

**Evaluación de Niveles de Exposición a Riesgos Asociados al Proceso de Análisis
de Sílica Cristalina por XRD en la Empresa CONHINTEC S.A.S**

**Angélica María Santos Ramírez, Helber René Laverde Laverde & Julián Alberto
Palacio Macías**

Universidad ECCI

Especialización en Gerencia de Seguridad y Salud en el Trabajo

Seminario II

**Evaluación De Niveles De Exposición A Riesgos Asociados Al Proceso De
Análisis De Sílica Cristalina Por Xrd En La Empresa CONHINTEC S.A.S**

Presentado por:

Angélica María Santos Ramírez

Código: 00000124332

Cédula: 1.020.407.407

Julián Alberto Palacio Macías

Código: 00000124345

Cédula: 1.037.524.983

Helber René Laverde Laverde

Código: 00000124344

Cédula: 1.041.147.886

Presentado a:

Luisa Fernanda Gaitán Ávila

Tutor

Universidad ECCI

Especialización en Gerencia de Seguridad y Salud en el Trabajo

Noviembre 2022

ÍNDICE

1	Introducción.....	7
2	Problema De Investigación.....	10
3	Objetivos	12
	3.1 Objetivo General	12
	3.2 Objetivos Específicos	12
4	Justificación Y Delimitación	13
5	Marcos de Referencia	15
	5.1 Estado Del Arte	15
	5.2 Marco Conceptual	24
	5.3 Marco Teórico	33
	5.4 Marco legal.....	37
6	Marco Metodológico	39
	6.1 Paradigma.....	39
	6.2 Enfoque.....	40
	6.3 Fases De La Investigación	41
	6.4 Tipo De Investigación:.....	42
	6.4.1 Técnica De Medición Confort Térmico	42
	6.4.2 Técnica De Medición De Estrés Térmico.....	43
	6.4.3 Técnica De Medición Para Concentración De Isopropanol (2 propanol) En El Ambiente	44
	6.4.4 Técnica de medición para ruido	47
	6.4.4.1 Dosimetrías.	47
	6.4.4.2 Sonometría.	48

6.5	Población Y Muestra	49
6.5.1	Población	49
6.5.2	Muestra	49
6.6	Instrumentos Y Técnicas De Recolección Y Análisis De Datos	50
6.6.1	Procesamiento De Datos Según Cada Instrumento	51
6.7	Equipos utilizados para medición	53
6.8	Cronograma	56
6.9	Presupuesto	58
7	Resultados y análisis de resultados.....	58
7.1	Visita de reconocimiento – Observación.....	58
7.2	Visita de diagnóstico y entrevistas.....	59
7.3	Cuantificación de los riesgos	60
7.3.1	Ruido	60
7.3.1.1	Dosimetrías:	60
7.3.1.1.1	Análisis de resultados Ruido – Dosimetría	61
7.3.1.2	Sonometría.....	62
7.3.1.2.1	Análisis de resultados Ruido – Sonometrías	63
7.3.1.3	Análisis de isopropanol	64
7.3.1.3.1	Análisis de resultados Isopropanol	66
7.3.1.4	Confort y estrés térmico.....	67
7.3.1.4.1	Análisis de resultados confort térmico	67
7.3.1.4.2	Análisis de resultados Estrés térmico	70

8	Conclusiones.....	71
9	Recomendaciones.....	71
10	Referencias Bibliográficas	74

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores óptimos de temperatura, humedad y velocidad del aire según el tipo de trabajo. Norma LEST (francés)	42
Tabla 2. Criterios de protección para la exposición a estrés térmico	44
Tabla 3. Metodología NIOSH 1400	45
Tabla 4. Distribución de personal por áreas	49
Tabla 5. Equipos utilizados	53
Tabla 6. Cronograma de actividades.....	56
Tabla 7. Presupuesto	58
Tabla 8. Puntos dosimetrías – Personas expuestas.....	60
Tabla 9. Resultados dosimetrías.....	61
Tabla 10. Categorías de control de exposición y Gestión - Dosimetría	62
Tabla 11. Resultados sonometrías.....	63
Tabla 12. Categorías de control de exposición y gestión - 9.5 horas - Sonometría	63
Tabla 13. Categorías de control de exposición y gestión – Agente químico	65
Tabla 14. Resultados análisis Isopropanol	66
Tabla 15. Resultados evaluaciones de confort térmico	67
Tabla 16. Valores óptimos de temperatura, humedad y velocidad del aire según el tipo de trabajo. Norma LEST (francés)	68
Tabla 17. Criterios de protección para la exposición a estrés térmico	68
Tabla 18. Resultados evaluaciones de estrés térmico.....	68
Tabla 19. Estrés térmico WBGT Calculado	69
Tabla 20. Categorías de control de exposición y gestión estrés térmico	70

INDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. TLV 2 - Propanol (Isopropanol)	64
Imagen 2. Análisis laboratorio Isopropanol.....	65

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Registro fotográfico

Anexo 2. Reporte de laboratorio

Anexo 3. Certificados de calibración de equipos

1 Introducción

En la empresa Conhintec S.A.S, existen diversas áreas, en las cuales, según el tipo de trabajo y las características sujetas a estos, se presenta exposición a diferentes riesgos.

Una de estas zonas es donde se realiza el proceso de determinación de Sílica cristalina por XRD, el cual requiere de diversas fases que involucran bien sea el uso de químicos, de equipos que generan exposición a ruido y de otras condiciones presentes en el área de trabajo como son las altas temperaturas.

Se utilizan sustancias químicas como son el ácido clorhídrico al 25%, cuarzo, cristobalita, tridimita e isopropanol al 100%, siendo este último el químico utilizado en mayor proporción durante varias fases del proceso de análisis.

La manipulación de estos químicos la realiza una sola persona, la cual se dedica a esta labor durante toda su jornada laboral, no necesariamente todos los días, sin embargo, dependiendo de la fase de análisis que se encuentre realizando, tendrá un grado mayor o menor de exposición a estas sustancias. Adicionalmente, los equipos utilizados generan otros riesgos físicos como son la exposición a ruido y temperatura.

Es por esta razón que es importante realizar una cuantificación del riesgo para poder determinar las estrategias, medidas y controles necesarios para evitar que se generen posibles enfermedades laborales o afectación a la salud de las personas expuestas.

Resumen

En la empresa Conhintec S.A.S se realizan procesos de análisis de laboratorio de muestras de diferentes contaminantes, uno de ellos es el análisis de sílice por medio de difracción de rayos X, área de interés en la presente investigación.

Los niveles de exposición a riesgo químico (2-propanol – isopropanol) y físico en cuanto a ruido y temperatura en el análisis de sílice cristalina por difracción de rayos X, son importantes debido a la forma en la que se realiza este proceso de análisis. Es por esta razón que, para poder desarrollar estrategias y medidas de control, se hace necesario cuantificar dicha exposición y compararla con valores límites permisibles de acuerdo a la jornada laboral y el tiempo de exposición.

Se realizaron mediciones de ruido mediante sonometrías y dosimetrías, mediciones de temperatura para determinar estrés y confort térmico y mediciones de agentes químicos para analizar el compuesto de interés el cual es el Isopropanol.

Los resultados obtenidos permitieron determinar los índices de riesgo y los posibles controles que se pueden y deben ejercer de acuerdo a la legislación vigente.

Abstract

In the company Conhintec S.A.S, laboratory analysis processes of samples of different pollutants are carried out, one of them is the analysis of silica through X-ray diffraction, which is the area of interest of the present investigation.

The levels of exposure to chemical (2-propanol) and physical risk in terms of noise and temperature in the process of crystalline silica analysis by X-ray diffraction are important due to the methodology used for this process.

Is for this reason that in order to develop strategies and control measures, it's necessary to quantify this exposure and compare it with the permissible limit values according to the working day and the exposure time.

Noise measurements were made by sonometry and dosimetry, temperature measurements to determine stress and thermal comfort, and measurements of chemical agents to analyze the compound of interest, which is 2-propanol: Isopropanol.

The results obtained made it possible to determine the risk indices and the possible controls that can and should be exercised in accordance with current legislation.

Palabras clave

Niveles de exposición ocupacional, índice de riesgo, ruido, sonometría, dosimetría, estrés térmico, confort térmico, temperatura, sílice cristalina, difracción XRD, valores límite permisibles, sistemas de control.

**EVALUACIÓN DE NIVELES DE EXPOSICIÓN A RIESGOS ASOCIADOS AL
PROCESO DE ANÁLISIS DE SÍLICA CRISTALINA POR XRD EN LA EMPRESA
CONHINTEC S.A.S**

2 Problema De Investigación

Conhintec S.A.S es un laboratorio que busca realizar acompañamiento a los diferentes clientes de manera especializada, con un componente técnico e integral en seguridad, salud en el trabajo y medio ambiente. Dentro de sus instalaciones, se encuentra el área de trabajo “Laboratorio de análisis” donde la principal actividad es analizar diversos contaminantes de muestras obtenidas en las empresas clientes, las cuales pueden ser tomadas tanto para el sector medio ambiente como el ocupacional. (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2003)

Existen diversos tipos de análisis donde no se requiere el uso de químicos o de sustancias que puedan afectar a los trabajadores, sin embargo, hay zonas donde se utilizan en mayor medida una gran variedad de sustancias peligrosas.

El área objeto de investigación, se direcciona a todo el proceso de análisis para la determinación de Sílica cristalina por XRD, mediante la metodología establecida por el método (NIOSH, 2003), donde se determinan los polimorfos de la sílice libre cristalina (Cuarzo, Cristobalita y Tridimita) presentes en los lugares de trabajo evaluados, mediante la captación en filtro de PVC y análisis por difracción de rayos X.

Para dicho análisis, se utilizan sustancias químicas como son el ácido clorhídrico al 25%, cuarzo, cristobalita, tridimita e isopropanol al 100%, siendo este último el químico utilizado en mayor proporción durante varias fases del proceso de análisis.

La manipulación de estos químicos la realiza una sola persona, la cual se dedica a esta labor durante toda su jornada laboral. Sin embargo, dependiendo de la fase de análisis que se encuentre realizando, tendrá un grado mayor o menor de exposición a estas sustancias.

Además del riesgo químico, también se pueden identificar otros riesgos asociados al proceso relacionados con la higiene industrial, como es el riesgo físico en cuanto al tema de ruido (CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES, 2012), temperatura y radiaciones ionizantes. Se hace importante entonces tener presente como objeto de estudio estas condiciones ya que en caso de no tener medidas de control pueden ser perjudiciales para los trabajadores, llegando a ocasionar posibles enfermedades laborales o afectación a la salud de las personas expuestas. (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), 2017)

Actualmente, si bien se tiene claro todo el proceso de análisis, las sustancias químicas utilizadas y la presencia de los riesgos anteriormente mencionados; se observa que hay ausencia de estrategias, controles y medidas de mitigación de los riesgos identificados y un aparente alto grado de exposición del trabajador, por lo cual se hace importante la presente investigación, dejándonos como cuestionamiento saber si se ha realizado un análisis exhaustivo del puesto de trabajo para diseñar el adecuado control y generándonos la siguiente pregunta:

¿Cuáles son los niveles de exposición a sustancias químicas, ruido y temperaturas en el proceso de análisis de Sílica cristalina por difracción de rayos X a los que están sometidos los trabajadores de la empresa CONHINTEC S.A.S y qué controles deberían implementarse?

3 Objetivos

3.1 Objetivo General

Evaluar los niveles de exposición a los riesgos asociados al proceso de análisis de sílica cristalina por difracción de rayos X (XRD) en la empresa CONHINTEC S.A.S, determinando sus respectivos controles.

3.2 Objetivos Específicos

1. Realizar la valoración y análisis de los niveles de presión sonora generados en los diferentes procesos del análisis de Sílica cristalina por difracción de rayos X.
2. Determinar la exposición a confort y estrés térmico por calor, generado por el difractor de rayos X en el área de filtración y difracción.
3. Determinar las concentraciones de isopropanol presentes en el aire en las áreas donde se requiere el uso de dicho químico para el análisis de sílice cristalina.
4. Comparar los resultados obtenidos con los valores permisibles establecidos por la normatividad vigente y los límites de exposición correspondientes a los riesgos evaluados.
5. Caracterizar los niveles de exposición de los riesgos evaluados y sus respectivos controles.

4 Justificación Y Delimitación

La exposición alta repetida a cualquier agente de riesgo debe ser un tema de interés al momento de evaluar los puestos de trabajo presentes en una organización.

Dentro de una adecuada gestión y gerencia empresarial, no solo la rentabilidad del negocio debe ser el factor que prima, sino que se debe tratar de llegar a este bajo unas condiciones favorables de todas las personas velando siempre por su bienestar.

