

**UNIVERSIDAD MAYOR REAL Y PONTIFICIA DE
SAN FRANCISCO XAVIER DE CHUQUISACA**

VICERRECTORADO

**CENTRO DE ESTUDIOS DE
POSGRADO E INVESTIGACIÓN
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**



Análisis y Evaluación de Riesgos en el Proceso de Llenado de Cilindros con Oxígeno Medicinal en la Planta Generadora de Oxígeno Medicinal OXIPUR en la ciudad de Sucre.

**DIPLOMADO EN SEGURIDAD INDUSTRIAL, SALUD EN EL TRABAJO Y
RESPONSABILIDAD SOCIAL – VERSION II**

Sergio Rodrigo Gutiérrez Cortez

Sucre - Bolivia

2024

CESIÓN DE DERECHOS

Al presentar este trabajo como requisito previo a la obtención del Diplomado en Seguridad Industrial, Salud en el Trabajo y Responsabilidad Social Versión II de la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, autorizo al Centro de Estudios de Posgrado e Investigación o a la Biblioteca de la Universidad, para que se haga de este trabajo un documento disponible para su lectura, según normas de la Universidad.

También cedo a la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, los derechos de publicación de este trabajo o parte de él, manteniendo mis derechos de autor hasta un periodo de 30 meses posterior a su aprobación.

SERGIO RODRIGO GUTIERREZ CORTEZ

Sucre, mayo de 2024

DEDICATORIA

A mis padres por haberme forjado como el hombre que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este. Me forjaron con reglas y libertades, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos.

A ti madre por haberme apoyado en todo momento, por sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, por su paciencia, cuidados, pero más que nada, por tu amor, tú ayuda ha sido fundamental, has estado conmigo incluso en los momentos más turbulentos. Este proyecto no fue fácil, pero estuviste motivándome y ayudándome hasta donde tus alcances lo permitían. A ti padre, por estar en los momentos más importantes de mi vida, gracias por confiar en mí, por los ejemplos de perseverancia y constancia que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

A mi abuelo Sergio Gutiérrez Acosta, mis padrinos Angel R. Gareca y Asunta B. Gutiérrez por su constante apoyo y finalmente pero no menos importante a ti abuela Claudia Irene Aramayo, que ya no te encuentras entre nosotros sino en la gloria de Dios.

AGRADECIMIENTOS

Ha sido de mucho esfuerzo y sacrificio, poder cerrar esta etapa, me queda agradecer principalmente a Dios por haberme dado salud para lograr mis objetivos por permitirme llegar a esta instancia del camino, en donde me vuelvo todo un profesional y espero nunca soltarme de su mano.

A toda mi familia, mi padre y madre, Jesús R. Gutiérrez y Raquel C. a mis hermanos José Eduardo, Daniel, Mario y Cristhofer. Y a todas aquellas personas que me brindaron su ayuda y apoyo.

A cada docente que hizo parte de este proceso integral de formación, que deja como producto terminado este grupo de graduados, y como recuerdo y prueba viviente en la historia; esta monografía, que perdurara dentro de los conocimientos y desarrollo de las demás generaciones que están por llegar.

Finalmente agradezco a quien lee este apartado y más de mi monografía por permitir a mis experiencias, investigaciones y conocimiento, incluir dentro de su repertorio de información mental.

RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo analizar los riesgos y peligros asociados en el proceso de llenado de cilindros con oxígeno medicinal en la planta generadora de oxígeno OXIPUR, en la ciudad de Sucre.

Para lo cual se utilizó diferentes métodos de obtención de datos, para la identificación de peligros se realizó una evaluación de riesgos mediante el método de Análisis Preliminar de Riesgos APR y con el Análisis de Modos de Falla y Efectos (FMEA) se estableció una lista de fallos con sus consiguientes efectos. También se identificó factores que contribuyen en el problema mediante el método Causa-Efecto (Diagrama de Ishikawa).

En esta investigación, el trabajo de campo se realizó mediante la utilización de instrumentos de recolección de información, como lo son la observación de condiciones de trabajo, memoria fotográfica y entrevista. Las entrevistas fueron aplicadas tanto a los técnicos de operación de producción como del profesional que se encontraba a cargo de la supervisión y control del área de producción.

Como resultado se identificaron varios peligros potenciales en el proceso de llenado de cilindros, incluyendo procedimientos inadecuados durante la manipulación de cilindros, válvulas y conectores, fugas en písteles y válvulas, inexactitud en mediciones de presión, acumulación de presión en las líneas de distribución y la falta de sujeción de cilindros durante el llenado.

Como propuesta de esta investigación se realizó un programa de capacitación continua para los trabajadores. A demás se elaboró un programa de mantenimiento preventivo para todos los equipos involucrados en el proceso de llenado de cilindros, como písteles, válvulas y conectores.

Palabras clave: Riesgos, Peligro, Análisis de riesgo, Evaluación de riesgos, Incidentes, accidentes, condiciones inseguras, acto inseguro, manifold, oxígeno medicinal.

Análisis y Evaluación de Riesgos en el Proceso de Llenado de Cilindros con Oxígeno Medicinal en la Planta Generadora de oxígeno medicinal OXIPUR en la ciudad de Sucre.

INDICE DE CONTENIDO

1. CAPITULO 1: INTRODUCCION.....	1
1.1 ANTECEDENTES.....	3
1.1.1 Situación problemática.....	6
1.1.2 Formulación del problema de investigación.....	8
1.2 OBJETIVOS.....	8
1.2.1 Objetivo General.....	8
1.2.2 Objetivos Específicos.....	8
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	8
1.4 METODOLOGÍA.....	10
2. CAPITULO II: DESARROLLO.....	14
2.1 MARCO TEÓRICO.....	14
2.1.1 Marco conceptual.....	18
2.1.2 Marco contextual.....	20
2.2 INFORMACIÓN Y DATOS OBTENIDOS.....	23
2.3 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN.....	29
3. CAPITULO III: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	32
3.1 RESULTADOS.....	32
3.2 CONCLUSIONES.....	33
3.3 RECOMENDACIONES.....	35

4. BIBLIOGRAFIA..... 36

INDICE DE TABLAS

Tabla no. 1: Diseño metodológico.....	11
Tabla no. 2: Rangos y clasificacion para cada categoria.	17
Tabla nro. 3: Nivel de riesgo según el npr.	18
Tabla nro. 4: Evaluación de riesgos.	25
Tabla nro. 5: Desarrollo del método fmea (análisis de modos de falla y efectos).	27
Tabla nro. 6: Clasificacion del nivel de riesgo.....	29
Tabla nro. 7: Comparación del método análisis preliminar de riesgos apr y análisis de modo de fallas de efecto fmea.	31

INDICE DE FIGURAS

Figura nro. 1: Ishikawa para análisis de riesgos y peligrosidad.	7
Figura nro. 2: Ubicación de la planta.....	20
Figura nro. 3: Organigrama empresarial-oxipur.	21
Figura nro. 4: Procedimiento de obtención de datos y evaluación.	23
Figura nro. 5: Manifold a y manifold b.....	24
Figura nro. 6: Manifold a y manifold b.....	24

CAPITULO 1: INTRODUCCION

En el ámbito de la seguridad industrial y la salud en el trabajo, la manipulación de sustancias como el oxígeno medicinal en entornos de alta presión representa un desafío significativo. En este contexto, el presente trabajo se enfoca en un tema de vital importancia: el análisis y evaluación de riesgos en el proceso de llenado de cilindros con oxígeno medicinal en la planta generadora de oxígeno OXIPUR.

El suministro de oxígeno medicinal es esencial en la atención médica, siendo clave para el tratamiento de diversas enfermedades y emergencias médicas. Sin embargo, la manipulación de cilindros de alta presión con oxígeno medicinal implica un riesgo potencial debido a la capacidad oxidante y las condiciones de alta presión involucradas en el proceso. Esta combinación de factores hace necesario un análisis de riesgos y estrategias efectivas de seguridad industrial en la planta OXIPUR.

Chamochumbi Barrueto (2014) enfatiza que el entorno laboral "Debe estar rodeado de todas las medidas de seguridad aplicadas al trabajador y al medio ambiente". Esta afirmación destaca la importancia de implementar medidas preventivas no solo para proteger a los trabajadores, sino también para preservar el entorno en el cual se desarrolla el proceso de llenado de cilindros con oxígeno medicinal.

Asimismo, Lilián Iglesias (2011) señalan que "La gestión de la Salud de los Trabajadores debe ser visualizada en forma integral desde la perspectiva sistémica". Esta perspectiva implica considerar los aspectos relacionados con la salud ocupacional y la seguridad industrial en el análisis de riesgos y estrategias de prevención en el proceso de llenado de cilindros con oxígeno medicinal.

Es importante considerar factores adicionales que afectan la seguridad en el proceso, como el tiempo de vida útil de los pistoles y válvulas master, la calibración de manómetros y válvulas de

seguridad en los manifold, la necesidad de sistemas despresurización en las líneas de distribución de oxígeno hacia los cilindros, y el sistema de sujeción para los cilindros. Estos elementos influyen directamente en la seguridad y confiabilidad de todo el proceso de llenado de cilindros con oxígeno medicinal.

La importancia de este tema radica en su relevancia directa para la seguridad y salud de los trabajadores en la planta OXIPUR, así como para la eficiencia y fiabilidad de los procesos de producción de oxígeno medicinal. La manipulación de cilindros con altas presiones de oxígeno requiere precauciones especiales y medidas de control de riesgos para garantizar la seguridad de los trabajadores y prevenir accidentes graves.

La justificación de este enfoque se basa en la necesidad imperativa de proteger la integridad física y la vida de los trabajadores, así como de asegurar la calidad y disponibilidad del oxígeno medicinal para su uso en el ámbito de la salud. Esta investigación pretende aportar conocimientos concretos y estrategias prácticas que puedan ser implementadas para mejorar la seguridad industrial y la salud en el trabajo en la planta OXIPUR.

El tema de análisis y evaluación de riesgos en el proceso de llenado de cilindros con oxígeno medicinal se centra en la identificación, evaluación y control de los riesgos asociados con este proceso específico en la planta generadora de oxígeno medicinal OXIPUR. Se diferencia de otros temas cercanos al abordar de manera específica los riesgos relacionados con la manipulación de cilindros de alta presión y sustancias oxidantes en un entorno industrial particular.

