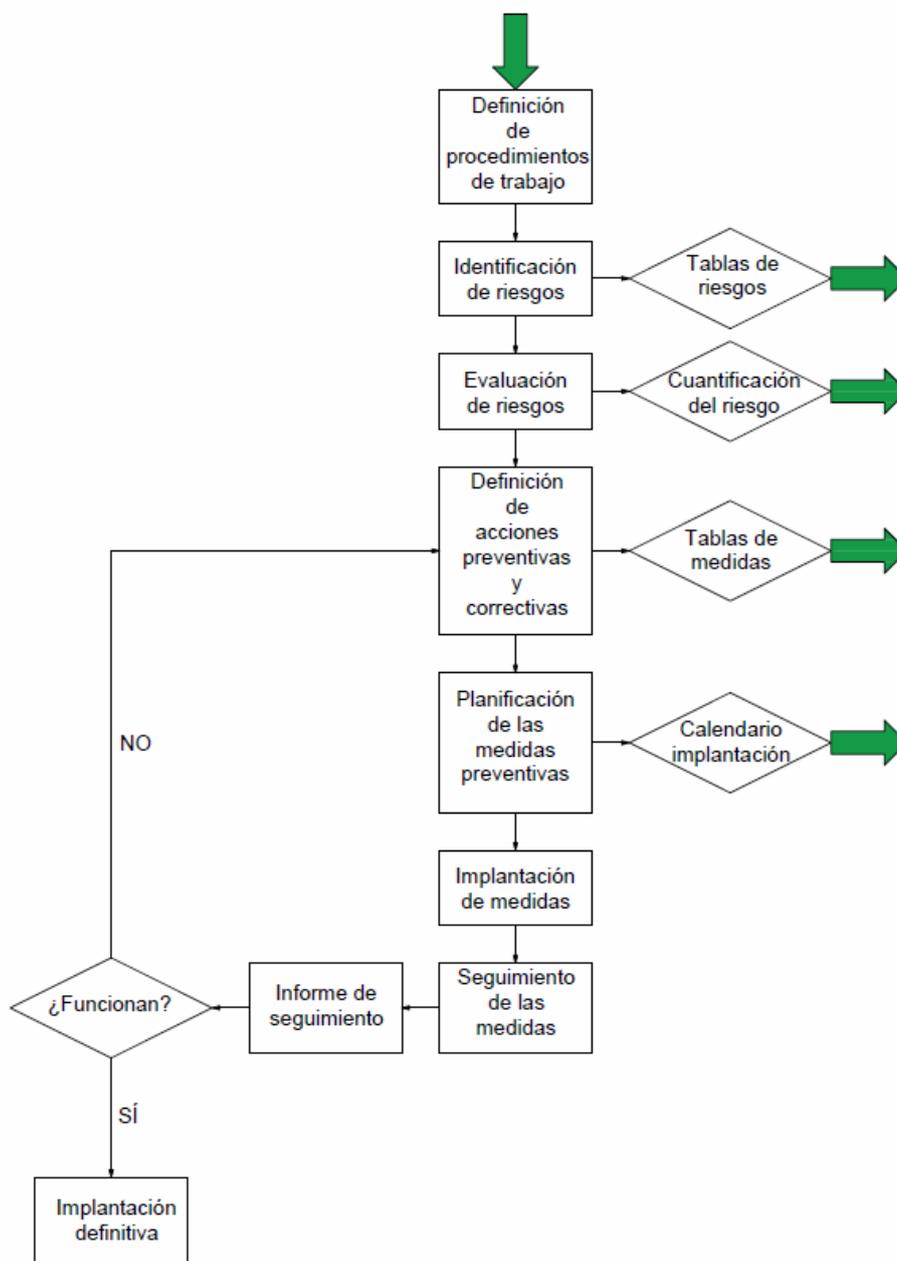
En primer lugar, se han definido los procedimientos de trabajo de las distintas actividades que debe realizar el personal de la instalación, ya sea interno o externo, tanto para su construcción y montaje como para su operación y mantenimiento. A continuación, se han identificado los riesgos inherentes a tales actividades, clasificándolos en cuatro grupos: factores de riesgo de accidentes, factores de riesgo de enfermedades profesionales, factores de riesgo de fatiga y factores de riesgo de insatisfacción.