Es por esto que identificar los riesgos en cada área de trabajo se convierte en una actividad fundamental y más aún cuando dentro de la labor de los empleados los niveles de exposición a sustancias peligrosas o a diversos agentes de riesgo es alta. (Instituto Nacional de Seguridad, 2018)

Es aquí donde la higiene ocupacional toma fuerza y cobra gran importancia, ya que su objetivo y fin último es la prevención de las enfermedades laborales que se puedan generar por factores o por agentes de riesgo físicos, químicos o biológicos que se encuentren presentes en los ambientes de trabajo, los cuales actúan sobre los colaboradores y que pueden llegar a afectar la salud y el bienestar de los trabajadores.

Es por esto que en toda organización se deben conocer todos los procesos detallando los diferentes riesgos a los que se encuentra expuesto cada uno para así detectar la necesidad de implementar controles operacionales y desarrollar las respectivas estrategias o medidas que propendan a prevenir, eliminar o minimizar los riesgos generados por los riesgos presentes en el ambiente de trabajo. (CONGRESO DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA Ley 1562 , 2012)

Todas las organizaciones, deben por lo tanto administrar y ejecutar de manera adecuada el manejo de los riesgos laborales con la finalidad de evitar que los trabajadores puedan presentar con el tiempo enfermedades laborales y hacer que la ejecución de sus procesos productivos se encuentre regida por un marco de seguridad que permita que la operación no solo sea de manera segura y saludable, sino que sea productiva y rentable.

Al realizar un recorrido organizacional, pudimos evidenciar que en el proceso de análisis de sílice cristalina por difracción de rayos X, se hace uso de sustancias químicas, se evidencia la existencia de riesgo físico por temperaturas, ruido y radiaciones ionizantes; en las cuales actualmente, de manera visual y mediante la percepción del riesgo, se cree que se deben instaurar controles.

La evaluación cuantitativa del puesto de trabajo permitirá definir adecuadamente los elementos de protección personal que debe utilizar la persona encargada de realizar la actividad, de esta manera no solo se garantizará el cumplimiento de las normas y procedimientos en materia de seguridad y salud en el trabajo, sino que se velará por el bienestar y salud de los trabajadores.

Conocer los valores reales de exposición permitirá generar estrategias y sugerir controles que posteriormente puedan garantizar la prevención de enfermedades laborales a largo plazo, y en el corto y mediano plazo puede favorecer la disminución del ausentismo laboral y evitar posibles incapacidades y de esta manera realizar un análisis de los indicadores del proceso y determinar si son pertinentes y adecuados.

Adicionalmente, al gestionar y controlar el funcionamiento de los procesos operacionales, se pueden comenzar a definir e implementar lineamientos para la mejora del proceso técnico que llevarán al mejoramiento continuo, la estandarización de procesos, el

orden en los procesos al momento de solicitar acreditaciones de los métodos de análisis que se verán reflejados en la calidad del laboratorio.

En esta investigación se desarrollará el análisis y la implementación de manera específica al proceso desarrollado para el análisis de sílice cristalina por difracción de rayos X, para lo cual se realizarán las mediciones respectivas a los riesgos de interés a evaluar (riesgo químico: exposición al isopropanol y riesgo físico: ruido y temperatura) según las metodologías establecidas que permitan la comparación con la normatividad vigente y con los valores límites de exposición permisibles. Dichas mediciones se realizarán con los tiempos establecidos por los métodos de toma de muestra.

La limitación de la investigación es principalmente en el alcance de los riesgos que se quieren evaluar ya que debido a los costos y las metodologías que se deben implementar, actualmente no se cuenta con el recurso para la evaluación de las radiaciones no ionizantes, sin embargo, se plantearan recomendaciones para su ejecución por parte de la compañía posteriormente.

Los resultados arrojados de la evaluación del riesgo químico (exposición a isopropanol) y el riesgo físico (ruido y temperatura), permitirán gestionar las acciones a tomar, los requisitos legales que se deban cumplir en temas de seguridad y salud en el trabajo.

5 Marcos de Referencia

5.1 Estado Del Arte

Es necesario ahondar en los diferentes enfoques que a través de un periodo de tiempo algunos investigadores han venido desarrollando, de esta manera se pueden conocer los hallazgos realizados por los mismos y también metodologías empleadas. Por tal motivo, en pro de una adecuada investigación con hallazgos nuevos en el campo de la investigación, se

deciden revisar los artículos científicos más relevantes que estén encaminados en el mismo objeto de estudio.

Se puede encontrar entonces estudios de riesgos farmacéuticos como es el de la licenciada Weng, Alemán, Z. (2005). *Riesgos en los laboratorios: consideraciones para su prevención*, la cual se encarga de estudiar los riesgos ocupacionales que se pueden presentar en diferentes laboratorios en Cuba, el objeto de investigación es exponer diferentes riesgos comunes que se presentan en unos ambientes altamente especializados como son los laboratorios, ya que, por tratarse de estas locaciones que por lo general poseen unos altos estándares, se pasan por alto riesgos presentes como lo son la exposición a agentes biológicos, sustancias químicas, agentes físicos y también se puede contemplar los diversos riesgos psicosociales.

La autora se centra en el riesgo físico, químico y psicosocial. En cada uno de ellos hace una descripción de los elementos presentes en un laboratorio que conllevan a la presencia de este factor de riesgo, menciona las consecuencias de su ocurrencia y por último, esclarece como los factores de riesgos no pueden ser eliminados en su totalidad de un laboratorio donde se realizan diversos análisis, pero si expone el gran impacto positivo que en cuanto a prevención que otorgan los elementos de protección personal y un adecuado sistema de gestión que logre abarcar todo lo contemplado como un potencial riesgo para las personas que ocupan estos espacios físicos de trabajo. (Z., 2005).

Se torna entonces importante el tema de exposición por químicos para los trabajadores, y es aquí donde se evidencia y podemos encontrar en el estudio por parte de las doctoras Der Parsehian, S, Buchta, C, Collins, P, Briozzo G, Perego, M, García, S & Brunstein L. (2004). *Relevamiento de riesgos químicos en un laboratorio de análisis bioquímico*. En la ciudad de Buenos Aires, quienes desarrollan este artículo científico y enfrascan su estudio en el riesgo químico presente en el laboratorio y el personal expuesto a este. Es importante, ya que, basan

los conceptos de prevención del riesgo químico en cuanto a las vías de entrada de las sustancias químicas al organismo, las cuales son vía inhalatoria, vía digestiva, vía dérmica, vía conjuntival. Esta investigación es relevante ya que indican que el ácido clorhídrico se convierte en un factor de riesgo a pH bajos entre 1 y 3. Las autoras exponen los efectos que este producto químico puede generar en la sangre, medula espinal y sistema reproductor. Los materiales y métodos empleados constan de encuestas y entrevistas con el personal.

Se identifican falencias en cuanto al uso de los productos químicos, elementos de protección personal que sirvan como barrera, ausencia de fichas de seguridad, déficit de equipamiento para incendios y primeros auxilios, mezcla entre reactivos, inadecuadas prácticas de manejo de productos químicos por falta de adecuadas capacitaciones. A causa de estos hallazgos, las doctoras concluyen con la identificación de áreas claves a intervenir debido al riesgo de exposición y sugieren diferentes recomendaciones para contrarrestar los efectos nocivos o una situación de emergencia. (Der Parsehian, y otros, 2004).

Acercándonos poco a poco al objeto de estudio de nuestra investigación los autores Gómez, M, Zumaquero, E, Escrig, A, Monfort, E, Salomoni, A & Cremonini, F. (2008). En su estudio titulado *Determinación por DRX de sílice cristalina respirable en muestras ambientales*, establecen como problemática fundamental del estudio científico que Así, “en 2003 se planteó, en el seno de la Comisión Europea, la armonización de los límites de exposición a esta sustancia, proponiendo un valor de 0,05 mg/m³ como límite de exposición diaria, lo que supone el 50% del valor actualmente vigente en España” (Gómez, y otros, 2008). Los investigadores basan el estudio en los resultados obtenidos en dos laboratorios especializados en determinación de SCR por difracción de rayos X (DRX). La finalidad de este estudio fue analizar la correlación en la variabilidad de los muestreos personales de SCR por filtros ambientales tanto en campo, como en muestras sintéticas en ambientes controlados. Finalmente se validó que el método empleado no tiene mucha incertidumbre presente entre las

muestras de cada uno de los laboratorios y por consiguiente en los resultados planteados destacan una buena correlación en los datos arrojados por cada medición. Si bien nuestro estudio no está enfocado directamente a la toma de muestra de sílice cristalina respirable, si resulta importante conocer las metodologías de toma de muestra y poder analizar la posible exposición a esta sustancia que pueden tener las personas encargadas de realizar el análisis de la misma.

Es por esto que resulta importante y pertinente revisar también de otros estudios relacionados con este tema, como es el del grupo de trabajo conformado por Gómez, M, Ibáñez, M, Escrig, A, Pou, R, Freixa, A, Gadea, E, Martí, A & Elvira, J. quienes en la ciudad de Castellón (España) realizan el estudio de: *Mejora de la evaluación de la exposición a sílice cristalina respirable*. En efecto del presente trabajo de investigación, es importante resaltar este artículo y traer a colación la investigación realizada por estos profesionales, ya que, se centran en las concentraciones permisibles de sílice cristalina respirable en la forma de cuarzo y cristobalita, además estudian la precisión de los métodos analíticos empleados para cuantificar la exposición actualmente, entre ellos se encuentra la técnica de difracción de rayos X (DRX) la cual es eje central en la presente investigación.

Para el año 2002 el comité (SCOEL) Comité Científico Para Los Límites de Exposición Profesional a Agentes Químicos de la Comisión Europea recomendó la concentración de Sílice Cristalina respirable (SCR) por debajo de $0,05 \frac{mg}{m^3}$, “esta recomendación se basó en que la silicosis parece incrementar la probabilidad de contraer cáncer de pulmón y no parece haber un umbral de seguridad entre la exposición a SCR y el riesgo de contraer silicosis” (Gómez , y otros).

El instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo (INSHT) estableció un límite de exposición por inhalación más severo, del orden de $0,025 \frac{mg}{m^3}$. Por tal motivo es que los

investigadores por medio de las dos técnicas con mejor resultado en estos análisis, como lo son: Difracción de Rayos X (DRX) y Espectrofotometría Infrarroja (EI) pretenden analizar si realmente los valores sugeridos por estas entidades es posible analizarlos con las técnicas empleadas actualmente. El estudio en sí, se encuentra en una etapa de análisis ya que se necesita una gran cantidad de muestras para considerar los resultados significativos, el estudio se basa en diferentes adecuaciones al conjunto de elementos empleados en la toma de muestra de SCR para que los métodos sean más eficaces y poder tener mediciones precisas en los nuevos límites permisibles propuestos. (Gómez , y otros).

En el laboratorio de la empresa CONHINTEC S.A.S, se encuentra exposición también a otros factores adicionales al químico, es por esto que, al revisar la bibliografía, resulta bastante interesante lo planteado por Jurado, J. (2018). *Diagnóstico de los factores de riesgos físicos, mecánicos, químicos, biológicos, ergonómicos, psicosociales y propuestas de un plan de mejora en la facultad de ingeniería química de la universidad central del ecuador*. La temperatura en los laboratorios es un riesgo físico que se debe sobrellevar antes de que cause un perjuicio en la salud de los colaboradores que desempeñan sus funciones en estos ambientes laborales, la autora en este trabajo de grado enmarca las consecuencias negativas a causa de la exposición prolongada ya sea por periodo de tiempo o turnos laborales concernientes a las actividades desarrolladas. Apoya sus argumentos con lo estipulado en la legislación de este país y posteriormente, indica los lugares donde se presenta el riesgo a este factor físico para tomar las medidas de control necesarias, se resalta como abordar el tema concerniente a temperaturas desde un ámbito locativo, es importante esta consideración ya que en el laboratorio de la empresa CONHINTEC S.A.S que es el objeto de estudio, encontramos diferentes espacios donde la temperatura es fluctuante. (Jurado, 2018).

Por otra parte, al estar enfocado el presente estudio en el análisis de sílica cristalina mediante el proceso de difracción por rayos X, el uso de un difractor puede considerarse como

un posible riesgo al que se encuentran expuestos los trabajadores del laboratorio, y es aquí donde se encuentra en el manual propuesto por Barrera, S & Abigail, E. (2020). *Diseño de un manual de seguridad, riesgos y procedimientos para los laboratorios de la Carrera de Física: técnicas nucleares y óptica*. El objetivo de este manual es la prevención del riesgo físico asociado a la radiación en los diferentes instrumentos y procedimientos que se llevan a cabo en el laboratorio de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en Ecuador. Estos riesgos, en muchos casos son a causa del desconocimiento de normativas, falta de capacitaciones y la mala manipulación de instrumentos; sin embargo, el uso correcto de un manual puede evitar la exposición de radiaciones ionizantes y no ionizantes, temperatura, iluminación y el manejo de residuos peligrosos en los Laboratorios. Si no se tiene la protección adecuada existen dos tipos de efectos que pueden presentarse, uno de ellos denominado “efectos deterministas”, los cuales solo son observables clínicamente en una persona si la dosis de radiación rebasa un determinado umbral, mientras que el segundo son los “efectos estocásticos” en el que se da la transformación no letal de las células y tras un período de latencia existe la posibilidad de producir cáncer si la célula es somática o presente efectos hereditarios si la célula es germinal (Barrera & Abigail, 2020).