1.1 ANTECEDENTES.

AUTOR	TITULO	TEORIAS APLICADAS	OBJETIVO	RESULTADO
José Alejandro Céspedes Oreamuno	Elaboración de un análisis de riesgos para el proceso de envasado de los productos oxígeno y dióxido de carbono en una empresa productora de gases industriales y medicinales.	Comunicación de Riesgos. Seguridad Industrial. Análisis de riesgos.	Elaborar un análisis de riesgos para el proceso de envasado de los productos oxígeno y dióxido.	Listado detallado de los riesgos y peligros asociados al proceso de envasado. Se propuso medidas de control y prevención para mitigar los riesgos identificados.
Valerie Maynard Miranda	Elaboración de procedimientos de gestión ambiental, seguridad	Protección del trabajador a partir de la responsabilidad patronal.	Elaborar los procedimientos ambientales, de seguridad industrial y	Actualización de los procedimientos de seguridad,

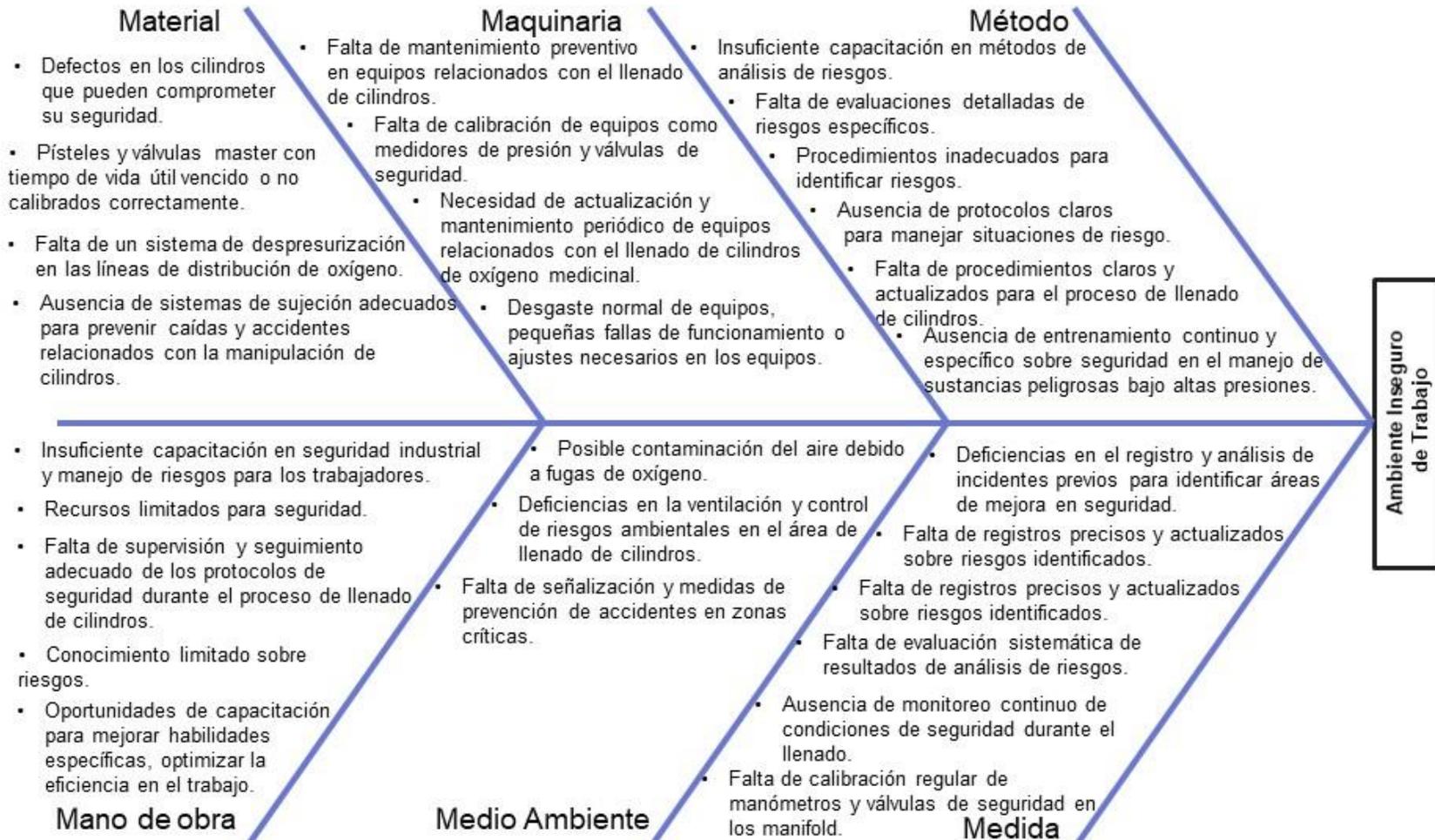
	industrial y salud ocupacional en una empresa productora de gases industriales y medicinales.	Identificación y prevención de riesgos. Seguridad Basada en el Comportamiento.	salud ocupacional.	salud y ambiente.
Hernán Giovanny Chiguano Remache	Estudio ergonómico en las actividades del área de llenado de cilindros de alta presión en la empresa enox s.a. y su repercusión en la salud y bienestar de los trabajadores	Ergonomía Física. Ergonomía Cognitiva. Ergonomía Organizacional.	Realizar el estudio ergonómico de las actividades que se llevan a cabo en el área de llenado de cilindros de alta presión para la salud y el bienestar de los trabajadores.	Se identificaron las principales afecciones que los trabajadores pueden sufrir al estar expuestos a los factores de riesgo ergonómico.

Diana Ximena Lenis Fierro	Diseño del sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo en la empresa SMI GROUP.	Seguridad y salud en el trabajo. Higiene industrial.	Diseñar el sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo con el fin de disminuir los peligros y riesgos.	Se implementó programas de capacitación y concienciación en seguridad y salud ocupacional. Se mejoró la cultura de seguridad laboral, con mayor participación y compromiso de los empleados.
---------------------------------	---	---	---	---

1.1.1 Situación problemática.

En la planta generadora de oxígeno medicinal OXIPUR, se pudo observar la falta de un análisis de riesgos durante el proceso de llenado de cilindros con oxígeno medicinal. Esta situación presenta un riesgo potencial para la seguridad de los trabajadores y la integridad de las instalaciones debido a la manipulación de sustancias peligrosas bajo altas presiones. La ausencia de evaluaciones detalladas de riesgos puede aumentar la probabilidad de accidentes y fallos en los sistemas de seguridad, lo que afecta negativamente la salud ocupacional y el cumplimiento de normativas legales en materia de seguridad industrial y salud laboral.

Figura Nro. 1: Ishikawa para Análisis de riesgos y peligrosidad.



Fuente: Elaboración propia, 2024.

1.1.2 Formulación del problema de investigación.

¿Qué tipos de riesgos y peligros están relacionados con el proceso de llenado de cilindros con oxígeno medicinal en la planta generadora de oxígeno medicinal OXIPUR?

1.2 OBJETIVOS.

1.2.1 Objetivo General

- Realizar un análisis y evaluación de los riesgos en el proceso de llenado de cilindros con oxígeno medicinal en la planta generadora de oxígeno medicinal OXIPUR en la ciudad de Sucre.

1.2.2 Objetivos Específicos.

- Investigar las normativas y regulaciones aplicables en materia de seguridad industrial y salud laboral para el proceso de llenado de cilindros con oxígeno medicinal.
- Identificar los peligros asociados al proceso de llenado de cilindros con oxígeno medicinal en la planta generadora de oxígeno medicinal OXIPUR.
- Evaluar el impacto de estos riesgos en la seguridad industrial y la salud ocupacional de los trabajadores en la planta OXIPUR, utilizando como métodos el Análisis de Modo de Falla y Efecto (FMEA) y el Análisis Preliminar de Riesgos (APR).
- Proponer estrategias de seguridad industrial específicas para los riesgos evaluados en el proceso de llenado de cilindros en la planta OXIPUR.

1.3 JUSTIFICACIÓN.

La investigación se realiza para avanzar en el conocimiento científico sobre la seguridad en la manipulación de sustancias peligrosas, como el oxígeno medicinal, en entornos industriales. Se busca contribuir al desarrollo de mejores prácticas y estrategias de seguridad industrial que puedan aplicarse en diferentes contextos similares.

La seguridad en el proceso de llenado de cilindros con oxígeno medicinal tiene implicaciones económicas importantes, tanto en términos de prevención de accidentes y reducción de costos asociados a incidentes laborales, como en la optimización de procesos que pueden mejorar la eficiencia y productividad en la planta OXIPUR.

La investigación propuesta tiene una justificación legal contundente en el marco normativo de Bolivia, específicamente en la Ley General de Trabajo (Ley 16998) y la Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia. Ambas establecen la obligación de las empresas de garantizar condiciones seguras de trabajo para sus empleados, protegiendo su integridad física y mental y previniendo riesgos laborales que puedan afectar su salud y bienestar.

Esta investigación busca dar cumplimiento a las disposiciones legales establecidas en la Ley 16998 y la Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia. En particular, se enfoca en identificar los peligros y proponer medidas para analizar los riesgos asociados a este proceso, contribuyendo directamente al cumplimiento de las obligaciones legales de la empresa en materia de prevención de accidentes laborales y protección de la salud de los trabajadores.

La seguridad y salud de los trabajadores en la Planta OXIPUR es un aspecto de gran importancia social, ya que impacta directamente en la calidad de vida y bienestar de las personas que laboran en este entorno. Al mejorar las condiciones de seguridad, se protege la integridad física y mental de los trabajadores y se contribuye a un ambiente laboral más saludable y seguro.

Desde el punto de vista técnico, esta investigación aporta conocimientos y herramientas prácticas para la implementación de medidas de seguridad efectivas en el proceso de llenado de cilindros con oxígeno medicinal. Se exploran soluciones técnicas como el uso de válvulas de alivio de presión, sistemas de sujeción seguros y la calibración adecuada de equipos, que son fundamentales para garantizar la seguridad en este proceso.

La investigación tiene el fin de mejorar la seguridad y salud de los trabajadores, cumplir con las normativas legales, contribuir al bienestar social y proponer soluciones técnicas que optimicen el proceso de llenado de cilindros con oxígeno medicinal en la Planta OXIPUR. Los beneficios y utilidades derivados de esta investigación se traducen en un ambiente laboral más seguro, reducción de riesgos y costos, cumplimiento legal y mejora continua en la seguridad industrial.

1.4 METODOLOGÍA.

La investigación que se llevará a cabo para esta monografía será de campo. Esto implica la recolección directa de datos en el lugar donde ocurren los fenómenos que se estudian, es decir, en la planta generadora de oxígeno medicinal OXIPUR. Se realizarán observaciones directas, entrevistas a trabajadores, así como la recopilación de información relevante sobre el proceso de llenado de cilindros con oxígeno medicinal y las medidas de seguridad implementadas.

Este tipo de investigación de campo permitirá obtener datos sobre los riesgos y peligros asociados al proceso, así como evaluar el impacto de estos riesgos en la seguridad industrial y la salud ocupacional de los trabajadores. Además, facilitará la identificación de medidas de control y estrategias de seguridad industrial específicas que puedan ser implementadas en la planta OXIPUR.