El tercer paso ha consistido en la evaluación de los riesgos identificados, determinando de forma cuantitativa su magnitud, con el objetivo de establecer una jerarquía en la implementación de medidas preventivas y correctivas. Para definirla se ha tenido en cuenta la probabilidad de que los riesgos existentes se materialicen en daños y la magnitud de los mismos. Tras ello, se han diseñado y establecido las medidas correctivas y preventivas necesarias para eliminar, o en su defecto, minimizar los riesgos identificados. Estas medidas se han clasificado en cuatro categorías: condiciones de seguridad, higiene industrial, reducción de la carga de trabajo y eliminación de la insatisfacción laboral, distinguiendo entre medidas de protección colectiva e individual.

El procedimiento se ha completado diseñando un sistema de organización de la prevención en el que se han definido las responsabilidades y funciones de los diferentes actores y se ha establecido un procedimiento para la implementación y control de las medidas correctivas y preventivas, de modo que se garantice su funcionamiento y se modifiquen aquellos aspectos

que no sean eficaces. Asimismo, se ha diseñado un procedimiento de re-evaluación de riesgos con el fin de asegurar que el Plan de Seguridad y Salud está continuamente actualizado en función de los nuevos riesgos que se identifiquen y las circunstancias de funcionamiento de la instalación que puedan surgir.

Figura 1: Procedimiento de identificación y control de riesgos



3.3 Identificación de Riesgos Laborales

Unas condiciones de trabajo y ambientales deficientes, así como una excesiva carga de trabajo o una mala organización del mismo, pueden dar lugar a distintos tipos de daños en las personas como lesiones por accidentes, enfermedades profesionales, fatiga, e insatisfacción y estrés (Bestratén et al., 2004). Cada tipo de daño se puede materializar a su vez de múltiples formas, que constituyen los llamados riesgos laborales. El objetivo de la

metodología que se explica en este apartado es la identificación de los principales riesgos laborales asociados a las actividades que realiza el personal de la potabilizadora, con el fin de evaluarlos y definir las medidas correctivas y preventivas necesarias para minimizarlos.

Para realizar la identificación de riesgos se ha efectuado una recopilación de las distintas actividades en las que participa algún trabajador de la planta, una descripción pormenorizada de los procedimientos de trabajo incluidos en dichas actividades, una caracterización cualitativa y cuantitativa de las condiciones ambientales bajo las que se llevan a cabo (nivel de ruido, exposición a productos químicos o a contaminantes biológicos, vibraciones, condiciones termohigrométricas, nivel de iluminación, exposición a radiaciones ionizantes o a contactos térmicos, etc.), y una descripción de las condiciones de trabajo (amplitud de movimientos, uso de herramientas, manipulación de objetos voluminosos y/o de cargas, cercanía a instalaciones eléctricas, realización de movimientos repetitivos, necesidad de alta concentración, horarios de trabajo etc.).

A partir de la información recopilada, se llevó a cabo la identificación de los factores de riesgo y de los riesgos laborales asociados a cada actividad según la clasificación realizada por Bestratén et al. (2004, figuras 2 y 3) mediante tablas de riesgos.

3.4 Evaluación de Riesgos Laborales

La evaluación de riesgos y la priorización de las medidas preventivas y correctivas a adoptar se han desarrollado siguiendo la metodología propuesta por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo [INSHT] (1997).

Siguiendo esta metodología, la cuantificación de la magnitud de los riesgos existentes, de la que se deriva la jerarquización en la prioridad de corrección, se ha obtenido a partir del parámetro *prioridad* (PR), que se ha calculado a partir de la ecuación 1.

$$PR = NE \cdot ND \cdot NC \quad (1)$$

En la ecuación 1, *PR* es el valor cuantitativo de prioridad de corrección asignado al riesgo, *NE* se corresponde con el nivel de exposición al riesgo, *ND* representa el nivel de deficiencia detectado en las medidas que previenen de la materialización del riesgo y *NC* es el nivel de consecuencias en el caso de que se materialice el riesgo. Las magnitudes de la ecuación 1 vienen definidas por valores numéricos adimensionales y no representan valores absolutos.