En su estudio, las autoras contemplan y definen las diferentes formas de radiación presentes, sus riesgos laborales, enfermedades, límite de dosis estipulados en este país para dicho riesgo físico y a su vez, proporcionan información valiosa en el manual de seguridad que se encarga de contrarrestar o prevenir los efectos adversos asociados a este riesgo físico, con el fin de lograr que el laboratorio sea un espacio seguro y el personal no este ligado a una afección proveniente de la radiación por las funciones desempeñadas. Si bien el enfoque de la presente investigación no está direccionado a las radiaciones ionizantes y no ionizantes, vale la pena indicar que se este estudio puede ser la base para ahondar cada vez más en una caracterización y valoración completa del laboratorio, identificando todos los factores de riesgo

con sus posibles consecuencias y poder desarrollar mecanismos de control y de minimización del impacto de los riesgos asociados en los trabajadores.

Otro factor importante es la temperatura y no solo la exposición a la misma sino la evaluación del estrés y el confort térmico al momento de realizar alguna actividad. El libro de Mondelo, P, Torada, E, Úriz, S, Vilella, E & Lacambra, E. (2001). *Ergonomía 2 confort y estrés térmico*. Es un libro que trata netamente del estrés térmico, en él se encuentran contempladas todas las definiciones necesarias sobre el tema, ambientes térmicos, magnitudes, unidades y los instrumentos empleados para realizar las mediciones ocupacionales sobre el estrés térmico en la industria, además, enmarcan toda la normativa española a la cual se debe remitir toda medición ocupacional de estrés térmico para contrastar los resultados obtenidos con los límites permisibles en este caso en España. Este libro es importante para la investigación debido a la cantidad de conceptos que ofrece, equipos, formas de medición y se centra en un software llamado Spring 3.0 en el cual se pueden modelar diferentes situaciones y analizar los resultados obtenidos. (Mondelo, Torada, Úriz, Vilella, & Lacambra, 2001). Para la aplicabilidad en el presente estudio y específicamente para CONHINTEC S.A.S, se debe revisar la normativa específica para nuestro país y que este libro sirva de apoyo para las diversas metodologías y estrategias que presenta.

El ruido por su parte, también permite que los niveles de calidad de vida de las personas cambien, que las personas puedan alterarse más fácilmente y generar daños auditivos tales como la hipoacusia. Ribeiro, S. (2020). *Vigilancia de la salud del trabajador: un estudio sobre calidad de vida y efectos extra-auditivos en trabajadores de laboratorios químicos de una industria petrolífera en la ciudad de río de Janeiro*. “Esta investigación presenta un esbozo de estudio del tipo descriptivo exploratorio y transversal con medidas del agente nocivo ruido que compone los riesgos ocupacionales en laboratorios químicos con características de niveles variables de ruido que son compatibles con el rango de discomfort acústico. Se trata de un

estudio cuantitativo realizado en ambientes internos de laboratorios químicos que presentan calidad sonora de discomfort acústico, así como presenta un delineamiento de estudio sobre la percepción del nivel de ruido por los profesionales que ejecutan sus actividades laborales. Las mediciones en los laboratorios se realizaron con la utilización de equipamientos con recursos tecnológicos avanzados, en el periodo de septiembre de 2016 hasta junio de 2017. Los resultados obtenidos en esta investigación fueron analizados y tratados estadísticamente y podrán servir de fundamento y analogía para futuras propuestas de políticas públicas y estrategias de gestión de seguridad y salud del trabajador que neutralicen o minimicen las agresiones experimentadas por los trabajadores de laboratorios químicos.

Para la realización de dicho estudio, de un total de 192 laboratorios químicos, se seleccionaron 33 laboratorios a través de un análisis previo con base en la percepción de los trabajadores en relación al nivel de ruido ambiental incómodo y por las constantes quejas durante el desempeño de sus actividades laborales. De acuerdo con los criterios técnicos del Manual de Estrategia de Muestreo del NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health), se determinaron los 33 Grupos Homogéneos de Exposición (GHE) a través de datos de monitoreos. La investigación identificó exposiciones ocupacionales de trabajadores de laboratorios químicos a niveles de presión sonora por arriba del límite de exposición establecido para confort acústico tanto por la legislación brasileña como a nivel internacional, fue encontrado un buen nivel de percepción de calidad de vida del trabajador en estos ambientes de trabajo. Sin embargo, se concluye que aunque el estudio no haya identificado nivel bajo de calidad de vida de los trabajadores en relación a la exposición ocupacional al ruido, se debe considerar que las actividades profesionales inherentes a los laboratorios químicos requieren mayor compromiso con los aspectos de gestión en seguridad y salud en el trabajo, buscando crear mejores estrategias de prevención como medidas de control relativas al ambiente de trabajo y a las actitudes de comportamiento de los trabajadores,

principalmente en el que se refiere a las resistencias y objeciones de los trabajadores sobre el uso de dispositivos de protección auditiva adecuada”. (Ribeiro, Vigilancia de la salud del trabajador: un estudio sobre calidad de vida y efectos extra-auditivos en trabajadores de laboratorios químicos de una industria petrolífera en la ciudad de río de Janeiro, 2020).

El ruido es uno de los niveles de exposición que se contemplan en nuestra investigación y es por esto que se revisa la bibliografía aportada por Niacata, C. (2015). *Validación de métodos para la determinación del nivel de exposición al ruido e iluminación en el trabajo*. En esta investigación, la autora enfoca su estudio en los departamentos de petróleo, energía y contaminación de la facultad de ingeniería química, de la Universidad Central del Ecuador. Esto con el fin de realizar diferentes métodos de análisis cuantitativos en los temas de exposición a ruido e iluminación, para de esta manera demostrar la validez de los métodos empleados para la medición de estos parámetros establecidos en la norma ISO-17025 y contrastar los resultados con las normas vigentes en este país, las cuales son: NTE INEN-ISO 9612 y NOM-025-STPS-2008. Luego de explicar toda la teoría y cada método empleado para la realización de los estudios de los parámetros que se estaban evaluando, se llegó a las siguientes conclusiones:

“La metodología implementada para la determinación del nivel de exposición al ruido en el trabajo, de acuerdo con la norma NTE INEN-ISO 9612, es la adecuada para los fines propuestos ya que se ha demostrado mediante evidencias teóricas y experimentales que los parámetros de desempeño fijados para las tres distintas estrategias de medición (medición basada en la tarea, medición basada en la función y medición de una jornada de trabajo completa) cumplen con los requerimientos establecidos para la validación del método. La realización de mapas de ruido en el programa Surfer es la técnica más propicia para la caracterización de un ambiente ruidoso, ya que en el mismo se aprecia con mayor detalle el

comportamiento de la emisión sonora de un lugar de trabajo para posteriormente llevar a cabo el control de ruido”. (Alvear , 2015)

“El método usado para la verificación del luxómetro cumple con los criterios de precisión ($\%CVr \leq 10 \%$ y $\%CVR \leq 20 \%$) e incertidumbre total expandida ($k = 2$) ($U \leq 10 \%$) que se establecieron al inicio del proceso de verificación. En función de estos resultados, se concluye que el método de verificación del luxómetro indica un óptimo funcionamiento del equipo, garantizando así la calidad de las mediciones y que se encuentra dentro de la tolerancia establecida. La metodología implementada para la determinación del nivel de iluminación en el trabajo, de acuerdo con la norma NOM-025-STPS-2008, es la adecuada para los fines propuestos ya que se ha demostrado mediante evidencias teóricas y experimentales que los parámetros de desempeño fijados cumplen con los requerimientos establecidos para la validación del método”. (Alvear , 2015).

Este estudio de validación resulta bastante relevante para el caso de CONHINTEC S.A.S, ya que este se encuentra acreditado como laboratorio bajo la ISO IEC 17025:2017 y contrastar otros estudios con escenarios similares, permite abordar el tema con más fundamentos para el desarrollo de la investigación propuesta.

5.2 Marco Conceptual

Dentro de las condiciones de trabajo, referente a la exposición a sustancias químicas, ruido y temperaturas en el proceso de análisis de Sílice cristalina por difracción de rayos X durante su análisis se evidencian diferentes riesgos los cuales pueden llegar afectar de manera significativa la salud de las personas expuestas de manera continua al realizar los análisis químicos necesarios para determinar su resultado.

Sílice cristalina. Utilizada principalmente en sectores de la Industria Manufacturera (del vidrio, de la cerámica, en la fabricación de ladrillos refractarios. Los materiales o productos que

contienen sílice representan un enorme peligro en la medida que ésta alcance un tamaño de partícula de polvo respirable (partículas menores a 10 micrones), debido a que, al inhalarse, estas partículas pueden penetrar profundamente en los pulmones, siendo en ocasiones imperceptibles a simple vista. (Q. Marcela González González. Sección Laboratorio Toxicología Ocupacional., 2016)

Silicosis: Antigua patología ocupacional producida por la exposición a Sílice, la silicosis es una fibrosis pulmonar con formación de nódulos en el tejido pulmonar alrededor de los vasos sanguíneos en la zona de los bronquiólos respiratorios la cual produce una enfermedad crónica, incurable e irreversible, potencialmente mortal atacando el sistema respiratorio. (Q. Marcela González González. Sección Laboratorio Toxicología Ocupacional., 2016)

Fracción respirable: Es la fracción másica de las partículas inhaladas que penetran en las vías respiratorias no ciliadas. UNE-EN 481 (10.7) (NIOSH, 2003)

Sesgo: Desviación o diferencia de los resultados obtenidos aplicando un procedimiento de medida con respecto al valor aceptado como referencia. (NIOSH, 2003)

Exposición ocupacional: Ocurre a causa del contacto de los trabajadores con agentes físico, químico o biológico potencialmente nocivo durante su jornada de trabajo.

Temperatura: El trabajo físico produce calor en nuestros cuerpos, por tanto, para mantener una temperatura corporal normal, necesita liberarse del exceso de este. Es por eso por lo que las glándulas sudoríparas, que se encuentran distribuidas por toda la piel, comienzan a funcionar y a transpirar para recuperar su equilibrio, lo cual se logra nivelando el aumento y la pérdida de calor del cuerpo. El problema surge cuando la temperatura del ambiente es igual o superior a la del organismo y no existe intercambio de calor. (arlsura, 2022)

Convección: Es un intercambio de calor, hasta que la temperatura de ambos se equilibre, entre el cuerpo y el aire o el agua que le rodea. Si la temperatura del aire es mayor

que la del cuerpo, se producirá una transferencia de calor hacia el cuerpo. Si, por el contrario, la temperatura fuera menor, la transferencia de calor se realizará en el sentido contrario; del cuerpo al medio externo, con la consiguiente pérdida de calor del cuerpo. (Riesgoslaborales, 2017)

Radiación: Los objetos emiten y absorben energía dependiendo de la temperatura de dichos objetos. Hornos, estufas, y otras fuentes de calor, producen energía calorífica de gran intensidad que se pueden transmitir a otros cuerpos mediante un mecanismo llamado radiación. (Riesgoslaborales, 2017)

Golpe de calor, se produce cuando el sistema que controla la temperatura del cuerpo falla y la transpiración (única manera eficaz que tiene el cuerpo de eliminar el calor) se hace inadecuada. o La piel de los afectados estará muy caliente y, normalmente, seca, roja, o con manchas. o El afectado presentará síntomas de confusión y desorientación, pudiendo llegar a perder el conocimiento y sufrir convulsiones. o La temperatura de la víctima será de 40,5° C o superior. (Riesgoslaborales, 2017)

Agotamiento por calor, Resulta de la pérdida de grandes cantidades de líquido por la transpiración, acompañada, en ocasiones, de una pérdida excesiva de sal. o La piel del afectado estará húmeda y presentará un aspecto pálido o enrojecido. o El afectado continúa sudando, pero siente una debilidad o un cansancio extremo, mareos, náuseas y dolor de cabeza, pudiendo llegar en los casos más graves, a la pérdida de la consciencia. o La temperatura del cuerpo será normal o ligeramente alta. (Riesgoslaborales, 2017)

Transferencia de calor El calor: Tiende a pasar desde los puntos en los que la temperatura es alta hacia aquellos en los que es inferior. De acuerdo con los materiales en los cuales se está realizando la transferencia de calor se tienen diferentes procesos como son:

- **Conducción:** Cuando la transferencia de calor se realiza a través de sólidos o fluidos que no están en movimiento,

- **Convección:** Cuando la transferencia se realiza a través de fluidos en movimiento.