Enfoque y alcance.

Enfoque:

El enfoque de esta monografía es de tipo mixto, combinando elementos cualitativos y cuantitativos para obtener una comprensión completa de los riesgos y peligros asociados al proceso de llenado de cilindros con oxígeno medicinal en la planta generadora de oxígeno medicinal OXIPUR. Se emplearán técnicas de investigación cualitativa para explorar las causas subyacentes de los riesgos y peligros, así como técnicas cuantitativas para cuantificar y analizar la magnitud de estos riesgos.

Alcance:

El alcance de esta monografía es descriptivo, centrándose en analizar y describir los riesgos y peligros presentes en el proceso de llenado de cilindros con oxígeno medicinal en la planta OXIPUR. Se abordarán aspectos como la identificación de peligros, evaluación de riesgos, impacto en la seguridad industrial y salud ocupacional, así como la propuesta de estrategias y medidas de seguridad. El estudio se limitará al ámbito de la planta generadora de oxígeno medicinal y no incluirá otros aspectos fuera de este contexto específico.

Tabla No. 1: Diseño metodológico.

TIPO DE MONOGRAFIA: De Investigación.		TIPO DE INVESTIGACION: Investigación de Campo.		
OBJETIVOS	METODOS	TECNICAS	INSTRUMENTOS	RESULTADOS ESPERADOS
Investigar las normativas y regulaciones aplicables en materia de seguridad industrial y salud laboral para el proceso de llenado de	Método analítico.	Revisión bibliográfica, documental Análisis comparativo de normativas y estándares internacionales.	Documentación normativa y legal (leyes, normas técnicas, reglamentos).	*Resumen de normativas y regulaciones identificadas. *Recomendaciones para el cumplimiento normativo en el proceso de llenado de cilindros.

cilindros con oxígeno medicinal.				
Identificar los peligros asociados al proceso de llenado de cilindros con oxígeno medicinal en la planta generadora de oxígeno medicinal OXIPUR.	Métodos Analítico e Inductivo.	Observación participante. Memoria fotográfica. Mapas de riesgos, matriz de riesgos.	Observación de condiciones de trabajo. Cámara fotográfica. Entrevista.	*Listado de riesgos identificados en cada etapa del proceso de llenado. *Matriz de riesgos con evaluación de probabilidad e impacto.
Evaluar el impacto de estos riesgos en la seguridad industrial y la	Método Analítico Sintético.	Análisis preliminar de riesgos APR.	Matriz de riesgos.	*Obtener una visión clara de los riesgos asociados al proceso de llenado de cilindros con

salud ocupacional de los trabajadores.		Análisis de modos de falla y efectos (FMEA).		oxígeno medicinal, con acciones recomendadas para reducir la probabilidad de ocurrencia de los riesgos identificados.
Proponer estrategias de seguridad industrial específicas para los riesgos evaluados en el proceso de llenado de cilindros en la planta OXIPUR.	Método Analítico Sintético.	Diagramas de flujo de procesos con enfoque en seguridad.	Herramientas de diagramación (para diagramas de flujo de procesos).	*Propuestas de mejoras en la infraestructura y equipos de seguridad.

Fuente: elaboración propia.

CAPITULO II: DESARROLLO

2.1 MARCO TEÓRICO.

En el ámbito de la seguridad industrial y la gestión de riesgos en el proceso de llenado de cilindros con oxígeno medicinal, es crucial comprender las teorías y enfoques que respaldan estas prácticas. La presente monografía se adentra en tres teorías fundamentales que son relevantes para el análisis de riesgos y la seguridad.

Gestión de riesgos: una aproximación teórica en su concepción

La gestión de riesgos, como componente clave del control interno, es una herramienta que ayuda a incorporar la volatilidad de las variables aleatorias y sus efectos en el proceso de toma de decisiones empresariales.

Se determina que el riesgo es la probabilidad de ocurrencia de un evento y que puede tener un impacto negativo sobre el cumplimiento de los objetivos estratégicos de una organización. Se puede clasificar en riesgo estratégico, del entorno, comercial, económico-financiero, operacional, tecnológico, medioambiental, así como los elementos primordiales de la gestión de riesgos en las organizaciones.

El control, como una función de la dirección, permite la supervisión y comparación de los resultados obtenidos contra los resultados esperados originalmente, asegurando, además, que la acción dirigida se esté llevando a cabo de acuerdo con los planes de la organización y dentro de los límites de la estructura organizacional. (Vega de la Cruz Leudis, 2017)

Seguridad e higiene industrial

Hablar de seguridad e higiene industrial hoy en día no solo es colocar en el centro de atención al ser humano en sus múltiples actividades de trabajo, sino también priorizar el cuidado ambiental-ecológico en todos sus aspectos, esto quiere decir que el trabajo tiene que ser compatible con la

naturaleza. Los accidentes en el trabajo se producen por una de dos razones o por un acto peligroso (característica personal del trabajador) o porque existe una condición insegura (deficiente ambiente físico del trabajo). Hay actos peligrosos cuando hay desconocimiento del trabajo a realizar, si existe falta de visión, si el operario no se adapta emocionalmente, si existe una baja autoestima; asimismo, la situación laboral determina que algunos trabajos sean más riesgosos que otros. (Chamochumbi Barrueto C. M., 2014)

Evaluación de riesgos: de la teoría a la práctica.

La evaluación de riesgos es un elemento vital para cualquier programa de integridad, tanto en el sentido que debe ser la adecuada para cada organización (¡no es válido el “copiar y pegar”!) como también en su dinamismo ya que debe ir variando de acuerdo a las características cambiantes de cualquier organización (ej. Nueva línea de negocios, nuevos acuerdos, nuevo personal, nuevas regulaciones externas, etc.)

Por otro lado, es casi imposible pensar la existencia de un "riesgo cero" cuando hablamos de riesgos de corrupción. Todas las organizaciones, en mayor o menor medida, lamentablemente están expuestas a estos riesgos. (Dansker Débora, 2021)

Métodos de Evaluación

Para abordar estos riesgos, se utilizarán métodos de evaluación específicos. El Análisis de Modos de Falla y Efectos (FMEA) se empleará para identificar los modos potenciales de fallo en el proceso de llenado de cilindros y sus posibles consecuencias en términos de seguridad y salud ocupacional. Por otro lado, el Análisis Preliminar de Riesgos (APR) se centrará en identificar los riesgos iniciales y establecer su nivel de prioridad en función de su impacto.

Análisis Preliminar de Riesgo.

Para ejecutar un Análisis Preliminar de Riesgo se debe tener en cuenta lo siguiente:

Recopilación de información: Es complejo ejecutar un análisis preliminar de riesgo si no tienes una base con datos reales. Es necesario obtener información sobre los diferentes peligros para las actividades, así como enumerar riesgos en cada etapa. También se debe elegir a los responsables de cada tarea y equipo utilizado. Todo lo obtenido en esta entrevista debe quedar en un registro documentado, donde el contenido puede ser mejorado cuando este sea requerido.

Identificación de causas y vulnerabilidad: Con el análisis de riesgo, es importante detallar las posibles causas, también es de vital importancia estar al tanto de sus efectos, con sus respectivas severidades.

Planificar las acciones de seguridad: Después de realizar la descripción de los riesgos, las causas y los hechos, es el momento de realizar el análisis preliminar de riesgo, es decir, planificar las acciones que se deben tomar en caso de que ocurra algún problema, como para realizar corrección de este.

Actualización periódica: El análisis preliminar de riesgo no es un documento estático, este documento debe revisarse constantemente, debido a que pueden surgir nuevos riesgos que requieren nuevas medidas de control para evitar. (Asana, 2024)

El Análisis de Modos de Falla y Efectos.

El FMEA de Proceso es probablemente el más usado y también en muchas ocasiones el más complejo.

Listar los pasos claves del proceso en la primera columna. Estos podrían ser los que hayan sido calificados con más porcentaje en su Matriz C&E.

Listar los Modos de Falla potenciales para cada paso del proceso. En otras palabras, identifique cómo este paso del proceso podría estar mal.

Listar los Efectos de cada potencial Modo de Falla. Si el modo de falla ocurre, qué significado tiene para nosotros y nuestro cliente... en resumen, ¿cuál es el efecto?

Asignar grado de severidad de cada efecto. Con el número 1 para no severo y el número 10 para extremadamente severo. Y asegúrese de que el equipo entienda y esté de acuerdo en la escala antes de comenzar. También convertirá este sistema de escala 'personal' y no se preocupe por tratar de copiar uno de algún libro.

Asignar el grado de ocurrencia de cada Modo de Falla. Aquí como su nombre lo indica estamos dándoles un valor de escalada a que tan frecuente ocurre esta falla. Usando el número 1 para 'casi nunca' y el número 10 para 'esperamos que suceda todo el tiempo'.

Enumere los Controles Actuales para cada Causa y calificar la escalada de su efectividad en la columna de detección. Aquí el número 1 significaría 'tenemos excelentes controles' y el número 10 significa 'no tenemos control o tenemos muy mal control'. Si detectamos un SOP aquí (o un mal control) anotaremos el número de SOP.

Tabla No. 2: Rangos y clasificacion para cada categoria.

Severidad (S)	Ocurrencia (O)	Deteccion (D)
1-3: Bajo impacto en la seguridad.	1-3: Poco probable de ocurrir.	1-3: Fácil de detectar.
4-7: Impacto moderado en la seguridad.	4-7: Probable de ocurrir en ciertas circunstancias.	4-7: Moderadamente difícil de detectar.
8-10: Alto impacto en la seguridad.	8-10: Muy probable de ocurrir.	8-10: Difícil de detectar.

Fuente: Bestraten M., 2004.

Calcular el NPR (Numero Prioritario de Riesgo) de cada efecto $NPR = Severidad, Ocurrencia, Detección$. Este es el número clave que será usado para identificar dónde debería enfocarse el equipo primero. Por ejemplo, tenemos una Severidad de 10 (muy severo), Ocurrencia de 10 (pasa

todo el tiempo) y Detección de 10 (no puede ser detectado) entonces nuestro NPR es 1000. Significa 'manos a la obra' tenemos un problema severo.

$$\text{NPR} = \text{Severidad} \times \text{Ocurrencia} \times \text{Detección}$$

Tabla Nro. 3: Nivel de riesgo según el NPR.

NUMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO (NPR)
$\text{NPR} < 100$: Riesgo bajo
$100 \leq \text{NPR} < 300$: Riesgo moderado
$300 \leq \text{NPR} < 700$: Riesgo alto
$\text{NPR} \geq 700$: Riesgo muy alto

Fuente: Bestraten M., 2004.