El nivel de deficiencia se ha determinado según el procedimiento definido por Bestratén et al. (2004, p. 14-22), basado en la recogida de datos mediante listas de comprobación (Bestratén et al., 2000, sección "Check lists") a modo de auditoría. Estas listas de comprobación se han aplicado para cada uno de los riesgos identificados en cada actividad en la que participan los trabajadores de la instalación. Tras completarlas, se ha cuantificado el nivel de deficiencia de cada riesgo según los criterios definidos por el INSHT (1997, cuadro 3).

El nivel de exposición se ha estimado en función de los tiempos de exposición de los trabajadores a los agentes de riesgo identificados en cada actividad y se ha cuantificado de acuerdo a los criterios establecidos por el INSHT (1997, cuadro 4).

Por último, se ha determinado el nivel de consecuencias en función de los daños físicos y materiales que pueden producirse en el caso de que se materialicen los riesgos identificados. Ambos tipos de daños se han considerado de forma independiente para cada riesgo, dando más importancia a los daños personales que a los materiales. Las consecuencias materiales sólo se han empleado como criterio de priorización dentro de los riesgos que presentan el mismo nivel de consecuencias personales. Para realizar la cuantificación de este factor, se ha recurrido a los criterios del INSHT (1997, cuadro 6).

A partir de estos datos se ha calculado el nivel de prioridad para la corrección de los riesgos identificados en cada actividad empleado la ecuación 1. Seguidamente, se han clasificado dichos riesgos en cuatro categorías de prioridad, numeradas desde I a IV (INSHT, 1997, cuadro 7.2), siendo los de categoría I considerados críticos y, por tanto, con necesidad de corrección urgente, y los de categoría IV como riesgos controlados.

3.5 Definición, Implantación y Seguimiento de Medidas Preventivas y Correctivas

La definición de las medidas correctivas y preventivas para minimizar los riesgos a los que se encuentran expuestos los trabajadores en cada actividad se ha realizado tomando en consideración los resultados de la evaluación de riesgos y la legislación actual, y se han diferenciado entre medidas de protección colectiva e individual, priorizando las de tipo colectivo.

Concretamente, se ha realizado una completa descripción de las acciones destinadas a proporcionar a los trabajadores unas condiciones de seguridad adecuadas en el desempeño de las actividades de montaje, operación, mantenimiento y limpieza de la instalación. Estas condiciones de seguridad hacen referencia a las características del lugar de trabajo, las máquinas empleadas, los equipos de elevación y transporte, las herramientas manuales, la manipulación de objetos, la instalación eléctrica, los equipos a presión y las sustancias químicas peligrosas.

Además, se han descrito otras medidas destinadas a eliminar o reducir a niveles aceptables la presencia de los agentes y factores nocivos identificados en la fase de evaluación de riesgos, teniendo también en cuenta la protección del medio ambiente. Concretamente, se ha diseñado el sistema de ventilación del lugar de trabajo, se ha medido el nivel de ruido de la instalación y definido medidas para mitigarlo, se han establecido medidas para la mejora de la ergonomía en los puestos de trabajo, y se han determinado los equipos de protección individual necesarios para cada actividad.

Una vez detalladas las medidas, se han ordenado de acuerdo a la prioridad de corrección según el análisis de riesgos efectuado, obteniéndose un listado de acciones preventivas y correctivas a implantar, junto con el nivel de urgencia de su implantación.

Asimismo, se ha definido un procedimiento para llevar a cabo el seguimiento de las medidas correctoras implantadas y del control de riesgos, basado en la realización anual de auditorías para evaluar los riesgos, en observaciones ocasionales del trabajo, en el diseño de un plan de mantenimiento preventivo, en la comunicación de riesgos y sugerencias de mejora, y en la evaluación de la eficacia de las medidas implantadas.

3.6 Contenido del Plan de Seguridad y Salud

Por último, se ha desarrollado un completo Plan de Seguridad y Salud para la instalación potabilizadora, que ha contado con los siguientes aspectos: Plan de Prevención de Riesgos Laborales, Plan de Seguridad de Residuos, Plan de Formación del Personal, Plan de Vigilancia de la Salud, Investigación de Accidentes, y Plan de Emergencia.