- **Radiación:** Cuando el calor es transferido de un cuerpo a otro sin soporte material alguno. (FACULTAD INGENIERIA INDUSTRIAL LABORATORIO DE PRODUCCION , 2008)

Temperatura ambiente: Es la temperatura experimentada por una persona en un ambiente dado. Esta temperatura es el resultado del intercambio de calor por conducción (a través de pisos o herramientas) y radiación (Muros, plafones, sol). (FACULTAD INGENIERIA INDUSTRIAL LABORATORIO DE PRODUCCION , 2008)

Humedad: Medida de concentración de agua o vapor de agua en un sólido, un líquido o un gas. A continuación, se presentan los tipos de humedad:

- **Humedad Absoluta:** Es la masa de agua o vapor de agua por unidad de volumen. En el caso del aire se expresa en g/m³.

- **Humedad Específica:** Es la relación entre la masa de agua o vapor de agua y la masa total. En el caso del aire se expresa en gramos de vapor de agua por kilogramo de aire húmedo.

- **Humedad Relativa:** Es la relación entre la masa de agua o vapor de agua que existe en un determinado volumen y la cantidad de agua o vapor de agua necesaria para que se sature dicho volumen a la misma temperatura. Se expresa en porcentaje. (FACULTAD INGENIERIA INDUSTRIAL LABORATORIO DE PRODUCCION , 2008)

Estrés Térmico Es la presión que se ejerce sobre la persona cuando está expuesta a temperaturas extremas. (FACULTAD INGENIERIA INDUSTRIAL LABORATORIO DE PRODUCCION , 2008)

Sonido: Es la fuente de ruido. Se define como el movimiento ondulatorio que se origina en una fuente y se transmite a través de un medio elástico: aire, líquidos, y materiales sólidos, e impacta al oído. Ejemplo: La conversación, nota musical. (MINISTERIO DE SALUD DEL PERÚ DIRECCION GENERAL DE SALUD AMBIENTAL DIRECCIÓN DE SALUD OCUPACIONAL, 2008)

Ruido: Se define como mezcla desordenada de sonidos de varias frecuencias e intensidades, generada por fuente natural como la tormenta, ciclón etc o antrópica: operación de equipos y maquinarias. Ver figuras generadoras de ruido. (MINISTERIO DE SALUD DEL PERÚ DIRECCION GENERAL DE SALUD AMBIENTAL DIRECCIÓN DE SALUD OCUPACIONAL, 2008)

Desplazamiento de la Onda Sonora: La onda sonora, se desplaza a diferentes velocidades según el medio, así en el aire a 340 m/s, en el agua (potable) 4 veces mayor y en los materiales sólidos, 10 veces mayor. Es decir que, a mayor densidad del medio, mayor velocidad de desplazamiento de la onda. (MINISTERIO DE SALUD DEL PERÚ DIRECCION GENERAL DE SALUD AMBIENTAL DIRECCIÓN DE SALUD OCUPACIONAL, 2008)

Ruido Continuo: Es aquel cuyo nivel de presión sonora permanece casi constante, con fluctuaciones inferiores o iguales a 1dB. Ejemplo Operación de un motor eléctrico. (MINISTERIO DE SALUD DEL PERÚ DIRECCION GENERAL DE SALUD AMBIENTAL DIRECCIÓN DE SALUD OCUPACIONAL, 2008)

Ruido Fluctuante: Ruido que presenta fluctuaciones en el nivel de presión sonora, instantáneo y superior a 5dB, en un periodo de duración de un minuto. Ejemplo Operación de un taladro. (MINISTERIO DE SALUD DEL PERÚ DIRECCION GENERAL DE SALUD AMBIENTAL DIRECCIÓN DE SALUD OCUPACIONAL, 2008)

Ruido Impulso o Impacto: Ruido que se caracteriza por presentar impactos o impulsos que originan elevaciones bruscas en el nivel de presión sonora, inferior a un segundo, con intervalos regulares o irregulares y con periodos entre pico y pico igual o superior a un segundo. Ejemplo La explosión. (MINISTERIO DE SALUD DEL PERÚ DIRECCION GENERAL DE SALUD AMBIENTAL DIRECCIÓN DE SALUD OCUPACIONAL, 2008)

Trauma acústico agudo: consiste en una súbita pérdida de la capacidad auditiva causado por ruido de corta duración y extremadamente intenso produciendo un tipo de problema por conducción debido a perforación timpánica o una dislocación de los huesecillos del oído medio y de percepción debido al daño del oído interno. (COMISIÓN DE HIGIENE Y SEGURIDAD EN EL MEDIO AMBIENTE DE TRABAJO , 2018)

Desplazamiento temporal del umbral auditivo: también conocido como pérdida temporal de la audición y ocurre inmediatamente después de la exposición a elevados niveles de ruido, su recuperación es gradual cuando el trabajador afectado permanece en un lugar tranquilo y sin ruido por un lapso de 10 días. (COMISIÓN DE HIGIENE Y SEGURIDAD EN EL MEDIO AMBIENTE DE TRABAJO , 2018)

Desplazamiento permanente del umbral auditivo: también conocido como pérdida permanente de la audición que ocurre por la exposición continua durante meses (6 meses mínimo y años a niveles elevados de ruido causando daño permanente e irreversible de la audición y no puede ser restaurada con tratamiento médico. (COMISIÓN DE HIGIENE Y SEGURIDAD EN EL MEDIO AMBIENTE DE TRABAJO , 2018)

Medición del ruido: En el lugar de trabajo, el ruido puede ser perturbador por su frecuencia y su volumen. Así, por ejemplo, un ruido agudo, por ejemplo, el de un silbido, irrita los oídos mucho más que un ruido grave, aunque se emitan los dos al mismo volumen. (COMISIÓN DE HIGIENE Y SEGURIDAD EN EL MEDIO AMBIENTE DE TRABAJO , 2018)

Decibelios: La intensidad se mide en unidades denominadas decibelios (dB) o dB(A).

La escala de los decibelios no es una escala normal, sino una escala logarítmica, lo cual quiere decir que un pequeño aumento del nivel de decibelios es, en realidad, un gran aumento del nivel de ruido. (COMISIÓN DE HIGIENE Y SEGURIDAD EN EL MEDIO AMBIENTE DE TRABAJO , 2018)

Dosis: Se define como la cantidad de contaminante absorbido o retenido en un organismo durante un intervalo específico de tiempo. Generalmente se refiere al efecto que provoca. (essalud, Mayo 2014)

Valores límite ambientales (VLA): Son los valores límite de referencia para las concentraciones de los agentes químicos, que pueden ser respirados por el trabajador, en la zona de trabajo. Estos pueden ser de exposición diaria o de exposiciones de corta duración. (essalud, Mayo 2014)

Confort y estrés térmico

Mecanismo de termoregulación del organismo

Las personas tienen un organismo homeotermo, es decir, trata de mantener su temperatura constante. Por esto, la regulación de las funciones del cuerpo humano y sus actividades físicas dependen de la generación, almacenamiento y disipación del calor, lo cual se rige por las leyes físicas y biológicas. De esta manera el organismo necesita mantener la temperatura de sus órganos internos dentro de unos rangos establecidos con el fin de que sus reacciones metabólicas se realicen de forma adecuada. Para esto cuenta con un sistema de termorregulación manejado desde el hipotálamo, cuyo objetivo es mantener estable la temperatura central. Este mecanismo de termorregulación se puede ver afectado por factores internos o externos como son la exposición prolongada a temperaturas extremas (altas o bajas temperaturas). Por lo tanto es necesario realizar mediciones ambientales en sitios en los cuales

se sospecha que existe un posible riesgo para la salud, así como la determinación del gasto metabólico generado por las actividades desarrolladas por los trabajadores, obteniendo por consiguiente elementos de juicio que ayuden a controlar los factores de riesgo y a mantener ambientes de trabajo saludables en los cuales se presente con mayor facilidad el equilibrio térmico necesario para garantizar que el sistema de termorregulación funcione adecuadamente.

Factores que influyen en la exposición a calor: Los principales factores ambientales y ocupacionales determinantes en la exposición al calor son:

- **Factores ambientales:** deben considerarse principalmente la temperatura del aire, el calor radiante, el calor por convección, la humedad relativa y la velocidad del aire.

- **Factores ocupacionales:** se consideran aspectos como el nivel de aclimatación, tiempo de exposición, edad, sexo, vestimenta utilizada y el gasto metabólico requerido para desarrollar las actividades. De los anteriores factores, el que mayor influencia presenta es el gasto metabólico, para el cual existen diferentes formas de cálculo.

Confort - Disconfort Térmico: Es una sensación subjetiva de frío o de calor, que se relaciona principalmente con aspectos como el rendimiento, el incremento del número de errores cometidos por el personal, la capacidad de concentración, entre otras.

Estrés Térmico: Es la combinación de variables ambientales y ocupacionales que puede llegar a representar riesgo para la salud de los trabajadores desde el punto de vista térmico, diferenciándose del disconfort térmico por ser objetivo y por lo tanto cuantificable.

- **Temperatura de Bulbo Seco:** Es la temperatura indicada por un termómetro cuya parte sensible se encuentra libre y seca, pero protegida de calor radiante.

- **Temperatura de Bulbo Húmedo:** Es la temperatura indicada por un termómetro cuya parte sensible se encuentra recubierta por una membrana empapada de agua, es decir, la temperatura a condiciones de saturación de humedad.
- **Temperatura de Globo:** Es la temperatura indicada por un termómetro cuya parte sensible se encuentra alojada en una esfera de cobre circular pintada de negro mate, correspondiente a la temperatura radiante.

Transferencia de Calor:

El organismo humano puede ganar o perder calor de diferentes formas. Ese intercambio puede realizarse principalmente de las siguientes formas:

- **Conducción:** es cuando el intercambio de calor se realiza a través de contacto directo de superficies. A nivel industrial presenta sus mayores riesgos como generador de accidentes de trabajo al entrar el organismo en contacto con partes que posean una diferencia de temperatura alta con respecto a su temperatura corporal.
- **Convección:** es cuando el intercambio de calor se realiza a través de un fluido, el cual a nivel industrial y específicamente en la empresa, es el aire.
- **Radiación:** es cuando la transmisión se realiza a través de ondas electromagnéticas y fuentes calientes como calderas, hornos, etc.
- **Evaporación:** se presenta como la forma de reacción del organismo ante la presencia de temperaturas extremas. Sus efectos más comunes son de “sudar” o el “titiritar”.

El Índice de la sobrecarga calórica ISC:

Se utiliza el Índice de la Sobrecarga Calórica, ISC, cuando se requiere tener una idea del grado de tensión térmica a que está expuesto un trabajador. El método se basa en el cálculo de la magnitud de los intercambios térmicos entre la persona y el ambiente por medio

de los tres mecanismos fundamentales: convección, evaporación, y la producción de calor metabólico generado por la actividad.

5.3 Marco Teórico

La exposición a sustancias químicas que un trabajador puede recibir por la acción de un agente químico genera efectos perjudiciales para su salud. El concepto de exposición como magnitud, integra dos factores variables diferentes; la concentración o nivel de presencia del contaminante en el medio y el tiempo o duración de la propia exposición. Ambos factores tienen características propias, por lo cual se dice que la exposición es más o menos intensa, según sea la magnitud de la concentración del contaminante. Las exposiciones se clasifican en agudas, subagudas y crónicas, según su duración y frecuencia. (essalud, Mayo 2014).

Definimos a los contaminantes de naturaleza química, aquellas que al entrar en contacto con un individuo en el caso específica del isopropanol el cual es usado de manera contante en cada una de las etapas del proceso de análisis en una concentración del 100%, la exposición de manera prolongada puedo generar diferentes afectaciones a la salud irritación ocular grave, oculares graves, Se sospecha que perjudica la fertilidad o el feto, Provoca daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas. (Lastra, 2016)

Se consideran daños derivados del trabajo a aquellas patologías, enfermedades o lesiones sufridas con motivo u ocasión del trabajo. Los daños a la salud que pueden provocar las sustancias químicas, pueden ser accidentes de trabajo (ocasionados en el mismo momento que se produce la exposición) o enfermedades profesionales (debido a exposiciones más o menos prolongadas en el tiempo). Los daños vienen ocasionados por la composición química del agente peligroso, por la forma en que éste se utiliza, por la vía de entrada al organismo, por los órganos y/o tejidos sobre los que se acumula o localiza, por la reacción específica de cada trabajador a dicho agente químico, derivada de las características personales o estado biológico y por la concentración, duración y frecuencia de la exposición. (essalud, Mayo 2014)

El ruido es un factor de riesgo de tipo físico, el cual se genera dentro del proceso de análisis para la determinación de Sílica cristalina por XRD en las distintas etapas, lo cual genera afecciones tanto psicológicas como fisiológicas en los seres humanos si se exponen constantemente a altos niveles de presión sonora, el ruido puede generar afecciones como: pérdida progresiva de la audición, dolores neuromusculares, falta de coordinación, fatiga, estrés, insomnio, irritabilidad, falta de concentración, entre otros. (Ecodes, 2005).