Priorizar los Modos de Falla acorde al NPR. El equipo deberá decidir dónde enfocarse primero. Asignar acciones a personas responsables para eliminar o reducir el riesgo de Modo de Falla. Además aseguren de incluir la fecha de cuándo deben estar completadas dichas acciones. Una vez que las acciones han sido completadas, calcular nuevamente la Ocurrencia y Detección. En la mayoría de los casos no cambiaremos la escala de la Severidad a menos que el cliente decida que ya no es un problema importante. (Bestraten M., 2004)

2.1.1 Marco conceptual.

Oxígeno Medicinal: Gas utilizado en el ámbito médico para el tratamiento de diversas condiciones de salud, como problemas respiratorios o situaciones de emergencia. (Air Liquide, 2024)

Equipos de Protección Personal (EPP): Elementos utilizados por los trabajadores para protegerse de riesgos laborales, como guantes, gafas de seguridad, y equipos respiratorios en el caso del llenado de cilindros con oxígeno medicinal. (Organización Internacional del Trabajo, 1996)

Manifold: Sistema de distribución de gases que permite cargar múltiples cilindros con oxígeno medicinal de manera segura y eficiente. (Sanchez Thompson J. E., 2020)

Análisis de Riesgos: Proceso sistemático para identificar, evaluar y controlar los riesgos asociados con actividades laborales, como el llenado de cilindros con oxígeno medicinal, con el objetivo de prevenir accidentes y daños a la salud de los trabajadores. (Conexión Esan, 2022)

Incidente: Un incidente es un evento repentino que no provoca lesiones graves en el colaborador o que solo requiere de primeros auxilios. (Conexión Esan, 2022)

Accidente: Al igual que los incidentes, los accidentes también son acontecimientos repentinos e inesperados. Sin embargo, estos sí generan consecuencias negativas en el trabajador, como lesiones corporales graves o –incluso- mortales. (Conexión Esan, 2022)

Peligro: Se denomina peligro a toda situación, acto o elemento que podría causar lesiones o enfermedades a los trabajadores durante sus actividades laborales. (Conexión Esan, 2022)

Riesgo: Es la probabilidad de que un peligro se materialice, causando enfermedades o lesiones en las personas. (Conexión Esan, 2022)

Acto inseguro: Se define como acto inseguro a las omisiones, acciones o comportamientos del trabajador que provocan riesgos contra su seguridad y la del resto de los colaboradores. (Conexión Esan, 2022)

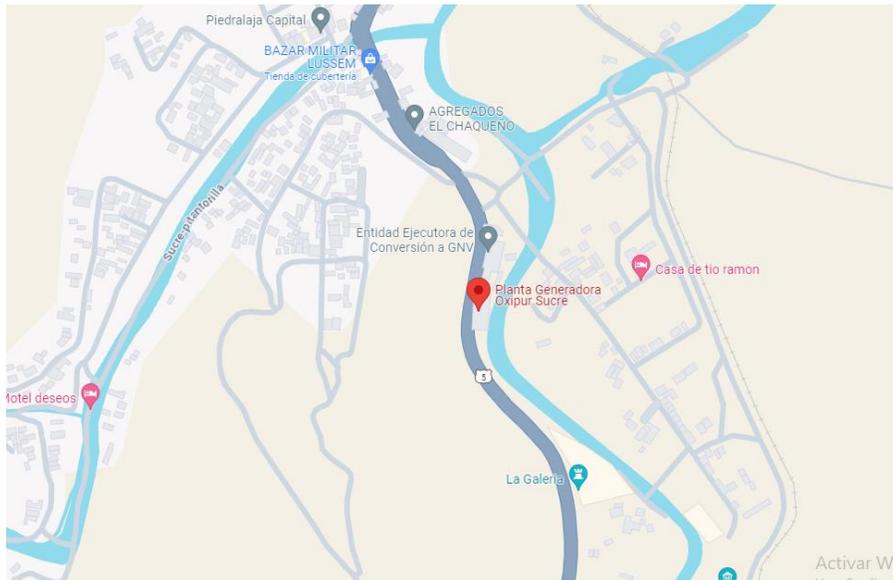
Condiciones inseguras: Son aquellas condiciones físicas o materiales dentro del lugar de trabajo que pueden desencadenar un accidente o incidente laboral. (Conexión Esan, 2022)

Seguridad Industrial: Conjunto de medidas y prácticas enfocadas en proteger la integridad física de los trabajadores y garantizar la continuidad operativa en entornos laborales. (CEPB, 2021).

2.1.2 Marco contextual.

La empresa Generadora de Oxígeno Medicinal OXIPUR, ubicada en la ciudad de Sucre, en la Carretera Sucre-Potosí Zona La Calancha, se destaca por su importante labor en el suministro y producción de oxígeno medicinal. En particular, el área de llenado de cilindros desempeña un papel crucial en el proceso de distribución de este recurso vital para la atención médica.

Figura Nro. 2: Ubicación de la planta.



Fuente: google maps.

Misión:

Producir gases medicinales e industriales, óptimos y eficaces, siguiendo los estándares de calidad.

Ofrecer una atención con calidad y calidez, capaz de cumplir con los requerimientos de nuestros usuarios.

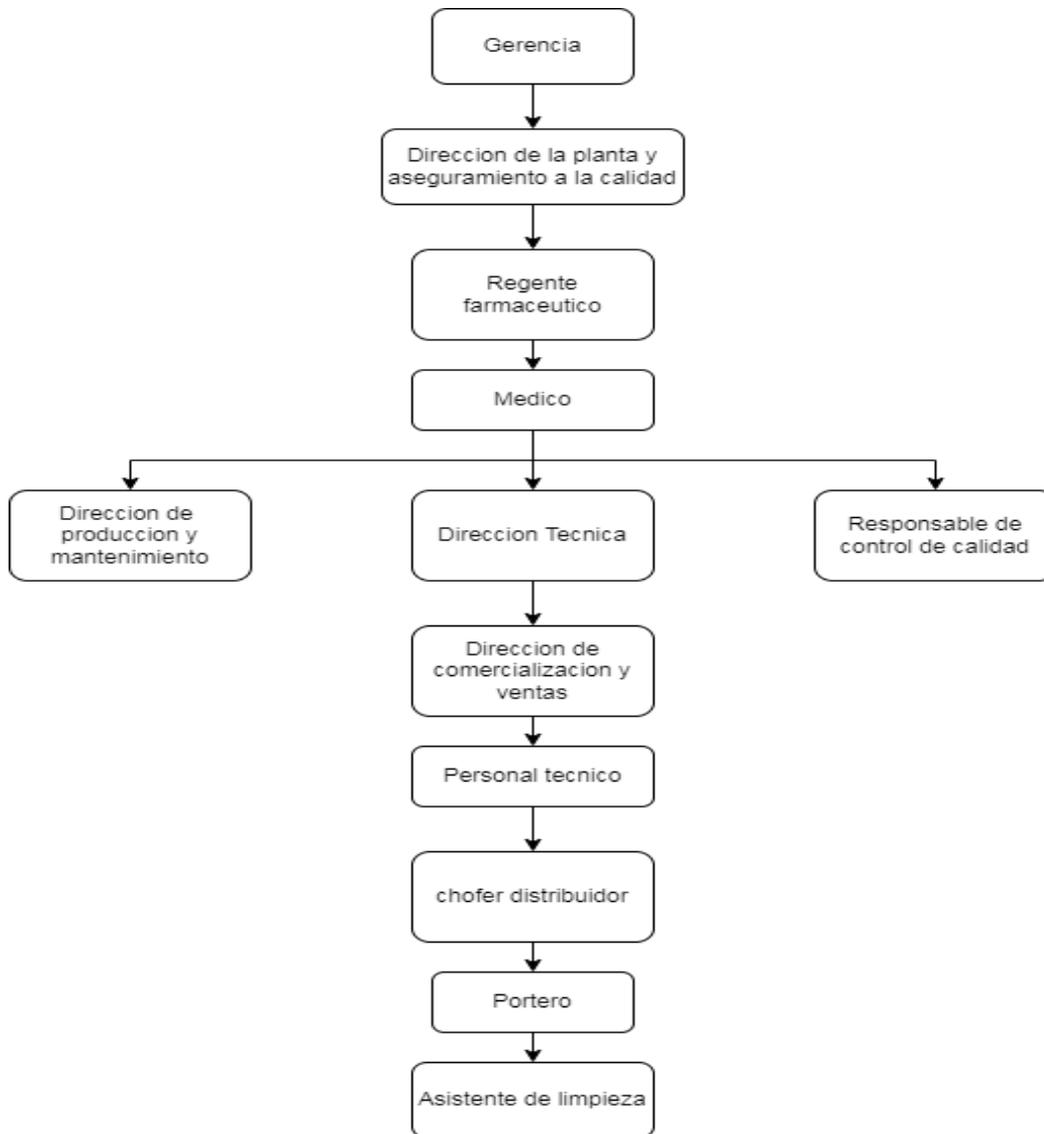
Aportar todo el conocimiento y experiencia para satisfacer las necesidades reales de los usuarios de gases industriales y medicinales.

Visión:

Consolidarnos como una organización líder en la producción y comercialización de gases industriales y medicinales logrando suministrar de forma permanente y continua productos de alta calidad para satisfacer las necesidades de los usuarios nacionales, lo que nos permitirá la permanencia en el mercado como una organización sólida, que crece y mira hacia el futuro.

Organigrama:

Figura Nro. 3: Organigrama Empresarial-OXIPUR.



Fuente: Oxipur Planta generadora de oxigeno medicinal

Gerente: Manejo global de la empresa, relaciones legales y administrativas.

Director de planta: hacer cumplir el sistema de gestión y aseguramiento a la calidad, los procedimientos operativos, manual de funciones, etc.

Regente farmacéutico: garantiza el expedido, distribución y comercialización de los gases medicinales e industriales, cilindros.

Director técnico: garantizar la calidad de los productos fabricados, supervisar todas las etapas de producción, la ejecución de los controles de calidad.

Director de producción y mantenimiento: garantizar que la producción de gases medicinales e industriales con los estándares más altos de calidad.

Director de comercialización, compras y ventas: garantizar la comercialización de gases medicinales e industriales con calidad operativa y de servicio.

Responsable de control de calidad: garantizar la pureza de los productos fabricados, la ejecución de los análisis de controles de calidad.

Médico: mantener la salud integral del trabajador.

Personal técnico: responsabilidad en la instalación y mantenimiento de redes centralizadas, instalaciones eléctricas, fabricación de mobiliario de aluminio, madera, fierro.

Chofer-distribuidor: responsable de transportar y distribuir cilindros de gases medicinales e industriales cumpliendo con los estándares más altos de seguridad.

Portero: responsable de cuidar la infraestructura y precautelar la seguridad de Oxipur.

Asistente de limpieza: responsable de efectuar la limpieza y el acondicionamiento de la planta física.