4. Resultados

4.1 Riesgos Identificados

La identificación de riesgos se ha llevado a cabo para cada una de las actividades en las que intervienen trabajadores, siendo estas clasificadas como actividades de montaje, operación y mantenimiento y limpieza de la instalación. Estas actividades son las siguientes:

- Montaje de la instalación. Se han incluido las tareas de embalado de equipos, transporte de la instalación hasta el punto de uso, acondicionamiento del terreno, ensamblaje de equipos, tuberías y otros componentes, instalación de equipos hidráulicos, montaje del sistema de energía fotovoltaica, montaje de la instalación eléctrica y revisión de la instalación y pruebas de carga.
- Operación de la instalación. Esta actividad incluye las tareas de encendido y apagado de la planta, seguimiento del proceso y ajuste de parámetros, toma de muestras, realización de controles de calidad del agua producida, preparación y almacenamiento de disoluciones, control de fugas y derrames, y gestión y transporte de residuos.
- Limpieza y mantenimiento de la planta. En este caso, se han contemplado las tareas de limpieza de la reja de desbaste, del filtro de arena, y del microfiltro, extracción de lodos del depósito de cabecera y del sedimentador, limpieza general de equipos e instalaciones, y revisión y mantenimiento de válvulas, válvulas de seguridad, bombas, tuberías y uniones, sensores, equipos de medida y control de calidad, instalación fotovoltaica e instalación eléctrica.

Para cada actividad, se han descrito de forma pormenorizada los procedimientos de trabajo y las condiciones bajo las cuales se llevan a cabo, lo que se ha empleado como base para la identificación de los factores de riesgo existentes, que se resumen en la Tabla 1.

Asimismo, se han estudiado las posibles materializaciones de los agentes de riesgo de acuerdo con la clasificación realizada por Bestratén et al. (2004, figuras 2 y 3). Gracias a ello, se han podido identificar los riesgos asociados a cada actividad, los cuales se presentan en la Tabla 2 junto con el resultado de su evaluación.

4.2 Evaluación de los Riesgos Identificados

La evaluación de riesgos se considera responsabilidad del director de la instalación y se debe revisar anualmente, salvo que se efectúen cambios en los equipos de trabajo, se modifiquen las sustancias químicas utilizadas en el proceso de potabilización o limpieza, se cambie el acondicionamiento de los lugares de trabajo, se modifiquen las condiciones de trabajo, se detecten daños en la salud de los trabajadores o se compruebe que las acciones preventivas y/o correctivas son insuficientes.

Como ya se ha comentado, la evaluación de riesgos inicial para cada una de las tareas enumeradas en el apartado 4.1 se ha llevado a cabo según la metodología expuesta en el punto 3.4, y los resultados de la misma se presentan en la Tabla 2 agrupadas por actividades.

4.3 Medidas Preventivas y Correctivas

La evaluación de riesgos sirvió para identificar las principales carencias en materia de seguridad y las líneas de actuación necesarias para solventarlas. Las medidas preventivas y correctivas definidas para cada riesgo se han dividido en medidas de seguridad y de higiene, pudiendo ser éstas de protección individual o de protección colectiva.

Además de las medidas preventivas y/o correctivas, se han definido normas de seguridad para los trabajadores de la instalación, puesto que su cumplimiento también ayuda a reducir los riesgos identificados. A continuación, se exponen las principales medidas diseñadas para solventar estos riesgos, sin incluir las mencionadas normas de seguridad para trabajadores y visitantes de la potabilizadora:

- Caídas de personas a distinto nivel: instalación de barandillas perimetrales y basculantes, así como pasarelas sobre la cubierta, y uso de equipos de protección

individual [EPIs] adecuados como dispositivo anticaídas, casco con barboquejo y calzado antideslizante.

- Caídas de personas al mismo nivel: iluminación interior y exterior adecuada, recubrimiento antideslizante del suelo, diseño de un área separada para almacenamiento de materiales y productos, señalización de las zonas de riesgo, y uso de calzado antideslizante.
- Caídas de objetos por desplome, derrumbamiento o desprendimiento, caídas de objetos en manipulación y pisadas sobre objetos: anclar al suelo o a la pared todos los equipos con riesgo de desprendimiento, asegurar la estabilidad del depósito situado en el techo del contenedor, nivelar el suelo, disponer de iluminación adecuada, diseño espacioso del área de almacenamiento, almacenar los productos químicos en armarios cerrados, disponer de un panel de herramientas, y uso de calzado de seguridad, casco de protección, y guantes.