Por lo tanto, evaluar este factor es relevante para proteger y asegurar la salud de los trabajadores que se exponen constantemente durante su jornada laboral. En ese sentido, la medición, evaluación y análisis de este factor de riesgo es fundamental para reducir su influencia y mejorar las condiciones y puestos de trabajo.

Finalmente, dentro de todo el proceso de análisis para la determinación de Sílica cristalina por XRD se logró identificar la presencia de exposición a los factores de riesgo estrés térmico por calor, El cuerpo humano es un organismo homeotermo (que mantiene su temperatura corporal dentro de unos límites, independientemente de la temperatura ambiental), por lo tanto, las reacciones metabólicas necesitan una temperatura interna constante (37 ± 1 °C) para llevarse a cabo con normalidad. Dicha temperatura interna sólo puede ser mantenida si existe un equilibrio entre el calor producido constantemente por el organismo y el cedido o disipado al ambiente, esto sólo es posible con un mecanismo de regulación del calor muy complejo llamado termorregulación, mediante el cual se compensan las pérdidas y ganancias de calor.

Cuando debido a condiciones ambientales extremas el calor generado por el organismo no puede ser disipado al ambiente y se acumula en el interior del cuerpo aumentando la temperatura interna de este a más de 38 °C, se puede decir que existe riesgo a estrés térmico debido al calor. Entre sus efectos están síntomas de fatiga repentina y severa, náuseas,

mareos o desmayos, sudoración excesiva y el más grave de ellos que es el golpe de calor, el cual pone en riesgo la vida, cuando la temperatura interna es mayor a los 40°C.

Analizar cuáles son las concentraciones y niveles de exposición de los trabajadores es el objetivo principal de esta investigación logrando de esta manera poder generar acciones de mejora las cuales impacten de manera positiva este proceso dentro de la empresa CONHINTEC S.A.S.

En cuanto a los factores de riesgo que se precisan en la investigación, se contemplan por ejemplo el factor ruido, la ausencia de una adecuada iluminación, radiaciones ionizantes, entre otro tipo de factores que están presentes en el entorno del laboratorio de la compañía. Para este aspecto se tiene como referencia el estudio realizado por los autores Moreno, A & Sandoval, T. (2019). En su trabajo de titulación denominado *Evaluación de riesgos laborales en los laboratorios de la facultad de ingeniería en geología, minas, petróleos y ambiental de la universidad central del ecuador*. Ya que, en dicho estudio enmarcan lineamientos y dispositivos claves para realizar las mediciones de los parámetros previamente resaltados.

Para el caso de la medición de ruido laboral, indican la importancia de realizar una visita previa al punto de medición, la cual permita identificar la maquinaria empleada in situ, fuentes de ruido existentes en el lugar, personal corporativo expuesto en el área demarcada, presencia o ausencia de equipos de protección dispuestos en el lugar y de igual manera el correcto uso de estos por parte del personal encargado. El equipo empleado para la realización de la medición es un sonómetro CIRRUS CR 172 y posteriormente se enmarca la normativa que será usada para contrastar los resultados obtenidos de la medición.

La medición del factor de riesgo de luminosidad es efectuada con un luxómetro TESTO 545, siendo un equipo dotado de una célula fotoeléctrica que reaccionara y registrara cada haz de luz que llegue a la misma, en el estudio se remiten al mismo decreto ejecutivo 2393 para

efecto de contrastar los valores obtenidos con los niveles ya estipulados en la legislación vigente en su país. Este estudio realizado por los autores es relevante para nuestra investigación, ya que, los equipos empleados y su correcta forma de uso reportaron resultados acertados y veraces que al momento de ser evaluados por lo establecido en la legislación, se puede proceder a validar el espacio que se está evaluando o de lo contrario tomar acciones correctivas pertinentes. (Moreno & Sandoval , 2019).

En cuanto al análisis de riesgos, es relevante contemplar el estudio realizado por Barreto, V. (2020) en su estudio denominado, *diseño de protocolo de manipulación y almacenamiento de reactivos químicos utilizados en la sede Bosa Porvenir de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas*. Se le da la importancia pertinente al estudio realizado por el autor, ya que, el presente proyecto de investigación tiene como lugar central de ejecución el laboratorio de la empresa Conhintec S.A.S, el cual cuenta con diferentes sustancias químicas con un potencial de peligrosidad alto si no se tiene un adecuado manejo y almacenamiento de las misma, dicho lo anterior, en el trabajo del autor se evidencia lo importante que es conocer cada sustancia y según la hoja de seguridad de los diferentes elementos que la componen poder tener identificada su peligrosidad, toxicidad y la forma adecuada de contrarrestar sus efectos nocivos en caso de un incidente ocurrido. También el autor establece unas adecuadas estrategias para el inventario, almacenamiento, inspecciones e identificación de peligros y riesgos, todo esto sustentados en diferentes instrumentos como lo son las matrices, guías técnicas y protocolo. Lo que se pretende con esto es prevenir una posible afectación a la salud física de los colaboradores encargados de este departamento organizacional. (Barreto, 2020)

La autora Yoana Portugal en su tesis de grado del año 2018, la cual tiene por título: *Diseño de un sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional para prevención de accidentes en el laboratorio de control de calidad de la facultad de ingeniería química de la UNA.PUNO*. En el apartado denominado antecedentes, se encarga de hacer una revisión

bibliográfica extensa y acertada en cuanto a teorías y modelos que evidencian la afectación causada a la salud humana ya sea por accidentes presentados o periodos de exposición en laboratorios. Con estos veinte artículos científicos referenciados se consigue una apreciación global en cuanto a temas tan relevante para la investigación como lo son por ejemplo la evaluación de riesgo por puesto de trabajo, la evaluación de los accidentes laborales en laboratorios como puntos de partida para la construcción de sistemas de gestión, la prevención de accidentes e incidentes de trabajo en un laboratorio teniendo como eje central la matriz de identificación de peligros y evaluación de riesgos en seguridad y salud en el trabajo, diferentes autores referenciados en este estudio trabajaron en sus artículos en el tema de las charlas, capacitaciones e inducciones necesarias para los colaboradores, resaltando la importancia de estas en la disminución de accidentes laborales y mejoramiento de las buenas prácticas organizacionales.

La autora logra diseñar un sistema de gestión para la prevención de accidentes en el laboratorio de dicha universidad objeto de estudio, promoviendo un ambiente de trabajo productivo y libre de peligros tanto para la salud humana como para el ambiente. (Portugal Cano, 2018)

En base a estos estudios y diferentes metodologías planteadas por los autores, se pretende realizar la evaluación de los niveles de exposición a riesgos asociados al proceso de análisis de sílica cristalina por XRD en la empresa CONHINTEC S.A.S.

5.4 Marco legal

El marco normativo aplicable a las acciones realizadas durante la ejecución de este proyecto, se basan en cumplimiento de la normatividad vigente frente a protección de los trabajadores para esto, y basados en el (DECRETO NÚMERO 1072 DE 2015, s.f., pág. 110) en su numeras 2.2.4.6.23 Gestión de los peligros y riesgos donde de manera textual indica que el empleador o contratante debe implementar medidas para identificar los peligros, y calificar el

nivel de riesgo, de esta manera el numeral 2.2.4.6.23 Medidas de prevención y control presenta un esquema de jerarquización el cual define los controles existente para el control o eliminación de los peligros identificados en pro de proteger la salud de sus colaboradores

PARÁGRAFO 4. Adicional a esto, basados en la información plasmada dentro de (Sustancias Tóxicas y Peligrosas 1910, s.f.) Guía de bolsillo para Riesgo Químico de NIOSH. sobre higiene industrial para reconocer y controlar los riesgos químicos ocupacionales y las sustancias para las cuales el Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH) mantiene límites de exposición recomendada (REL, en inglés) y límites de exposición permisible (PEL, en inglés) bajo las normas sobre contaminantes del aire para la industria general de la Administración de Salud y Seguridad Ocupacional. Esta normativa se torna de vital importancia en nuestra investigación ya que se establecen los términos que deben cumplir los empleadores al momento de identificar los riesgos a los cuales se encuentran expuestos los trabajadores y las acciones que se deben tomar, siendo una de estas realizar las respectivas mediciones y guiarse para esto en los límites permitidos basados en los TLV y BEI establecidos.

Entre los riesgos a evaluar se encuentra lo relacionado con la exposición a temperaturas, estrés y confort térmico, y es por esto que El Reglamento Técnico Colombiano para Evaluación y Control de Sobrecarga Térmica en los Centros y Puestos de Trabajo es importante ya que hace parte de un conjunto de normas sobre metodología de higiene industrial, elaborado con el objeto de facilitar el empleo de técnicas prácticas y sencillas aplicables en cualquier tipo de actividad económica que involucre altas temperaturas del aire, fuentes de calor radiante, alta humedad, contacto con objetos calientes, o actividades con alta exigencia física, pudiéndose adoptar estas metodologías al estudio en particular.

Los TLV y los BEI son valores basados en la salud establecidos por comités que revisan la literatura existente publicada y revisada por pares en varias disciplinas científicas (p. ej., higiene industrial, toxicología, medicina ocupacional y epidemiología). Dado que los TLV y los

BEI se basan únicamente en factores de salud, no se tiene en cuenta la viabilidad económica o técnica (Directrices TLV/BE, 2022) Incluye límites de exposición diaria y nivel de acción límite bajo los cuales se cree que la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos sin que se produzcan efectos adversos para la salud.

El ministerio de trabajo y seguridad social y el ministerio de salud por medio de la (RESOLUCION 1792 DE 1990, s.f.) y (Ministerio de Salud Resolucion 8321, 1983) estableció valores límites permisibles para la exposición ocupacional al ruido, la exposición ocupacional a ruido estable o fluctuante debe ser controlada, con el objeto de que para una jornada de 8 horas diarias ningún trabajador pueda estar expuesto a un nivel de presión sonora continuo equivalente a 85 decibeles. Por otro lado, la (ISO - Acústica 9612 , 2009) , es una norma internacional que especifica un método de ingeniería que permite medir la exposición a ruido de los trabajadores en su puesto de trabajo y así calcular el nivel de exposición.

Finalmente, la (NORMA INTERNACIONAL 17025, 2005, pág. 2) plantea el cumplimiento de estándares de calidad y diversos requisitos que deben cumplir los laboratorios acreditados como lo es el caso de la empresa CONHINTEC S.A.S.

Existe una amplia normatividad relacionada con el objeto de investigación y es por esto que se deben evaluar todas aquellas que puedan dar apoyo y soporte a este trabajo, es importante no solo realizar las mediciones y comparar los datos con la bibliografía encontrada, sino también dar un valor agregado y generar el carácter obligatorio que puede llegar a tener al requerir dar cumplimiento a estándares basados en metodologías previamente establecidas.

6 Marco Metodológico

6.1 Paradigma

Para el desarrollo de la presente investigación, es muy importante determinar la postura en la cual se ubica o la que caracteriza la investigación, de manera tal que se pueda conocer la

manera en la que se va a desarrollar todo el proceso investigativo e implementar de manera adecuada el procedimiento de la metodología que se desea utilizar para desarrollar los objetivos propuestos.

El paradigma empírico – analítico también conocido como paradigma positivista, tiene como fin último comprobar por medios estadísticos la hipótesis de una investigación o determinar mediante una expresión numérica los parámetros de una variable determinada y es por esto que Ricoy (2006) lo califica como “paradigma cuantitativo, empírico analítico, racionalista, sistemático gerencial y científico tecnológico”. ((Ramos, C. A. (2015).)

Debido a que el objetivo de este trabajo es evaluar los niveles de exposición de los riesgos identificados en el proceso de análisis de sílica cristalina por difracción de rayos X (XRD) en la empresa CONHINTEC S.A.S y según los valores arrojados por las mediciones realizadas proponer los respectivos controles para eliminar o minimizar la exposición; el paradigma que mejor se acopla al desarrollo de este trabajo es el paradigma empírico analítico donde los resultados se pueden considerar como probablemente verdaderos.

6.2 Enfoque

El tipo de estudio (paradigma positivista) se caracteriza por aplicar la lógica deductiva, ser racional, objetivo, basado en lo observable, manipulable y verificable; Patton 1990 indica que este lleva al investigador concluir la investigación con resultados legítimos, válidos y razonables. Adicionalmente su objeto es explicar un fenómeno de interés de tal modo que pueda ser predecido y controlado.