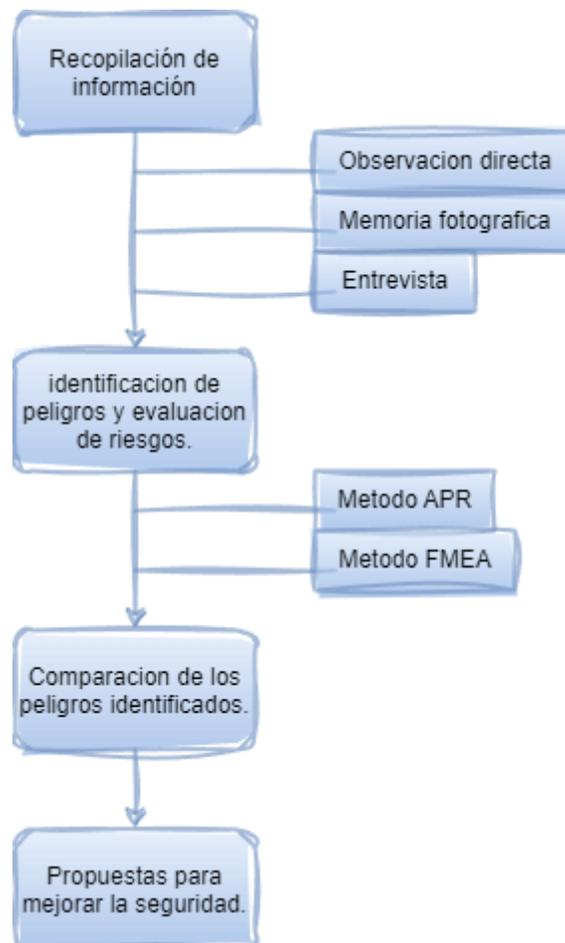
Contexto del Problema:

El área de llenado de cilindros con oxígeno medicinal enfrenta desafíos significativos en términos de seguridad industrial y salud ocupacional. La manipulación de sustancias bajo altas presiones y la necesidad de mantener estándares rigurosos de seguridad hacen que sea crucial abordar de manera efectiva los riesgos asociados a este proceso.

2.2 INFORMACIÓN Y DATOS OBTENIDOS.

El siguiente flujo grama muestra cómo se procederá en el desarrollo de esta investigación.

Figura Nro. 4: Procedimiento de obtención de datos, evaluación y propuesta.



Fuente: Elaboración propia.

Memoria fotográfica.

Figura Nro. 5: Manifold A y Manifold B.



Fuente: Oxipur Planta Generadora de Oxígeno Medicinal.

Figura Nro. 6: Manifold A y Manifold B.



Fuente: Oxipur Planta Generadora de Oxígeno Medicinal.

Entrevista.

Durante la entrevista, pudimos identificar varios peligros potenciales en el proceso de llenado de cilindros con oxígeno medicinal. Estos riesgos van desde problemas técnicos, como el mantenimiento insuficiente de equipos y fugas en las líneas de distribución, hasta aspectos relacionados con el manejo de los cilindros, como la falta de sistemas de sujeción adecuados. Aunque existen medidas de seguridad implementadas, como las pruebas de fuga y el uso de equipos de protección, se destacó la necesidad de reforzar la capacitación del personal y establecer controles más rigurosos. Véase Anexos 4 y 5.

Desarrollo del Análisis Preliminar de Riesgos (APR).

Para cada peligro identificado al inicio del proceso, durante el proceso y al finalizar el proceso se realiza una evaluación de riesgos de acuerdo a tablas en Anexo 6.

Tabla Nro. 4: Evaluación de riesgos.

Peligros Potenciales		EVALUACION DE RIEGOS					Nivel de riesgo
		Severidad	Probabilidad	Detección	Índice de Riesgo	Consecuencia	
P1	Procedimiento inadecuado durante las conexiones de los cilindros para su llenado	2,67	3,00	2,33	18,67	MODERADA	Riesgo Alto
P2	Fugas en pístoles y válvulas	2,67	1,75	3,00	14,00	MODERADA	Riesgo Alto
P3	Inexactitud de mediciones de presión en manómetros	1,67	2,50	2,00	8,33	MODERADA	Riesgo tolerable
P4	Presión alta en las líneas de distribución de oxígeno	3,33	3,75	2,67	33,33	MAYOR	Riesgo Extremo
P5	Cilindros sin asegurar durante su llenado.	3,00	3,75	2,33	26,25	MAYOR	Riesgo Alto

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo del índice de riesgo.-

Se debe ubicar en la matriz el índice de riesgo calculado para cada peligro potencial identificado, en función del producto de los componentes de severidad, probabilidad y detección. Al multiplicar la calificación “C” designada a cada componente, se obtiene el índice del riesgo, según el valor resultante se ubica en la matriz en función del índice de riesgo y la consecuencia. Por ejemplo:

Formula: **Índice de Riesgo (IR)= Severidad(S) x Probabilidad (P) x Detección (D)**

Para el peligro P3: S=4, P=4 y D=2

$$IR= 4 \times 4 \times 2 = 32$$

El valor del índice de riesgo es de 32, ubicamos el valor en la matriz de riesgo, anexo 6, nos da una consecuencia MAXIMA.

Nivel de riesgo.- El riesgo es de 32 con una consecuencia máxima y un nivel de riesgo extremo, esto quiere decir que existe un peligro potencial por la acumulación de presión en las líneas de distribución de oxígeno y que se deben tomar medidas correspondientes para mitigar estos riesgos durante el llenado de cilindros.

Desarrollo del método FMEA (Análisis de Modos de Falla y Efectos).

Tabla Nro. 5: Desarrollo del método FMEA (Análisis de Modos de Falla y Efectos).

Pasos Clave del Proceso	Modos de Falla Potenciales	Efectos de Fallas Potenciales	SEV	Causas Potenciales	OCTU	Controles de Ocurrencia	DET	NPR	Nivel de Riesgo	Acciones Recomendadas	Acciones propuestas	
P1	Conexión de cilindros en el manitol para su llenado.	Conexión incorrecta	Fugas de oxígeno en la conexión entre la rosca de la válvula y la tuerca del niple del pistel.	8,33	Falta de capacitación	5,25	Supervisión regular del personal en procedimientos seguros de conexión.	8,33	364,58	Riesgo Alto	Capacitación en procedimientos seguros de manipulación de válvulas y conectores.	Auditorías de procedimientos
P2	Inspección en busca de fugas de oxígeno	Falta de mantenimiento de los pisteles y válvulas	Fuga de oxígeno en Pisteles y válvulas.	9,33	Falta de plan de mantenimiento	1,75	Inspecciones visuales periódicas para detectar signos de desgaste o deterioro.	8,33	136,11	Riesgo bajo	Implementación de programa de mantenimiento preventivo	Revisiones periódicas de mantenimiento
P3	Monitoreo de presiones durante el llenado.	Manómetros descalibrados	Mediciones inexactas de presión	8,67	Falta de procedimientos de calibración	3,5	Comparación de presiones entre la medición del manómetro "C" entre el manómetro "A" o "B" independientemente.	4,00	121,33	Riesgo bajo	Establecimiento de programas regulares de calibración	Uso de manómetros con certificación de calibración válida.

P4	Despresurización de la línea de distribución de oxígeno al terminar el llenado de los cilindros.	Girar más de un cuarto la tuerca de ajuste del niple en la conexión con la válvula del cilindro.	Riesgo de exposición de una descarga de oxígeno a alta presión.	8,67	Desgaste laboral, estrés, fatiga. Ausencia de sistemas de seguridad de despresurización de líneas de distribución	6,5	Uso de EPP, casco, gafas de protección, overol, guantes de cuero, botines punta de acero.	8,33	469,44	Riesgo Alto	Implementación de sistemas de despresurización	Instalación de sistemas de despresurización
P5	Ubicación de los cilindros en la rampa de llenado.	Cilindros inestables o caídas	Riesgo de accidentes por caídas de cilindros	8,67	Falta de sistemas de sujeción	7	Alineación y agrupación correcta de cilindros.	3,00	182,00	Riesgo bajo	Implementación de sistemas de sujeción mecánicos o de retención para los cilindros durante el llenado.	Instalación de sistemas de sujeción mecánicos o de retención para los cilindros durante el llenado.

Fuente: Bestraten M., 2004

Tabla Nro. 6: Clasificación del nivel de riesgo.

Pasos	NPR	Nivel de riesgo
P1	364,58	Riesgo Alto
P2	136,11	Riesgo bajo
P3	121,33	Riesgo bajo
P4	469,44	Riesgo Alto
P4	182,00	Riesgo bajo

Fuente: Elaboración propia.

Caculo del Número de prioridad de riesgo (NPR)

El NPR prioriza los modos de falla según su riesgo potencial, donde valores más altos indican un mayor nivel de riesgo y requieren una atención prioritaria en términos de implementación de medidas preventivas o correctivas. Por ejemplo:

$$\text{NPR} = \text{Severidad} \times \text{Ocurrencia} \times \text{Detección} = 8 \times 7 \times 3 = 168$$

El número de prioridad de riesgo es de 168, clasificado como RIESGO MODERADO debido a la falta de un sistema de sujeción para los cilindros podría causar una caída de los mismos y provocar daños a las instalaciones como al personal encargado del área de llenado. Deben tomar las medidas adecuadas para prevenir estos riesgos.

2.3 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN.

El Análisis Preliminar de Riesgos (APR) identifica riesgos y peligros de manera general, sin profundizar en los pasos específicos del proceso. Utiliza una categorización general del nivel de riesgo, sin una evaluación detallada de la probabilidad y consecuencias de cada riesgo identificado. Por otro lado, el Análisis de Modos de Falla y Efectos (FMEA) se enfoca en pasos clave del proceso, identificando modos de falla específicos y evaluando su probabilidad, severidad y capacidad de detección. Esto permite una clasificación más precisa del nivel de riesgo para cada modo de falla.

El FMEA es más preciso y exacto en la identificación y evaluación de riesgos, ya que se centra en modos de falla específicos y proporciona una evaluación detallada de cada uno. Sin embargo, ambos métodos pueden conjugarse de manera complementaria para un análisis más completo de riesgos y peligros. El APR puede servir como un primer paso para identificar riesgos generales, mientras que el FMEA proporciona un análisis más detallado de los modos de falla y sus consecuencias. Al combinar ambos métodos, se obtiene una visión más completa y precisa de los riesgos y peligros en un proceso específico.

Tabla Nro. 7: Comparación del método análisis preliminar de riesgos APR y análisis de modo de fallas de efecto FMEA.