Tabla 1: Agentes de riesgo para las actividades de montaje, operación y limpieza de la potabilizadora

Tipo de Agente de Riesgo	Factor de riesgo	Actividades		
		Montaje	Operación	Mantenimiento y limpieza
Condiciones de seguridad	Lugar de trabajo	X	X	X
	Máquinas	X	X	X
	Equipos de elevación y transporte	X	X	X
	Herramientas manuales	X	X	X
	Manipulación de objetos	X	X	X
	Instalación eléctrica	X	X	X
	Aparatos a presión, gases y cargas electrostáticas	X	X	X
	Productos inflamables	X	X	X
	Sustancias químicas	X	X	X
Condiciones ambientales	Contaminantes químicos	X	X	X
	Contaminantes biológicos		X	X
	Ventilación y climatización	X	X	X
	Ruido	X		
	Vibraciones	X		
	Iluminación		X	X
	Calor y frío	X	X	
	Radiaciones ionizantes			
Radiaciones no ionizantes		X	X	
Carga de trabajo	Carga física	X	X	X
	Carga mental			

Tabla 2: Riesgos identificados y resultado de su evaluación para las actividades de montaje, operación y limpieza de la potabilizadora

Tipo de Riesgo	Riesgo	Actividades					
		Montaje		Operación		Mantenimiento y limpieza	
		PR	Nivel	PR	Nivel	PR	Nivel
Accidentes	Caídas a distinto nivel	4.000	I	1.200	I	600	II
	Caídas al mismo nivel	2.400	I	1.440	I	1.080	I
	Caídas de objetos por desplome	4.000	I	600	II	600	II
	Caídas de objetos en manipulación	2.400	I	1.440	I	1.080	I
	Caídas de objetos desprendidos	4.000	I	600	II	600	II
	Pisadas sobre objetos	2.400	I	1.080	I	1.080	I
	Choques y golpes contra objetos inmóviles	2.400	I	1.080	I	720	I
	Choques y golpes contra objetos móviles	2.400	I	360	II	720	I
	Golpes y cortes por objetos o herramientas	2.400	I	1.440	I	1.080	I
	Proyección de fragmentos o partículas	1.800	I	n.p	n.p	720	I
	Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos	4.000	I	600	II	n.p	n.p
	Atrapamiento por o entre objetos	2.400	I	1.200	I	1.200	I
	Sobreesfuerzos, posturas inadecuadas o movimientos repetitivos	1.000	I	750	I	500	II
	Contactos térmicos	150	III	n.p	n.p	150	III
	Contactos eléctricos directos	1.200	I	n.p	n.p	100	III
	Contactos eléctricos indirectos	1.200	I	300	II	300	II
	Exposición a sustancias nocivas o tóxicas	500	II	1.080	I	360	II
	Contacto con sustancias causticas o corrosivas	n.p	n.p	1.080	I	360	II
	Exposición de radiaciones	n.p	n.p	n.p	n.p	120	III
	Explosión	1.000	I	1.800	I	600	II
Incendio	1.000	I	2.400	I	1.800	I	
Atropellos o golpes con vehículos	4.000	I	600	II	n.p	n.p	
Accidentes de tránsito	4.000	I	600	II	n.p	n.p	

n.p: no procede por no existir dicho riesgo en la actividad

Tabla 2: Riesgos identificados y resultado de su evaluación para las actividades de montaje, operación y limpieza de la potabilizadora (continuación)

Tipo de Riesgo	Riesgo	Actividades					
		Montaje		Operación		Mantenimiento y limpieza	
		PR	Nivel	PR	Nivel	PR	Nivel
Enfermedad profesional	Exposición a contaminantes químicos	600	II	1.080	I	1.080	I
	Exposición a contaminantes biológicos	n.p	n.p	1.080	I	1.080	I
	Ruido	1.440	I	n.p	n.p	n.p	n.p
	Vibraciones	600	II	n.p	n.p	n.p	n.p
	Estrés térmico	600	II	n.p	n.p	150	III
	Radiaciones ionizantes	n.p	n.p	n.p	n.p	n.p	n.p
	Radiaciones no ionizantes	n.p	n.p	n.p	n.p	120	III
	Iluminación	n.p	n.p	n.p	n.p	50	III
Fatiga	Física por posición	1.000	I	750	I	500	II
	Física por desplazamientos	1.000	I	750	I	n.p	n.p
	Física por esfuerzos	1.000	I	750	I	500	II
	Manejo de cargas	1.000	I	750	I	500	II
	Mental	n.p	n.p	n.p	n.p	n.p	n.p
Posturas	Física. Cuellos, brazos, vista	1.000	I	750	I	500	II