A esta corriente se le relaciona normalmente con los planteamientos de Auguste Comte, quien especifica claramente que admite como válidos únicamente a aquellos conocimientos que proceden de las ciencias empíricas (Meza Cascante, L. G. (2015)

Las características muestran que la línea de enfoque corresponde a que la investigación debe ser de carácter cuantitativo con un tipo de estudio explicativo y predictivo ya que el fin último es explicar y exponer mediante la evaluación de diferentes factores de riesgo, cual es la exposición a los mismos en los laboratorios de análisis donde se emplea la técnica de análisis de sílica cristalina por difracción de rayos X y según los resultados que se obtengan poder proyectar los controles propuestos a diferentes sectores y demás organizaciones que realicen procesos similares. La objetividad que permite tener el análisis cuantitativo permite que las inferencias obtenidas en el estudio sean válidas y replicables. ((Inche, J., Andía, Y., Huamanchumo, H., López, M., Vizcarra, J., & Flores, G. (2003))

6.3 Fases De La Investigación

Para cumplir con el objetivo de la medición se debe realizar un reconocimiento de las áreas de trabajo que se desean analizar y las que son objeto de estudio en la presente investigación,

Luego de realizar un recorrido y conocer claramente el proceso que se realiza para el análisis de muestras de sílica cristalina, se establecen los puntos de monitoreo, tiempos de trabajo y se definen las mediciones correspondientes y que apliquen a cada área de los riesgos objeto de interés de la presente investigación (estrés térmico, confort térmico, concentración de isopropanol y ruido (sonometrías y dosimetrías)) y se procede a aplicar las metodologías planteadas en el numeral anterior.

Luego de realizar las mediciones se consolidan los datos de las mediciones para realizar los cálculos correspondientes y obtener resultados en términos comparables con la normatividad que le corresponda, que bien puede ser nacional o internacional. Se comparan los valores obtenidos con los estándares o niveles permisibles y se categoriza el riesgo de acuerdo con el nivel de exposición para determinar la incidencia o no en cada área y poder proponer estrategias, acciones o sistemas de control pertinentes para las diferentes zonas de trabajo.

6.4 Tipo De Investigación:

Se presentan las metodologías aplicables al enfoque cuantitativo para la evaluación de los riesgos objeto de interés, los cuales son, Confort y estrés térmico, concentración de isopropanol en el aire y ruido (dosimetrías y sonometrías)

6.4.1 Técnica De Medición Confort Térmico

Para la realización de las mediciones se debe tener en cuenta la legislación Colombiana en la resolución 2400, en el título III, artículo, 63 hace referencia de la siguiente manera: “ La temperatura y el grado de humedad del ambiente en los locales cerrados de trabajo, será mantenido, siempre que lo permita la índole de la industria, entre los límites tales que no resulte desagradable o perjudicial para la salud.” (Resolución 2400 de 1979) pero no define unos valores recomendados, por lo cual se acude a los estipulados por las normas ISO 7730, LEST (Francés), cuyos valores se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Valores óptimos de temperatura, humedad y velocidad del aire según el tipo de trabajo. Norma LEST (francés)

Tipo de trabajo Ejecutado	Temperatura Óptima (°C)	Grado de Humedad (%)	Velocidad del aire (fpm)
Trabajo intelectual o Trabajo físico ligero en Posición sentada	18 a 24	40 a 70	19.7
Trabajo medio en posición de pie	17 a 22	40 a 70	19,68 a 39,36
Trabajo duro	15 a 22	30 a 65	78,72 a 98
Trabajo muy duro	12 a 18	20 a 60	196,8 a 295

Se debe instalar el equipo de medición (equipo de lectura directa) a la altura del abdomen (Recomendación tomada del reglamento técnico) y dejar el equipo por un tiempo aproximado de 30 minutos, lo que garantiza la estabilidad en los resultados. Se deben tomar datos de temperatura bulbo seco (tbs), temperatura de bulbo húmedo (tbh) y temperatura globo

(tg). Se debe asegurar que los equipos de medición que se utilicen deben ser calibrados antes y después de las mediciones realizadas para así dar mayor representatividad y confiabilidad a los resultados obtenidos.

Nota: Este procedimiento se realiza tanto para la medición de confort térmico como para la de estrés térmico, el manejo de la información y el procesamiento de datos es el que cambia para obtener el resultado requerido según el tipo de riesgo evaluado.

6.4.2 Técnica De Medición De Estrés Térmico

Se debe determinar la existencia o no del riesgo ocupacional para la salud de los trabajadores en los sitios evaluados, al comparar los resultados obtenidos, con los valores límites permisibles TLV's 2017 publicados por la ACGIH, los cuales son los aceptados en nuestro país de acuerdo con la resolución 2400 de 1979.

Posterior a esto se debe calcular el Índice de Sobrecarga de Calor (ISC) y el Tiempo Máximo de Exposición (TME), para aquellos sitios en los cuales el WBGT no permita una exposición mayor al 25% por cada ciclo de trabajo en caso de ser requerido.

Para la realización del estudio, se tuvo en cuenta lo estipulado en el Artículo 64 de la resolución 2400 de 1979, emitida por el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social: Parágrafo: *“Para realizar la evaluación del ambiente térmico se tendrá en cuenta el índice WBGT, calculado con temperatura húmeda, temperatura seca y temperatura de globo; además se tendrá en cuenta para el cálculo del índice de WBGT, la exposición promedio ocupacional.”*

El índice de WBGT, fue establecido en los años 50 como un método rápido y fácil para determinar la severidad de la exposición a ambientes térmicos. Ha sido acogido como criterio internacional por la ISO 7243, cuenta con la ventaja de la sencillez en su aplicación, tanto en la medición, los cálculos y la interpretación.

El índice WBGT hace referencia a las condiciones de estrés por calor, donde casi todos los trabajadores pueden estar expuestos repentinamente, sin efectos adversos para la salud. Estos TLV's se basan en la presunción de que casi todos los trabajadores aclimatados, completamente vestidos y que hayan ingerido una cantidad adecuada de agua, deben ser capaces de realizar sus funciones de manera efectiva en las condiciones de trabajo dadas, sin que su temperatura corporal sobrepase los 38°C.

En la Tabla 2, se presentan los valores máximos permisibles establecidos por la ACGIH en los TLV's del año 2017, y que por lo tanto son los legalmente vigentes en nuestro país

Tabla 2. Criterios de protección para la exposición a estrés térmico

Asignación del trabajo	TLV (WBGT Valores en °C)				Límite de Acción (WBGT Valores en °C)			
	Ligero	Moderado	Pesado	Muy pesado	Ligero	Moderado	Pesado	Muy pesado
75 a 100 %	31.0	28.0	-	-	28.0	25.0	-	-
50 a 75%	31.0	29.0	27.5	-	28.5	26.0	24.0	-
25 a 50%	32.0	30.0	29.0	28.0	29.5	27.0	25.5	24.5
0 a 25%	32.5	31.5	30.5	30.0	30.0	29.0	28.0	27.0

6.4.3 Técnica De Medición Para Concentración De Isopropanol (2 propanol) En El Ambiente

Se empleará la metodología establecida por el NIOSH 1400, la cual es una metodología de análisis químico, la cual consiste en realizar una captura del contaminante por medio de un medio de retención el cual será tubo de carbón activado de 100 mg/50 mg, lo cual se realizará utilizando bombas de succión personal como lo muestra la tabla 3.

Tabla 3. Metodología NIOSH 1400

SAMPLING		MEASUREMENT	
COMPOUNDS AND SYNONYMS: (1) ethanol: ethyl alcohol. (2) isopropyl alcohol: 2-propanol. (3) tert-butyl alcohol: 2-methyl-2-propanol.			
SAMPLER: SOLID SORBENT TUBE (coconut shell charcoal, 100 mg/50 mg)		TECHNIQUE: GAS CHROMATOGRAPHY, FID	
FLOW RATE: 0.01 to 0.2 L/min (≤ 0.05 L/min for ethyl alcohol)		ANALYTE: compounds above	
VOL-MIN: (1) 0.1 L (2) 0.3 L (3) 1.0 L -MAX: 1 L 3 L 10 L		DESORPTION: 1 mL 1% 2-butanol in CS ₂	
SHIPMENT: cooled		INJECTION VOLUME: 5 μ L	
SAMPLE STABILITY: unknown, store in freezer		TEMPERATURE-INJECTION: 200 °C -DETECTOR: 250-300 °C -COLUMN: 65-70 °C	
BLANKS: 2 to 10 field blanks per set		CARRIER GAS: N ₂ or He, 30 mL/min	
ACCURACY		COLUMN: glass, 2 m x 4-mm ID, 0.2% Carbowax 1500 on 60/80 Carbowax C or equivalent	
RANGE STUDIED: see EVALUATION OF METHOD		CALIBRATION: solutions of analyte in eluent (internal standard optional)	
BIAS: not significant [1]		RANGE AND PRECISION: see EVALUATION OF METHOD	
OVERALL PRECISION (\bar{S}_{rt}): see EVALUATION OF METHOD		ESTIMATED LOD: 0.01 mg per sample [2]	
ACCURACY: $\pm 14\%$			

Para la evaluación de riesgo por agentes químicos por la metodología de Análisis Químico, es necesario capturar una muestra del ambiente en el cual el personal realiza sus labores y en el cual se cree que está exponiéndose a la sustancia objeto de estudio.

Para ello, es necesario contar con un equipo que permita la captura de estas partículas (sólidas, líquidas o vapores) para que puedan ser analizadas posteriormente en laboratorio. Estos equipos son conocidos como bombas de muestreo personal o bombas de succión.

Estos equipos deben contar con un rango de caudales tal que permitan realizar la captura de muestra en los valores establecidos por los métodos NIOSH u OSHA (dependiendo de la sustancia que vaya a ser analizada).

Adicionalmente, la bomba debe contar con otros elementos para garantizar una toma de muestra adecuada. El primer elemento es un medio de retención (generalmente llamado filtro)

que permita la captura de partículas de la corriente de aire y sustancia que esta succiona, es decir, un medio que retenga las partículas de interés y permita el paso de aire para evitar taponamientos o estancamientos. Estos filtros varían entre sustancias y cada método NIOSH/OSHA especifica las características y materiales que deben poseer los medios de retención para garantizar captura de la sustancia de interés. Estos medios deben ir dentro de un contenedor (generalmente casetes o tubos absorbentes o adsorbentes) que permite hermeticidad y evite contaminación de la muestra (retener partículas indeseadas o no retener partículas de interés en absoluto). Adicionalmente se requiere tubos flexibles (generalmente de silicona, varía según la sustancia de interés) que permita una mayor eficiencia en la captura y que conecta la bomba con el medio de retención.

El procedimiento establecido por el método NIOSH 1400 para el compuesto (2) alcohol isopropil: 2 propanol, es el siguiente:

1. Calibre cada bomba de muestreo personal con un muestreador representativo en línea.
2. Rompa los extremos del muestreador inmediatamente antes del muestreo. Adjuntar muestrario a personal bomba de muestreo con tubería flexible.
3. Muestree a una tasa de flujo conocida con precisión entre 0,01 y 0,2 L/min para un tamaño de muestra total de 0,3 a 3 L (alcohol isopropílico).
4. Cubra los muestreadores con tapas de plástico (no de goma) y empaque de forma segura con refrigerante en bolsas para envío.

El análisis de laboratorio del medio de retención se realizará por parte del laboratorio de la empresa Conhintec S.A.S mediante la metodología NIOSH 1501 M, la cual es una metodología modificada del NIOSH 1501, es decir, es una metodología única implementada por el laboratorio y avalada gracias a la acreditación AIHA.

6.4.4 Técnica de medición para ruido

Se debe realizar un proceso de verificación de la calibración del dosímetro con un pistófono certificado y una boquilla adecuada al tamaño del micrófono del equipo de acuerdo con el modelo y a las instrucciones que indica el fabricante. Para asegurar que las condiciones de funcionamiento sean las adecuadas, la verificación debe realizarse antes y después de la medición a realizar. Este procedimiento se realiza antes y después de las ediciones, tanto para las dosimetrías como para las sonometrías.

6.4.4.1 Dosimetrías.

Posterior al proceso de verificación, se procede a tomar la muestra del individuo al que se le evaluará la exposición a ruido ocupacional. Para ello se estima que el tiempo de medición es el 80 % de la jornada laboral.

El procedimiento de toma de muestras es como procede:

1. Verificar la configuración de los perfiles de medición

Tiempo de integración infinito, logger step 1s, activar análisis en frecuencia en bandas de octava 1/1 en ponderación frecuencial A si el dosímetro lo permite.

- Perfil 1. Ponderación frecuencial A, ponderación temporal lenta (slow).
 - Perfil 2. Ponderación frecuencial C, ponderación temporal lenta (slow).
 - Perfil 3. Ponderación frecuencial A, ponderación temporal impulsiva (impulsive).
2. Llevar el equipo a la configuración para operación (para ello referirse al Manual del equipo).
 3. Asegurarse que el micrófono del dosímetro tenga el cortaviento ubicado sobre este.
 4. Ubicar el micrófono del dosímetro a la altura del oído a una distancia aproximada de 30 cm de este (generalmente a la altura del hombro).
 5. Sujetar el equipo a la vestimenta del individuo empleando las pinzas traseras de este.