Peligros Potenciales (APR)	Pasos Clave del Proceso (FMEA)	Nivel de riesgo		Causas Potenciales	Modos de Falla Potenciales	Acciones Recomendadas
		(APR)	(FMEA)			
Procedimiento inadecuado durante las conexiones de los cilindros para su llenado.	Conexión de cilindros en el manifold para su llenado.	Riesgo Alto	Riesgo Alto	Falta de capacitación en procedimientos seguros	Conexión incorrecta	Capacitación en procedimientos seguros de manipulación de válvulas y conectores.
Fugas en pístes y válvulas.	Inspección en busca de fugas de oxígeno.	Riesgo Alto	Riesgo bajo	Fallas mecánicas debido a falta de mantenimiento	Falta de mantenimiento de los pístes y válvulas	Implementación de programa de mantenimiento preventivo
Inexactitud de mediciones de presión en manómetros.	Monitoreo de presiones durante el llenado.	Riesgo tolerable	Riesgo bajo	Manómetros descalibrados	Manómetros descalibrados	Establecimiento de programas regulares de calibración
Presión alta en las líneas de distribución de oxígeno.	Despresurización de la línea de distribución de oxígeno al terminar el llenado de los cilindros.	Riesgo Extremo	Riesgo Alto	Acumulación de presión en las líneas	Girar más de un cuarto la tuerca de ajuste del niple en la conexión con la válvula del cilindro.	Implementación de sistemas de despresurización
Cilindros sin asegurar durante su llenado.	Ubicación de los cilindros en la rampa de llenado.	Riesgo Alto	Riesgo bajo	Riesgo de caída de cilindros durante el llenado	Cilindros inestables o caídas.	Implementación de sistemas de sujeción mecánicos o de retención para los cilindros durante el llenado.

Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO III: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1 RESULTADOS.

En el marco de nuestra investigación sobre el análisis de riesgos y peligros asociados al proceso de llenado de cilindros con oxígeno medicinal en la planta generadora de oxígeno OXIPUR, se han identificado medidas fundamentales para mejorar la seguridad. Estas acciones son resultado de un análisis de los peligros potenciales y los modos de falla identificados, así como de la evaluación de la severidad, ocurrencia y detección de estos riesgos mediante métodos como el APR y el FMEA.

Se propone implementar un programa de capacitación para los trabajadores, enfocado en los procedimientos seguros de manipulación de cilindros, válvulas y conectores. Esta capacitación garantizará que los empleados estén familiarizados con los protocolos de seguridad establecidos y puedan realizar la manipulación y conexiones de manera adecuada, minimizando así el riesgo de fugas de oxígeno u otros incidentes durante el llenado. (Anexo 11)

También se propone implementar un programa de mantenimiento preventivo para todos los equipos involucrados en el proceso de llenado de cilindros, como písteles, válvulas, conectores y otros componentes externos. Este programa garantizará que los equipos funcionen de manera óptima, reduciendo la probabilidad de fallas mecánicas que puedan resultar en situaciones de riesgo. (Anexo 12)

Se sugiere implementar programas periódicos de calibración para los manómetros y válvulas de seguridad. Esto asegurará que las mediciones de presión sean precisas y confiables, evitando inexactitudes que puedan conducir a situaciones de riesgo durante el llenado de cilindros. (Anexo14)

Estas medidas propuestas tienen como objetivo mejorar la seguridad en el proceso de llenado de cilindros con oxígeno medicinal, protegiendo la salud de los trabajadores y previniendo posibles incidentes o accidentes en la planta OXIPUR.

3.2 CONCLUSIONES.

Con base en las normativas internacionales como NFPA99 e ISO 10083, así como en las políticas que regulan la producción y manejo de gases medicinales, se puede concluir que existen estándares y regulaciones específicas que garantizan la calidad, seguridad y trazabilidad de los procesos relacionados con el oxígeno medicinal. En cuanto al material utilizado en la conducción de gas de oxígeno medicinal, la norma NFPA99 y CGA establece criterios rigurosos en cuanto a presión, corrosión, temperatura y riesgos de incendio. La tubería de cobre tipo K sin costura, cumpliendo con la norma ASTM B819 y con una presión máxima de 281 kg/cm² (3 997 psi), se adecua a los estándares de seguridad requeridos para la rampa de llenado de cilindros con oxígeno medicinal.

A través de un análisis mediante los métodos de Análisis preliminar de riesgos APR y el Análisis de Modo y Efecto de la Falla FMEA de los riesgos potenciales, es posible proponer medidas preventivas y correctivas efectivas que minimicen las posibilidades de incidentes y aseguren un entorno de trabajo seguro. Se ha constatado que factores como el procedimiento inadecuado durante la manipulación de los cilindros, válvulas y conectores, las fugas en los pístoles y válvulas, la inexactitud de las mediciones de presión en manómetros, la presión alta en las líneas de distribución de oxígeno y la falta de un sistema de despresurización en las líneas representan riesgos significativos para la seguridad durante el llenado de cilindros con oxígeno medicinal.

La evaluación realizada ha demostrado la importancia de analizar los riesgos asociados al proceso de llenado de cilindros con oxígeno medicinal en la planta generadora OXIPUR. Los métodos de análisis utilizados, como el Análisis de Modo de Falla y Efecto (FMEA) y el Análisis Preliminar de Riesgos (APR), han permitido la identificación de los peligros potenciales y la evaluación de su impacto en la seguridad industrial y la salud ocupacional de los trabajadores. Esta información es fundamental para implementar medidas preventivas y correctivas efectivas, garantizando así un entorno laboral seguro y protegiendo la integridad de todos los involucrados en el proceso.

Se ha logrado una comprensión de los peligros potenciales y sus impactos en la seguridad industrial y la salud ocupacional de los trabajadores. Las acciones propuestas, como la capacitación continua, el mantenimiento preventivo, la calibración y monitoreo constante, la mejora de la infraestructura y el cumplimiento normativo, están diseñadas para minimizar estos riesgos y crear un ambiente laboral más seguro. Es crucial implementar estas medidas de manera efectiva y constante para garantizar la protección de los trabajadores y la integridad de los procesos de llenado de cilindros con oxígeno medicinal.

El análisis de los riesgos y peligros en el proceso de llenado de cilindros con oxígeno medicinal en la planta OXIPUR ha proporcionado una visión de los posibles riesgos que enfrentan los trabajadores y el entorno laboral en esta instalación. Mediante el uso de métodos como el Análisis de Modo de Falla y Efecto (FMEA) y el Análisis Preliminar de Riesgos (APR), se identificaron los peligros potenciales, se evaluó su impacto en la seguridad industrial y la salud ocupacional, y se propusieron estrategias de seguridad específicas.

3.3 RECOMENDACIONES.

Se recomienda seguir rigurosamente las normativas y regulaciones internacionales, así como utilizar materiales certificados que cumplan con los estándares de seguridad exigidos para garantizar la integridad del proceso de llenado de cilindros con oxígeno medicinal y asegurar la salud y bienestar de los usuarios y trabajadores involucrados en dicho proceso.

También se recomienda implementar sistemas de despresurización en las líneas de distribución de oxígeno para reducir el riesgo de acumulación de presión, así como sistemas de sujeción mecánicos o de retención para asegurar los cilindros durante el llenado.

Por falta de tiempo para el desarrollo de la monografía, no se pudo evaluar de manera concreta la implementación de sistemas de despresurización y sujeción.

BIBLIOGRAFIA.

Asfahl, C. R. (2010). “Seguridad industrial y administración de la salud”.

Air Liquide. (2024). “Oxígeno Medicinal”. Recuperado

<https://es.healthcare.airliquide.com/gases-medicinales/oxigeno-medicinal>

Bestraten Bellovi M. et al. (2004). NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE.

Céspedes Oreamuno J. A. (2018). “Elaboración de un análisis de riesgos para el proceso de envasado de los productos oxígeno y dióxido de carbono de una empresa productora de gases industriales y medicinales”.

CEPB. (2021). “Seguridad y salud en el trabajo”. Recuperado

<https://www.cepb.org.bo/wp-content/uploads/2021/04/todo.pdf>

Conexión Esan. (2022). “Diferencias entre peligro, riesgo, acto, condición, incidente y accidente en salud ocupacional”. Recuperado

<https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/diferencias-entre-peligro-riesgo-acto-condicion-incidente-y-accidente-en-salud-ocupacional#:~:text=Es%20la%20probabilidad%20de%20que,una%20fractura%20ser%20C3%A1%20el%20riesgo>

Chamochumbi Barrueto C. M. (2014). “Seguridad e higiene industrial”

Decreto Ley No 16998 (1979). “Ley General de Higiene, Seguridad Ocupacional y Bienestar”.

Dansker Débora. (2021). “Evaluación de riesgos: de la teoría a la práctica”.

ISO 10083. (2006). “Sistemas de suministro de concentradores de oxígeno para uso con sistemas de tuberías de gas medicinal”

Iglesias Lilián et al. (2011). “Manual básico en salud, seguridad y medio ambiente de trabajo”.

Lenis Fierro D. X. (2017). “Diseño del sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo en la empresa SMI GROUP S.A.S”.

NFPA 99. (2005) “Standard for Health Care Facilities”.

Organización Internacional del Trabajo. (1996). “Equipos de Protección Personal EPP”.

Recuperado

<https://www.ilo.org/global/topics/labour-administration-inspection/resources-library/publications/guide-for-labour-inspectors/personal-protective-equipment/lang-es/index.htm>

Sanchez Thompson J. E. (2020). “Manifold”. Recuperado

<http://grupotreolo.com/blog/%C2%BFqu%C3%A9-es-un-manifold>

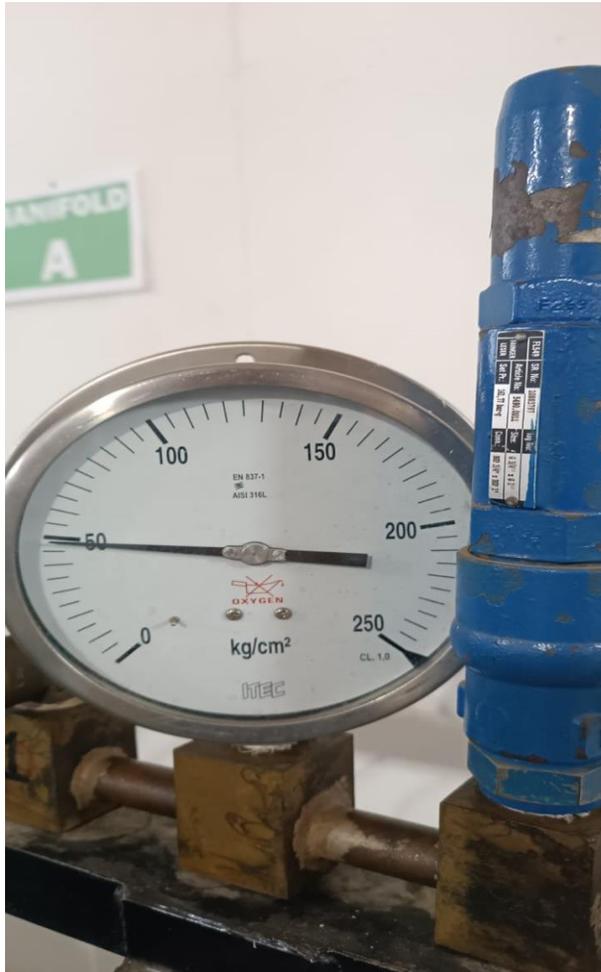
Vega de la Cruz L. O. (2017). “Gestión de riesgos: una aproximación teórica en su concepción”.