n.p: no procede por no existir dicho riesgo en la actividad

- Choques y golpes contra objetos móviles o inmóviles: iluminación adecuada, limpieza y orden, señalización de objetos, diseño y señalización adecuadas de las vías de circulación y de carga y descarga, inclusión de resguardos móviles sobre los botones de encendido de las bombas, instalación de dispositivos de parada de emergencia, y uso de EPIs como calzado de protección.
- Golpes y cortes por objetos y herramientas: establecimiento de un sistema de mantenimiento y control de herramientas, cubrir los filos cortantes con fundas, disponer de cajas para transporte de herramientas y cuadros para su almacenamiento, y uso de guantes de protección mecánicos, calzado de protección, gafas y ropa de seguridad.
- Atrapamientos: mantener las vías de circulación libres, señalizadas y niveladas, apantallar obstrucciones peligrosas, anclar las bombas al suelo, diseño estructural adecuado de escaleras, cubiertas y estanterías, señalización de los objetos no anclados, y uso de guantes antiatrapamiento, y ropa y calzado de protección.
- Incendio: diseño adecuado frente al fuego de los elementos constructivos de la planta, diseño y señalización de las vías y recorridos de evacuación, establecimiento de un plan

de emergencia y de formación del personal frente a incendios, alumbrado de emergencia, disposición de equipos para la detección, alarma y extinción de incendios y comprobar su adecuado funcionamiento de forma periódica, instalar un sistema de ventilación y extracción de humos, control del almacenamiento y eliminación de residuos peligrosos, efectuar revisiones periódicas de la instalación eléctrica, y uso de EPIs adecuados como equipo respiratorio.

- Explosión: adquirir extintores homologados, establecer un procedimiento de vigilancia y supervisión de los equipos a presión, disponer de zonas adecuadas para los equipos a presión que estén lejos de las zonas de calor, y colocar válvulas de seguridad a la salida de las bombas de proceso y comprobar su tarado de forma periódica.
- Exposición a contaminantes químicos o biológicos y a sustancias corrosivas: diseño adecuado del área de almacenamiento de productos químicos y residuos, separación y gestión adecuada de residuos, establecer un sistema periódico de revisión de depósitos y envases, disposición de ventilación general y de extracción localizada, etiquetado y señalización adecuada de los envases que contienen sustancias químicas o biológicas peligrosas, formar al personal sobre el protocolo de actuación en caso de contaminación o fuga, y uso de EPIs adecuados como guantes, ropa y calzado de protección, gafas de seguridad y protección respiratoria.
- Fatiga física: evitar el movimiento manual de cargas superiores a los 5 kg, limitación de la longitud de los desplazamientos con cargas, formación adecuada del personal sobre cómo transportar cargas, posturas y movimientos de trabajo, y diseño adecuado de las pausas de descanso.
- Contactos eléctricos directos: apantallar y señalizar cualquier exposición potencialmente peligrosa, vallar las zonas de los paneles fotovoltaicos, proteger los cuadros eléctricos en armarios cerrados con llave, uso de equipos eléctricos, receptores fijos y tomas de corriente con grado de protección IPX4, formar a trabajadores sobre los procedimientos de trabajo con riesgo eléctrico, y uso de EPIs como pantalla facial, guantes aislantes, y ropa y calzado aislante.
- Contactos eléctricos indirectos: separar las partes activas y masas accesibles mediante aislamientos de protección adecuados, instalar protecciones activas sobre la instalación como interruptores, diferenciales, fusibles y magnetotérmicos adecuados a la tensión y amperaje utilizados, establecer un sistema de control, revisión y mantenimiento de los equipos eléctricos, conectar a toma de tierra los receptores de clase I, y formar al personal frente a riesgos eléctricos.

4.4 Organización de la Prevención y Control de Riesgos

Una vez evaluados los riesgos y definidas las medidas preventivas y correctivas para mitigarlos, se estableció un sistema para su implantación y seguimiento. De este modo, se definieron las funciones que debían cumplir en materia de prevención de riesgos laborales cada uno de los actores implicados (Director de Planta, Responsable del Servicio de Prevención Ajeno y trabajadores) y se establecieron los principios del Sistema de Prevención.