6. Dar inicio, en la interfaz de usuario del dosímetro, a la medición para iniciar la sesión de medida.
7. Registrar en cada medición la toma de muestra (en el formato Toma de Muestras de Ruido o a través de medios digitales, según sistema documental del consultor).
8. Retirar el equipo una vez transcurrido el tiempo de medición.
9. Realizar una verificación al dosímetro para asegurar las condiciones de funcionamiento de este.

6.4.4.2 Sonometría.

Posterior al proceso de verificación, se procede a tomar la muestra del área a la que se le evaluará la exposición a ruido ocupacional. El procedimiento de toma de muestras es como procede:

1. Verificar la configuración de los perfiles de medición de acuerdo con el enfoque de la medición.

Si es una medición para definir controles o confort:

- Tiempo de integración infinito, logger step 1s, activar análisis en frecuencia en 1/3 de octava.
 - Perfil 1. Ponderación frecuencial Z, ponderación temporal fast.
 - Perfil 2. Ponderación frecuencial Z, ponderación temporal impulsive.
 - Perfil 3. Ponderación frecuencial A, ponderación temporal fast.
2. Llevar el equipo a la configuración para operación (Manual del equipo)
 3. Colocar el protector de viento al micrófono.
 4. La altura del sonómetro debe ser 1.20 m y estar a mínimo 1.5 m de distancia respecto a cualquier superficie. Se deberá ubicar el sonómetro siempre a la misma altura. Se sugiere utilizar trípode.

5. Cuando se requiera tomar coordenadas de ubicación utilizar GPS o un medidor de distancia laser para distancias relativas a un punto de referencia seleccionado por el higienista.
6. Iniciar el estudio de medición en el equipo. Una vez transcurridos 5 minutos en el punto de medición, pausar el estudio y continuar en el siguiente punto.
7. Realizar una verificación al dosímetro para asegurar las condiciones de funcionamiento de este.

6.5 Población Y Muestra

6.5.1 Población

La empresa Conhintec S.A.S es considerada como una mediana empresa, ya que cuenta con un total de 111 empleados y estos se agrupan de la siguiente manera: 78 colaboradores con contrato a término indefinido y 33 colaboradores con contrato a término fijo, distribuidas como se muestra a continuación:

Tabla 4. Distribución de personal por áreas

Dpto. AMBIENTAL	11 (8 indefinidos y 3 fijos)
Dpto. LABORATORIO	9 (6 indefinidos y 3 fijos)
Dpto. OCUPACIONAL	56 (37 indefinidos y 19 fijos)
Dpto. INSTRUMENTACIÓN	3 (2 definidos y 1 fijo)
Dpto. COMERCIAL	5 (5 indefinidos)
Dpto. DHO	2 (2 indefinidos)
Dpto. FINANCIERA	4 (3 indefinidos y 1 fijo)
Dpto. SGI	2 (2 indefinidos)
Dpto. INNOVACIÓN Y DESARROLLO	2 (2 indefinidos)
Dpto. GERENCIA	3 (3 indefinidos)
Dpto. GESTIÓN ESTRATÉGICA	2 (2 indefinidos)
Dpto. ADMINISTRATIVO	12 (6 indefinidos y 6 fijos)

6.5.2 Muestra

El departamento donde se va a desarrollar la investigación es en el laboratorio, el cual está conformado actualmente por 9 personas de planta y 2 practicantes.

El personal se distribuye en subsectores o en diferentes zonas dependiendo del proceso que realicen, Se cuenta con zona administrativa, zona de recepción de muestras, zona de lavado, zona de pesaje y gravimetría, zona de volumetría, zona de análisis de cromatografía de gases, zona de conteo de fibras de asbesto y varias zonas para el proceso de análisis de sílice (zona de calentamiento, zona de filtración, zona de sonicación, zona de lectura dx).

Las personas que participan en el proceso de análisis de sílica cristalina por difracción de rayos X (XRD) son dos (analista de laboratorio y auxiliar de laboratorio), las cuales serán a quienes se les realizarán las respectivas mediciones y evaluación de puestos de trabajo.

6.6 Instrumentos Y Técnicas De Recolección Y Análisis De Datos

Instrumento	En qué consiste	Cómo se aplica	Resultado
Observación	Es una forma discreta y sencilla de inspeccionar datos sin depender de un intermediario. Este método se caracteriza por no ser intrusivo y requiere evaluar el comportamiento del objeto de estudio por un tiempo continuo, sin intervenir.	Registrar tus observaciones de campo en notas, grabaciones, preferentemente desde un dispositivo móvil, desde donde puedas acceder fácilmente a la información recopilada durante la observación. registrar tu información de forma ordenada y tratando de evitar sesgos o prejuicios personales	Obtener datos claros y referencias de primera mano que te permitirán tomar mejores decisiones.
Entrevistas	Recopilar la información formulando preguntas. A través de la comunicación interpersonal, el emisor obtiene respuestas verbales del receptor sobre un tema o problema en específico.	La entrevista puede realizarse de forma presencial o por teléfono y requiere un encuestador y un informante. Para llevar a cabo una entrevista de forma eficaz, considera qué información deseas obtener del sujeto investigado a fin de orientar la conversación a los temas que necesitas tratar.	Se da oportunidad de captar reacciones, gestos y aclarar la información en el momento, realizando preguntas específicas.

Instrumento	En qué consiste	Cómo se aplica	Resultado
Matriz cuantitativa de riesgos	Consiste en recolectar los datos de muestreos y analizar numéricamente el efecto de los riesgos identificados sobre los objetivos generales del proyecto. El beneficio clave de este proceso es que genera información cuantitativa sobre los riesgos para apoyar la toma de decisiones.	Se realizan las respectivas mediciones correspondientes a estrés y confort térmico, ruido (dosimetrías y sonometrías) y determinación mediante análisis químico de concentración de isopropanol. Y se calculan las concentraciones y valores emitidos y encontrados.	Caracterización y valoración del riesgo
Formatos de campo	Son formatos donde se recolecta la información de datos tomados en el laboratorio, variables propias para determinar los cálculos requeridos e información general y observaciones.	Se diligencian los formatos de campo con los datos medidos y las situaciones encontradas	Documento entregable Aseguramiento de la información Base para elaboración del análisis documental
Análisis Documental	Recolectar datos de fuentes secundarias. Libros, trabajos de investigación, medios electrónicos.	Formato para registro de datos	Datos sobre investigaciones anteriores que aporten frente a una nueva investigación

6.6.1 *Procesamiento De Datos Según Cada Instrumento*

Los instrumentos para emplear deben ser estandarizados, demostrados y validados, de tal forma que permitan que los datos sean obtenidos por observación, medición y documentación de mediciones. (Roberto Hernández Sampieri, Carlos Fernández - Collado y Pilar Baptista Lucio, 2006)

Observación: Ingresar en el área de laboratorio donde se realiza el análisis de sílica cristalina por difracción de rayos X y las diferentes áreas donde se realiza el análisis de muestras y observar el paso a paso de cada uno de los análisis desde la recepción de la

muestra hasta su análisis para así inspeccionar el área de trabajo objeto de investigación y realizar el diagnóstico y posterior planteamiento del problema.

Entrevistas: Realizar entrevistas con las personas a cargo de este proceso (análisis de sílice cristalina), con el objetivo de poder saber de primera mano cual es la percepción que se tiene de los riesgos en este proceso para identificar cuáles son los objetivos de interés según lo requerido por el personal y los controles con los que se cuentan actualmente. La entrevista se realiza con la finalidad de conocer lo que se quiere estudiar de manera cuantitativa más no para dar resultados de percepción.

Matriz cuantitativa de riesgos: Posterior a la medición de los riesgos a evaluar, se realizan los respectivos cálculos y datos que permitan caracterizar y valorar el riesgo, de manera tal que se permitan conocer los niveles de exposición de los trabajadores y su calificación, con la finalidad de determinar el control que se debe implementar en caso de requerirlo o los elementos que se deben utilizar en cada zona.

Formatos de campo: Se diseñan los formatos de campo con los campos que se requiere documentar para la realización de cálculos, gestión documental, tratamiento de datos y trazabilidad de la información, con la finalidad de tener la herramienta para luego analizar la información y hacer el respectivo manejo de la información con los fines requeridos.

Análisis Documental: Buscar investigaciones anteriores sobre el tema de interés, estrés térmico y mediciones de ruido en espacios reducidos, mediciones de contaminantes en el aire, donde estén establecidos los valores permisibles de exposición a estos riesgos para realizar comparativas y diseño de controles.

6.7 Equipos utilizados para medición

Se relacionan a continuación los equipos utilizados para realizar las mediciones de los contaminantes objeto de interés (ruido, temperaturas, agente químico: isopropanol, verificadores)

Tabla 5. Equipos utilizados

IMAGEN	DESCRIPCIÓN	DATOS DE VERIFICACIÓN Y/O CALIBRACIÓN
 <p>MARCA SERIAL SVANTEK 2025</p>	<p>El sonómetro se compone básicamente de un micrófono y un convertidor de señal que convierte una señal física en una señal eléctrica, ésta última corresponde a los niveles de ruido, los cuales se muestran directamente en la pantalla del sonómetro.</p>	<p>Ultima calibración realizada</p> <p>FECHA SERIAL 18/02/2022 CI-02025</p> <p>con frecuencia de calibración anual de acuerdo con lo establecido metrologicamente por Conhintec S.A.S. basados en la respuesta periódica de equipo.</p>
 <p>MARCA SERIAL SVANTEK CI-01988</p>	<p>Sonómetro especializado destinado específicamente para medir la exposición al ruido de una persona integrado en un período de tiempo; por lo general, para cumplir con las regulaciones de salud y seguridad tales como la Seguridad y Salud Ocupacional.</p>	<p>Ultima calibración realizada</p> <p>FECHA SERIAL 30/09/2021 CI-01988</p> <p>con frecuencia de calibración Bianual de acuerdo con lo establecido metrologicamente por Conhintec S.A.S. basados en la respuesta periódica de equipo.</p>
 <p>MARCA SERIAL SV 1768</p>	<p>Calibradores acústicos con precisión para equipos tipo 1 y tipo 2. Se calibran a una frecuencia de 1000 Hz a 114 dB y se cuenta con modelos que además calibran a 94 dB.</p>	<p>Ultima calibración realizada</p> <p>FECHA SERIAL 12/07/2021 CI-01768</p> <p>con frecuencia de calibración Bianual de acuerdo con lo establecido metrologicamente por Conhintec S.A.S. basados en la respuesta periódica de equipo.</p>

IMAGEN	DESCRIPCIÓN	DATOS DE VERIFICACIÓN Y/O CALIBRACIÓN
 <p>MARCA Quest</p> <p>SERIAL 1978</p>	<p>Monitor para Temperatura Clasificación: ETL, cETL (Cumple con las normas UL 913 y CSA-E79-11-95) Clase I, II y III, Grupos A, B, C, D, E, F, G. Código de temperatura T3 DEMKO: Eex ia IIc T3 CE Mark.</p> <p>Medición: Temperatura de globo, temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo húmedo, TGBH en interiores y exteriores. Mide humedad relativa, proporcionando índice térmico calculado.</p> <p>Peso: 500 gramos.</p>	<p>Ultima calibración realizada</p> <p>FECHA SERIAL 19/08/2021 CI-01978</p> <p>con frecuencia de calibración BIANUAL de acuerdo con lo establecido metrologicamente por Conhintec S.A.S. basados en la respuesta periódica de equipo.</p>
 <p>MARCA AN200</p> <p>SERIAL 1883</p>	<p>Anemómetro</p> <p>AN200</p> <p>Vel. ± 3% lect - Temp. 2.0°C - TiR. ± 2% lect Vel. 0.40 a 30.00 m/s - Temp. -10 a 60°C - TiR -20 a 260°C Vel. ± 3% lect - Temp. 2.0°C - TiR. ± 2% lect</p>	<p>Ultima calibración realizada</p> <p>FECHA SERIAL 09/08/2021 CI-01883</p> <p>con frecuencia de calibración BIANUAL de acuerdo con lo establecido metrologicamente por Conhintec S.A.S. basados en la respuesta periódica de equipo.</p>
 <p>MARCA GilAir Plus</p> <p>SERIAL 2031</p>	<p>Bomba de succión personal GilAir Plus</p> <p>± 5% del caudal establecido según el fabricante entre 20 cc/min a 5000 cc/min</p>	<p>Ultima calibración realizada</p> <p>FECHA SERIAL 30/04/2022 CI-02031</p> <p>con frecuencia de calibración ANUAL de acuerdo con lo establecido metrologicamente por Conhintec S.A.S. basados en la respuesta periódica de equipo.</p>
 <p>MARCA TSI</p> <p>SERIAL 2067</p>	<p>Verificador Digital de Flujo Exactitud ± 2% de la lectura o estándar 0,005. L / min, Rango de Operación = 0.001/min – 20 c/min Calibrador (Dos cuerpos) Display y Modulo de Baterías 1 Tornillos de montaje 4 Mangueras en látex 2 Filtro de entrada 1 Adaptadores y módulo de amortiguación 3 Manual 1</p>	<p>Ultima calibración realizada</p> <p>FECHA SERIAL 28/03/2022 CI-02067</p> <p>con frecuencia de calibración ANUAL de acuerdo con lo establecido metrologicamente por Conhintec S.A.S. basados en la respuesta periódica de equipo.</p>

IMAGEN	DESCRIPCIÓN	DATOS DE VERIFICACIÓN Y/O CALIBRACIÓN
 <p data-bbox="290 560 565 615">Tubo de carbón activado, 100 mg/50mg)</p>	<p data-bbox="683 384 1058 491">El tubo de carbón activado Draeger Safety está desarrollado para una alta capacidad de adsorción de la capa de muestreo.</p>	<p data-bbox="1232 426 1276 449">N/A</p>

6.9 Presupuesto

Tabla 7. Presupuesto

Ítem	Valor unitario	Cantidad	Total
Visita de reconocimiento	50,000	1	50,000
Visita de diagnóstico	150,000	1	150,000
Confort térmico	97,630	5	488,150
Estrés térmico	97,630	5	488,150
Sonometría	29,940	5	149,700
Dosimetría	138,510	5	692,550
Toma de muestra solvente	188,514	3	565,542
Análisis de un solvente	430,000	3	1,290,000
Visita de seguimiento	30,000	3	90,000
Recomendaciones controles	400,000	1	500,000
Elaboración de informe	1,200,000	1	1,200,000
Personal profesional	2,500,000	3	7,500,000
Logística	1,000,000	1	1,000,000
TOTAL			14,164,092

7 Resultados y análisis de resultados

7.1 Visita de reconocimiento – Observación

Se realiza una visita de reconocimiento en la cual se realiza recorrido por los procesos que componen el análisis de sílice mediante difracción de rayos X.