ANEXOS

Anexo 1: Imágenes de fuga de oxígeno en un pistel que transporta el oxígeno desde la línea de distribución hacia el cilindro y también se observa fuga de oxígeno en la válvula master de alta presión.



Anexo 2: Imágenes de manómetros con diferencia de presión por falta de calibración (uno se encuentra fuera de servicio).



Anexo 3: Imágenes donde se observa la acumulación de presión en la línea de distribución al finalizar el llenado de los cilindros (no cuenta con un sistema de despresurización) y la rampa de llenado (no cuenta con un sistema de sujeción para los cilindros).



Anexo 4: Guía y Preguntas de la entrevista.

Introducción y Objetivos

Presentación del tema y objetivos de la entrevista.

Antecedentes y Contexto

Breve explicación del proceso de llenado de cilindros con oxígeno medicinal en la planta OXIPUR.

Contexto sobre la importancia de la seguridad en este proceso.

Preguntas de la Entrevista

Categoría de Severidad:

1. ¿Cuáles son los peligros potenciales más críticos que identifican en el proceso de llenado de cilindros con oxígeno medicinal?
2. ¿Qué medidas de seguridad existen actualmente para proteger a los trabajadores durante el proceso de llenado de cilindros y cuán efectivas considera que son en mitigar los riesgos graves?
3. ¿Qué incidentes pasados relacionados con el proceso de llenado de cilindros han tenido consecuencias severas para la seguridad o la salud de los trabajadores?

Categoría de Ocurrencia:

4. ¿Con qué frecuencia se presentan situaciones peligrosas durante el proceso de llenado de cilindros y qué factores contribuyen más a estas situaciones?
5. ¿Han identificado incidentes recurrentes o problemas comunes que puedan indicar fallas sistemáticas en el proceso de llenado de cilindros?

6. ¿Cuáles son los factores que contribuyen a la ocurrencia de riesgos durante el proceso de llenado de cilindros con oxígeno medicinal, y qué acciones se toman para minimizar estos riesgos y garantizar un ambiente seguro de trabajo?
7. ¿Qué eventos o situaciones inesperadas podrían aumentar la ocurrencia de peligros durante el llenado de cilindros, y cómo se prepara el equipo para manejar estas contingencias?

Categoría de Detección:

8. ¿Cuáles son los procedimientos de control y monitoreo que se aplican durante el proceso de llenado de cilindros para detectar posibles fallas o situaciones peligrosas?
9. ¿Cómo se realiza la capacitación y entrenamiento de los trabajadores para reconocer y reportar posibles riesgos durante el llenado de cilindros?
10. ¿Qué controles de seguridad se tienen en lugar para detectar de manera temprana posibles fallas en el proceso de llenado de cilindros y evitar que se conviertan en situaciones peligrosas?

Cierre

Agradecimiento por la participación.

Confirmación de la confidencialidad de la información compartida.

Posibilidad de hacer preguntas adicionales o aclaratorias.

Anexo 5: Resulta de la entrevista.

Categoría de Severidad:

Los peligros potenciales que hemos identificado en el proceso de llenado de cilindros con oxígeno medicinal son varios. En primer lugar, la falta de mantenimiento adecuado de nuestros equipos puede llevar a situaciones peligrosas, como fugas de oxígeno o mal funcionamiento de las válvulas. Además, la manipulación inadecuada de los cilindros representa un riesgo significativo, especialmente durante la carga y descarga. Por último, la presión acumulada en las líneas de distribución puede causar rupturas o fallas en el sistema, considerando la falta de mantenimiento, lo que representa un peligro tanto para los trabajadores como para el entorno.

Actualmente, contamos con medidas de seguridad como pruebas de fuga en el sistema de llenado y válvulas, uso de equipos de protección personal. Estas son efectivas en cierta forma para mitigar los riesgos, pero aún hay áreas donde podríamos mejorar. Por ejemplo, la capacitación en seguridad podría ser más rigurosa y frecuente, y podríamos implementar controles más estrictos para el acceso a áreas peligrosas.

En cuanto a incidentes pasados, hemos tenido casos donde hubo fugas de oxígeno. También se dieron situaciones donde la manipulación incorrecta de cilindros provocó la caída de estos, no ha resultado en daños materiales pero podría haber causado lesiones más graves si no se hubiera tomado las acciones correspondientes rápidamente. Estos incidentes han sido lecciones importantes para mejorar nuestros protocolos de seguridad y reforzar la capacitación de los empleados.

Categoría de Ocurrencia:

Las situaciones peligrosas tienden a ocurrir ocasionalmente debido a varios factores. En algunos casos, errores humanos, como la falta de atención o el desconocimiento de procedimientos, pueden

llevar a situaciones de riesgo. También hemos experimentado problemas técnicos con algunos equipos de seguridad, lo que ha contribuido a situaciones peligrosas.

Algunos incidentes recurrentes que hemos identificado incluyen fugas menores de oxígeno durante el llenado, problemas con el sistema de ventilación en ciertas áreas de trabajo. Estos incidentes nos han llevado a revisar nuestros procedimientos y mejorar la supervisión en áreas críticas.

Varios factores contribuyen a la ocurrencia de riesgos durante el proceso de llenado de cilindros. Entre ellos se encuentran la falta de sistemas de despresurización y sujeción de cilindros, especialmente durante momentos importantes como el llenado. También hemos identificado la necesidad de actualizar algunos equipos y sistemas de seguridad para garantizar su eficacia.

Categoría de Detección:

Nuestros procedimientos de control y monitoreo son fundamentales para detectar posibles fallas o situaciones peligrosas durante el proceso de llenado de cilindros. Realizamos inspecciones visuales regulares, pruebas de presión y fuga.

La capacitación y entrenamiento de los trabajadores son clave para reconocer y reportar posibles riesgos durante el llenado de cilindros.

Los controles de seguridad establecidos para detectar de manera temprana posibles fallas en el proceso de llenado de cilindros son escasos. Esto incluye revisiones periódicas de equipos, monitoreo y comparación de presión en diferentes puntos del sistema de llenado.

Anexo 6: Niveles de riesgo, matriz de riesgo y peligros potenciales identificados vs su consecuencia.

Nivel de riesgo	Color
Riesgo aceptable	
Riesgo tolerable	
Riesgo Alto	
Riesgo Extremo	

MATRIZ DE RIESGOS								
Severidad (S)	Probabilidad (P)	Detección (D)	C	CONSECUENCIA				
				Mínima	Menor	Moderada	Mayor	Máxima
Extremo	Casi seguro	Muy difícil de detectar	5	5	10	20	40	80
Muy alto	Frecuente	Difícil de detectar	4	4	8	16	32	64
Alto	Ocasional	Poco detectable	3	3	6	12	24	48
Moderado	Poco frecuente	Detectable	2	2	4	8	16	32
Bajo	Poco probable	Fácilmente detectable	1	1	2	4	8	16

Peligros Potenciales	CONSECUENCIA				
	Mínima	Menor	Moderada	Mayor	Máxima
P1	5	10	20	40	80
P2	4	8	16	32	64
P3	3	6	12	24	48
P4	2	4	8	16	32
P5	1	2	4	8	16

Anexo 7: Resultado de la entrevista valorización por método APR.

Peligros Potenciales		Categoría Severidad (S)			Categoría Probabilidad (P)				Categoría Detección (D)			Promedio		
		Preg. 1	Preg. 2	Preg. 3	Preg. 4	Preg. 5	Preg. 6	Preg. 7	Preg. 8	Preg. 9	Preg. 10	S	P	D
P1	Procedimiento inadecuado durante las conexiones de los cilindros para su llenado	2	3	3	4	3	2	3	2	3	2	2,67	3,00	2,33
P2	Fugas en písteles y válvulas	3	3	2	2	2	2	1	3	3	3	2,67	1,75	3,00
P3	Inexactitud de mediciones de presión en manómetros	2	2	1	2	3	3	2	2	2	2	1,67	2,50	2,00
P4	Presión alta en las líneas de distribución de oxígeno	4	3	3	4	4	4	3	2	3	3	3,33	3,75	2,67
P5	Cilindros sin asegurar durante su llenado.	3	3	3	4	4	3	4	2	3	2	3,00	3,75	2,33

Anexo 8: Resultado de la entrevista valorizada por método FMEA.

Pasos Clave del Proceso		Categoría Severidad (S)			Categoría Probabilidad (P)				Categoría Detección (D)			Promedio		
		Preg. 1	Preg. 2	Preg. 3	Preg. 4	Preg. 5	Preg. 6	Preg. 7	Preg. 8	Preg. 9	Preg. 10	S	P	D
P1	Conexión de cilindros en el manifold para su llenado.	9	8	8	5	6	7	3	8	8	9	8,33	5,25	8,33
P2	Inspección en busca de fugas de oxígeno	10	9	9	2	2	2	1	8	9	8	9,33	1,75	8,33
P3	Monitoreo de presiones durante el llenado.	8	9	9	3	3	3	5	5	5	2	8,67	3,50	4,00
P4	Despresurización de la línea de distribución de oxígeno al terminar el llenado de los cilindros.	9	9	8	5	5	7	9	9	8	8	8,67	6,50	8,33
P5	Ubicación de los cilindros en la rampa de llenado.	9	8	9	6	7	7	8	3	3	3	8,67	7,00	3,00

Anexo 9: Planilla FMEA

	Modos de Falla Potenciales	Efectos de Fallas Potenciales	SEV	Causas Potenciales	OCU	Controles de Ocurrencia	DET	NPR	Acciones Recomendadas	Área Responsable	Resultado de las Acciones					
											Acciones propuestas	SEV	OCU	DET	NPR	
	¿Cuál es el paso del proceso?	¿De qué maneras puede fallar dicho paso del proceso?	¿Cuál es el impacto de las variables de los pasos clave cuando hay un fallo?	¿Qué tan severo es el efecto para el cliente?	¿Qué causa que el paso clave falle?	¿Qué tan seguido ocurre la causa o Modo de Fallo?	¿Cuáles son los controles existentes y procedimientos preventivos de Causa o Modo de Fallo?	¿Qué también pueden detectar la Causa o Modo de Fallo?	¿Cuáles son las acciones para reducir la Ocurrencia de la Causa o mejorar la Detección?	¿Quién es responsable de las acciones recomendadas?	Anotar las acciones implementadas.					
P1	Conexión de cilindros en el manifold para su llenado.	Conexión incorrecta	Fugas de oxígeno en la conexión entre la rosca de la válvula y la tuerca del niple del pistel.	8,33	Falta de capacitación	5,25	Supervisión regular del personal en procedimientos seguros de conexión.	8,33	364,583	Capacitación en procedimientos seguros de conexión	Operador de Planta	Auditorías de procedimientos	2	2	1	4