En primer lugar, se estableció un calendario de implantación de las medidas preventivas establecidas (Tabla 3) en función el nivel de prioridad obtenido en la evaluación de riesgos. Asimismo, se determinó que una vez establecidas tales medidas por parte del Director de Planta, el responsable del Servicio de Prevención debía realizar un seguimiento del funcionamiento de las mismas, evaluando su eficacia y la necesidad de introducir modificaciones en el plazo de un mes desde su implantación.

El Sistema de Prevención de Riesgos se completó con la definición de un completo Plan de Formación del Personal, adaptado a las funciones y conocimientos de cada uno de ellos, un Plan de Vigilancia de la Salud, un Plan de Emergencia, un Procedimiento de Investigación de Accidentes y un Plan de Gestión de Residuos.

Tabla 3: Calendario de ejecución de las medidas preventivas y correctivas

Valor de Prioridad, PR	Nivel de Prioridad	Plazo máximo de implantación
Menor o igual a 40	IV	2 meses
Entre 41 y 150	III	1 mes
Entre 151 y 600	II	10 días
Más de 600	I	Lo antes posible

5. Conclusiones

En el presente artículo se ha realizado el diseño de un completo Plan de Seguridad y Salud para una instalación de potabilización de agua portátil apta para comunidades rurales de países en vías de desarrollo, que abarca desde la fase de montaje hasta su puesta en funcionamiento. Con ello, se ha diseñado una sencilla metodología de prevención de riesgos laborales, con la que se pretende contribuir a paliar la falta de medios y de políticas de seguridad en el entorno laboral que actualmente existe en los países en vías de desarrollo.

6. Referencias

- Arnal, J.M., García-Fayos, B., Martínez Herranz, M., Sarabia Vicente, S., & Berenguer Llopis, V. (2007). *El agua como fuente de vida y motor de desarrollo sostenible. Proyecto AQUAPOT*. Valencia. Universidad Politécnica.
- Bestratén, B., Bernal, F., Castillo, M., Cejalvo, A., Hernández, A., Luna, P., Méndez, B., Nogareda, S., Nogareda, C., Piqué, T., & Turmo, E. (2000). *Evaluación de las condiciones de trabajo en pequeñas y medianas empresas. Cuestionarios*. Barcelona, España: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Obtenido de: <http://www.insht.es/portal/site/Insht/menuitem.1f1a3bc79ab34c578c2e8884060961ca/?vgnnextoid=ad6c41941b086110VgnVCM100000dc0ca8c0RCRD&vgnextchannel=9f164a7f8a651110VgnVCM100000dc0ca8c0RCRD>
- Bestratén, B., Bernal, F., Castillo, M., Cejalvo, A., Hernández, A., Luna, P., Méndez, B., Nogareda, S., Nogareda, C., Piqué, T., & Turmo, E. (2004). *Evaluación de las condiciones de trabajo en pequeñas y medianas empresas. Metodología práctica*. Barcelona, España: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Obtenido de: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Guias_Ev_Riesgos/Condiciones_trabajo_PYMES/Condiciones_trabajo_PYMES.pdf.
- García-Fayos, B., Rivera, F., Arnal, J.M., & Sancho, M. (2014). Diseño de una planta de potabilización para comunidades rurales utilizando el compuesto coagulante de la semilla de *Moringa oleifera*. En Asociación Española de Dirección e Ingeniería de Proyectos (Ed.) *18th International Congress on Project Management and Engineering* (pp. 1799-1810). Alcañiz: AEIPRO.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (1997). *Sistema simplificado de evaluación de riesgos de accidente*. (Nota Técnica de Prevención 330). Madrid, España: Bestratén, M., & Pareja, F.

- Organización Internacional del Trabajo. (2002, Mayo 24). *Dos millones de muertes por accidentes laborales cada año*. Obtenido de: http://www.ilo.org/global/about-the-ilo/newsroom/news/WCMS_071435/lang--es/index.htm.
- Takala, J. (2005). *Introductory Report: Decent Work-Safe Work*. Obtenido el 07 de Septiembre de 2017, de Organización Internacional del Trabajo: http://ohsa.org.mt/Portals/0/docs/intrep_05.pdf.