P2	Inspección en busca de fugas de oxígeno	Falta de mantenimiento de los pistoles y válvulas	Fuga de oxígeno en Pistoles y válvulas.	9,33	Falta de plan de mantenimiento	1,75	Inspecciones visuales periódicas para detectar signos de desgaste o deterioro.	8,33	136,111	Implementación de programa de mantenimiento preventivo	Jefe de producción	Revisiones periódicas de mantenimiento	2	1	2	4
P3	Monitoreo de presiones durante el llenado.	Manómetros descalabrados	Mediciones inexactas de presión	8,67	Falta de procedimientos de calibración	3,50	Comparación de presiones entre la medición del manómetro "C" entre el manómetro "A" o "B" independientemente.	4,00	121,333	Establecimiento de programas regulares de calibración	Jefe de producción	Uso de manómetros con certificación de calibración válida.	1	2	1	2
P4	Despresurización de la línea de distribución de oxígeno al terminar el llenado de los cilindros.	Girar más de un cuarto la tuerca de ajuste del niple en la conexión con la válvula del cilindro.	Riesgo de exposición de una descarga de oxígeno a alta presión.	8,67	Desgaste laboral, estrés, fatiga. Ausencia de sistemas de seguridad de despresurización de líneas de distribución	6,50	Uso de EPP, casco, gafas de protección, overol, guantes de cuero, botines punta de acero.	8,33	469,444	Implementación de sistemas de despresurización	Jefe de producción / Operador de planta	Instalación de sistemas de despresurización	3	2	1	6

PS	Ubicación de los cilindros en la rampa de llenado.	Cilindros inestables o caídas	Riesgo de accidentes por caídas de cilindros	8,67	Falta de sistemas de sujeción	7,00	Alineación y agrupación correcta de cilindros.	3,00	182	Implementación de sistemas de sujeción mecánicos o de retención para los cilindros durante el llenado.	Jefe de producción / Operador de planta	Instalación de sistemas de sujeción mecánicos o de retención para los cilindros durante el llenado.	2	2	2	8
----	--	-------------------------------	--	------	-------------------------------	------	--	------	-----	--	---	---	---	---	---	---

Anexo 10: Cuadro comparativo de los métodos APR Y FMEA.

Consideraciones	Análisis Preliminar de Riesgos (APR)	Análisis de Modos de Falla y Efectos (FMEA)
Enfoque del Análisis	Se centra en identificar y evaluar los riesgos de manera general y preliminar, priorizando los más críticos para acciones inmediatas.	Se enfoca en identificar y analizar modos de falla específicos en el proceso, considerando la severidad, la probabilidad de ocurrencia y la detección de cada modo de falla.
Nivel de Detalle	Proporciona una visión general y rápida de los riesgos sin profundizar en cada causa potencial de riesgo.	Analiza de manera detallada cada modo de falla, sus efectos y las medidas de control existentes
Identificación de Peligros	Identifica peligros de manera rápida y generalizada, destacando los más críticos para abordar de inmediato.	Identifica peligros mediante un análisis más detallado de los modos de falla y sus efectos, considerando la severidad de cada uno.
Priorización de Riesgos	Prioriza los riesgos según su impacto potencial en la seguridad y la salud ocupacional, enfocándose en acciones preventivas urgentes.	Prioriza los modos de falla según la combinación de severidad, probabilidad y detección, para focalizar los esfuerzos en aquellos con mayor riesgo.
Acciones Preventivas	Propone acciones preventivas generales y urgentes para mitigar los riesgos identificados.	Propone acciones preventivas específicas para cada modo de falla analizado, considerando controles de ocurrencia, detección y mitigación.
Complejidad y Profundidad	Es menos complejo y profundo que el FMEA, adecuado para identificar riesgos de manera rápida y preliminar.	Requiere un análisis detallado y exhaustivo de cada modo de falla, siendo más complejo pero proporcionando una visión específica de los riesgos.

Anexo 11: Programa de capacitación teórica y práctica en manipulación de cilindros, válvulas y conectores.

Empresa de Oxígeno Medicinal-Oxipur.

Área: Producción/Rampa de llenado de cilindros.

Necesidades de capacitación:	de	Prevención de accidentes y fugas durante el llenado.
Frecuencia de capacitación:	de la	Al inicio de la contratación de un nuevo empleado que trabaje con los cilindros de oxígeno. Cada 3 meses para reforzar a empleados con experiencia. Cada que se implemente cambios significativos en los procedimientos o equipos.
Responsable programa capacitación:	del de	Ángel Gareca - Operador de Planta
Objetivos aprendizaje:	del	Familiarizar a los trabajadores con los protocolos de seguridad en la manipulación de cilindros, tipos de válvulas y sus conexiones. Minimizar el riesgo de fugas de oxígeno y otros incidentes durante el llenado.
Esquema del programa:		El instructor conduce al personal a través de una presentación sobre protocolos de seguridad en la manipulación cilindros. El instructor explica los tipos de válvulas y conexiones. El instructor muestra los pasos específicos para la conexión y desconexión segura de cilindros para su llenado. El instructor describe el uso adecuado de herramientas. También describe una situación en la que una mala conexión puede ocasionar fugas o un incidente y la importancia del uso de los EPP. El instructor describe procedimientos de emergencia en caso de fugas o incidentes. Los participantes reciben una demostración práctica de manipulación de cilindros y los pasos de conexión para su llenado.
Materiales capacitación:	de	Función para compartir la pantalla de video o la proyección de la computadora. Guías ilustradas y videos instructivos. Personal capacitado para instruir lo aprendido en el programa. Cilindros, Válvulas y herramientas de conexión. Espacios adecuados para realizar la demostración práctica.

Anexo 12: Programa de Mantenimiento Preventivo.

Equipo	Frecuencia de Mantenimiento	Actividades de Mantenimiento
Písteles	Mensual	Inspección Visual. Verificar estado general del pístel, incluyendo estructura, conexiones y componentes externos en busca de desgastes.
		Prueba de fuga. Rociar una mezcla de agua con jabón neutro y con ayuda de un aspersor en todo el cuerpo del pístel, incluido las conexiones y componentes externos.
		Limpia superficies externas y partes móviles del pístel.
Válvulas de compuerta	Trimestral	Inspección Visual. Examinar las válvulas en busca de fugas, corrosión o daños visibles.
		Prueba de Funcionamiento. Probar el funcionamiento de apertura, cierre y regulación de las válvulas.
		Reemplazo de la válvula en caso de presentar daños mecánicos.

Anexo 13 : Registro de Mantenimiento Preventivo.

UNIDAD DE SERVICIO A EQUIPOS

Fecha:		Entrega:		No. de reporte:	
Datos del técnico encargado					
Nombre:				Teléfono:	
				Firma	
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO					
Equipo	Marca/Modelo		Descripción detallada del equipo		
MANTENIMIENTO PREVENTIVO					
OK (se encuentra este ítem conforme)		FF (se encuentra este ítem defectuosa)		NA (No amerita este ítem)	
MANTENIMIENTO CORRECTIVO					
Observaciones:					
Elaboro		Reviso		Autorizo	
Nombre y firma		Nombre y firma		Nombre y firma	

Anexo 14: Programa de Calibración.

Dispositivo de Medición: Frecuencia de Calibración: Actividades de Calibración

Dispositivo de Medición:	Frecuencia de Calibración:	Actividades de Calibración
Manómetros	Anual	<p>Inspección Visual y Preparación para Calibración: Verificar el estado general del manómetro, incluyendo conexiones y pantalla.</p> <p>Inspeccionar condiciones ambientales (temperatura, humedad) para asegurar una calibración precisa.</p> <p>Calibración de Precisión:</p> <p>a) Selección de Equipos de Calibración Certificados: Seleccionar equipos de calibración con trazabilidad y certificación de precisión reconocida.</p> <p>b) Ajuste de Presión y Lecturas de Referencia: Ajustar el dispositivo de calibración para generar presiones conocidas y establecer lecturas de referencia. Verificar la precisión del dispositivo de calibración utilizando patrones de referencia certificados.</p> <p>c) Calibración del Manómetro: Calibrar el manómetro a diferentes niveles de presión, registrando las lecturas. Realizar múltiples lecturas para garantizar la consistencia y precisión de las mediciones.</p> <p>Verificación de Funcionamiento Post-Calibración: Realizar pruebas de funcionamiento después de la calibración para asegurar la estabilidad de las lecturas. Verificar que las lecturas sean estables y consistentes a lo largo del rango de operación del dispositivo.</p> <p>Documentación y Registro de Calibración:</p> <p>Mantener un registro detallado de todas las calibraciones realizadas, incluyendo fechas y resultados. Incluir información sobre desviaciones, ajustes realizados, resultados de pruebas de funcionamiento, condiciones ambientales y equipo utilizado en la calibración. Generar certificados de calibración para cada dispositivo calibrado, incluyendo trazabilidad y resultados. Archivar los registros de calibración en un sistema de gestión documental segura y accesible.</p> <p>Evaluación de Desempeño y Mejora Continua: Evaluar el desempeño de los dispositivos calibrados en operaciones posteriores a la calibración. Analizar desviaciones significativas y tomar medidas correctivas para mejorar la precisión y confiabilidad.</p>

Anexo 15: Registro de Calibración.

Registro de Calibración para equipos		Fecha: / /	
Descripción del equipo o dispositivo:		Tipo:	Código:
Empresa responsable de la calibración:		Fecha de la calibración: / /	
Referencia al procedimiento de calibración:		Numero:	Edición:
Resultados de la calibración:			
Parámetros:			
Lectura antes del ajuste:			
Lectura después del ajuste:			
Fecha próxima de calibración:	Límites permisibles de error:	Número de identificación de los equipos usados para calibrar el dispositivo:	
Condiciones ambientales reinantes al modelo de la calibración:		Declaración de incertidumbre de medida (exactitud y precisión):	
Detalle de ajuste, servicios, reparaciones y modificaciones llevadas a cabo:			
Detalle de cualquier limitación en su uso:			
Resultado final:			
Aprobado:.....		Reprobado:.....	
Nombre de la persona responsable de la calibración:		Firma:	