Se realiza mediante descripción verbal por parte de las personas expuestas, un sondeo de las actividades realizadas dentro del proceso de análisis de sílica cristalina por difracción de rayos XRD. Este proceso se divide en fases las cuales son digestar, calcinar, filtrar y el análisis por difracción de rayos X.

Debido a las actividades realizadas en cada proceso, se realiza el análisis que permitió identificar las variables objeto de estudio de la presente investigación, las mediciones a realizar y los posibles controles recomendados para cada uno de los riesgos identificados.

7.2 Visita de diagnóstico y entrevistas

Se realiza visita de diagnóstico con la finalidad de entrar a fondo en los procesos que se realizan, identificar los químicos utilizados, los lugares de trabajo, el modo de trabajo y la percepción que tienen las personas expuestas.

Se explica brevemente por parte de las personas implicadas en el proceso (Analista de laboratorio y auxiliar de laboratorio) el proceso de análisis para así tener un mayor entendimiento de las mediciones realizadas:

Se debe retirar el filtro de PVC de la casetera y colocarlo en el sistema de teniendo cuidado de no perder muestra. Adicionar cuidadosamente el HCl (25 %) con pipeta volumétrica, luego se adiciona cuidadosamente el Isopropanol con pipeta volumétrica. Posterior a esto se lava la muestra con agua destilada medidos en probeta y se realiza el lavado 3 veces. Las cantidades de cada reactivo se encuentran sujetas al método de referencia NIOSH 7500.

Luego se debe apagar el vacío cuando no haya presencia de líquidos en el filtro, llevar el filtro de PVC a un crisol de porcelana y depositarlo en la mufla. Subir la temperatura de la mufla a 800 °C cuando este en este valor, calcinar durante 2 horas y luego apagar la mufla monitoreando el deceso de la temperatura (precaución con las altas temperaturas de trabajo). Retirar el crisol con la ceniza de la mufla cuando la temperatura se encuentre a 150 °C y dejar enfriar hasta temperatura ambiente.

Luego de haber realizado los pasos anteriores, se procede a sonicar y filtrar la muestra, para esto se debe agregar 2 mL de Isopropanol con pipeta volumétrica al crisol y homogenizar. Sellar el crisol de porcelana y colocar en el ultrasonido durante 3 minutos. Preparar el sistema de filtración con el soporte de 25 mm y un filtro de membrana de plata. Filtrar el contenido del crisol a través del filtro de membrana de plata instalado en el sistema de filtración. Lavar el

crisol con aproximadamente 20 mL de isopropanol y transferir los lavados al sistema de filtración. Se debe apagar el vacío cuando el filtro se encuentre completamente seco.

Se retira el filtro del sistema de filtración y se coloca en el porta muestras mientras se realiza la lectura en el DRX y finalmente se realiza la lectura en el DRX.

Durante este proceso se identifican entonces los riesgos objeto de análisis en la presente investigación, los cuales son la exposición a ruido, la exposición al agente químico “Isopropanol” y la exposición a temperaturas.

La población expuesta indica que es consciente de los factores de riesgo a los cuales se encuentran expuestas, sin embargo, no tienen conocimiento de los niveles de exposición, los controles que se deben tener, el uso adecuado de elementos de protección personal y expresan que el uso de muchos EPP’s dificultaría su labor.

7.3 Cuantificación de los riesgos

7.3.1 Ruido

7.3.1.1 Dosimetrías:

Se realizaron 5 dosimetrías, las cuales consisten en muestrear como mínimo el 80% de la jornada, la cual es de 9.5 horas diarias. Para dar cumplimiento, se requiere realizar medición mínimo 456 minutos. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Tabla 8. Puntos dosimetrías – Personas expuestas

N°	Empresa	Área	Zona	Cédula	Nombre empleado	Cargo
1	Conhintec S.A.S	Laboratorio	Difracción	1036626994	Luz Nelly Montoya Rincón	Analista laboratorio
2	Conhintec S.A.S	Laboratorio	Difracción	67008464	María Graciela Urrutia C	Auxiliar laboratorio
3	Conhintec S.A.S	Laboratorio	Difracción	1036626994	Luz Nelly Montoya Rincón	Analista laboratorio
4	Conhintec S.A.S	Laboratorio	Difracción	67008464	María Graciela Urrutia C	Auxiliar laboratorio
5	Conhintec S.A.S	Laboratorio	Difracción	67008464	María Graciela Urrutia C	Auxiliar laboratorio

Se realiza para cada caso el cálculo de la dosis para que esta sea comparada con las categorías de exposición y gestión. Cada cálculo se realiza como se muestra en el ejemplo con la dosimetría 1.

Tiempo permisible acorde al LAV [hora]	
LAV [dBA]	T en alcanzar la dosis [hora]
64,8	131,60

$$T_p = \frac{8}{2^{\left[\frac{(L_{AS}-85)}{5}\right]}}$$

Dosis de exposición [%]	
Tiempo de exposición [hora]	Dosis
9,5	7,2

$$\%D = 100 \times \left(\frac{T_{exp}}{T_p}\right)$$

TWA corregido según dosis [dBA]
66,04

$$TWA = 16.61 \times \log_{10}(D/100) + 85$$

TLV corregido por tiempo de exposición c [dBA]
83,8

$$TLV_c = 5 \times \log_2\left(\frac{8}{T_{exp}}\right) + 85$$

Tabla 9. Resultados dosimetrías

N° dosímetro	Nombre archivo dosímetro	Hora inicio	Hora final	Tiempo Medición (min)	Jornada laboral (h)	Turno	LAVG (dB)	TWA (dB)	Lmáx (dB)	Valor limite permisible (TLV) dB(A)	Dosis (%)
CI-01546	CONH166	9:18	17:34	495,58	9,5	Diurno	64,8	66,04	87,9	83,8	7,22
CI-01231	CONH550	9:17	17:32	494,90	9,5	Diurno	67,4	68,64	90,1	83,8	10,35
CI-01544	CONH13	9:19	17:34	495,22	9,5	Diurno	64,5	65,74	90,9	83,8	6,92
CI-01432	CONH230	9:19	17:34	494,48	9,5	Diurno	67,2	68,44	102,7	83,8	10,07
CI-01988	CONH182	9:16	17:33	497,45	9,5	Diurno	72,3	73,54	106,3	83,8	20,42

7.3.1.1.1 Análisis de resultados Ruido – Dosimetría

Se realiza comparación de los resultados obtenidos en los porcentajes de dosis para saber la categoría en la cual se encuentran. El nivel de exposición obtenido entonces se encuentra en categoría baja y medio. Para lo cual se especifica que deben realizarse procedimientos, entrenamiento y comunicación general de riesgos para la categoría baja y para

la categoría media, comunicación específica del peligro y realizar monitoreo periódico de la exposición.

Tabla 10. Categorías de control de exposición y Gestión - Dosimetría

Categorías de Control de Exposición y Gestión		
SEG categoría de control de exposición		Gestión / Control aplicable
Muy Bajo	0 (<1% del OEL)	Ninguna acción.
Bajo	1 (<10% del OEL)	Procedimientos, entrenamiento y comunicación general de riesgos.
Medio	2 (10-50% del OEL)	Comunicación específica de un peligro, monitoreo periódico de la exposición.
Alto	3 (50-100% del OEL)	Monitoreo de la exposición requerida, inspecciones en el lugar de trabajo para verificar controles de prácticas de trabajo, vigilancia médica y monitoreo biológico.
Muy Alto	4 (>100% del OEL)	Implementar jerarquía de controles, monitoreo para validar la selección del factor de protección.
Critico	5 (>500% del OEL)	Implementar jerarquía de controles y priorizar controles de ingeniería de manera inmediata.

Fuente: A strategy For Assessing and Managing- Occupational Exposures (Fourth Edition) AHIA

7.3.1.2 Sonometría

Se realizaron 5 sonometrías, las cuales consisten en muestrear en tomar una muestra del área a la que se le evaluará la exposición a ruido ocupacional. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Se tomaron 5 puntos diferentes en el área de trabajo, posterior a eso se procede a registrar los datos reportados por el sonómetro como son el valor SPL dB(A) que es el que se refiere al valor que está siendo percibido por el oído humano en el área analizada, el valor SPL dB(Lin) que es el valor bruto que emiten los equipos generadores de ruido y el valor de las diferentes frecuencias durante el tiempo de medición.

Tabla 11. Resultados sonometrías

		ANÁLISIS DE FRECUENCIAS										
EQUIPO UTILIZADO	PUNTO DE MEDICIÓN	SPL DB(A)	SPL Db(Lin)	32	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K
CI-02025	Laboratorio - Zona de análisis de sílice - Difracción XRD	74,20	80,35	33	42,3	56,1	65,94	70,4	69,1	64	55,5	56,3
CI-02025		68,93	74,16	24	37,9	47,1	57,89	63,3	64,5	59,7	56,7	59,5
CI-02025		72,64	77,61	29	40,4	54	63,43	65,7	68,7	64,9	59,5	60,1
CI-02025		71,58	75,6	25	37,5	47	59,68	68,1	67,3	59,8	56,9	55,1
CI-02025		76,05	79,46	28	40,7	50	62,57	72,6	71,6	66,2	59,9	60,2

7.3.1.2.1 Análisis de resultados Ruido – Sonometrías

Se realiza comparación de los resultados obtenidos en SPL dB(A) para saber la categoría en la cual se encuentran. El nivel de exposición obtenido entonces se encuentra en categoría medio en todas las sonometrías. Para lo cual se especifica que deben realizarse comunicación específica del peligro y realizar monitoreo periódico de la exposición.

Tabla 12. Categorías de control de exposición y gestión - 9.5 horas - Sonometría

Categorías de Control de Exposición y Gestión		
9,5 horas		
SEG categoría de control de exposición		Gestión / Control aplicable
Muy Bajo	0 (50,5 del OEL)	Ninguna acción.
Bajo	1 (<67,2 del OEL)	Procedimientos, entrenamiento y comunicación general de riesgos.
Medio	2 (67,2 – 78,8 del OEL)	Comunicación específica de un peligro, monitoreo periódico de la exposición.
Alto	3 (78,8 – 83,8 del OEL)	Monitoreo de la exposición requerida, inspecciones en el lugar de trabajo para verificar controles de prácticas de trabajo, vigilancia médica y monitoreo biológico.
Muy Alto	4 (> 83,8 del OEL)	Implementar jerarquía de controles, monitoreo para validar la selección del factor de protección.
Critico	5 (>95,4 del OEL)	Implementar jerarquía de controles y priorizar controles de ingeniería de manera inmediata.

Fuente: A strategy For Assessing and Managing- Occupational Exposures (Fourth Edition) AHIA

7.3.1.3 Análisis de isopropanol

Se tomaron 3 muestras en tubo de carbón activado las cuales incluyen, un tubo instalado a la auxiliar de laboratorio Maria Graciela Urrutia, un tubo instalado en el área de trabajo de la misma persona y un tubo que se toma como blanco o testigo para garantizar que no hubo contaminación en las muestras.

Se realizó verificación inicial del caudal de la bomba de succión personal, se tomó el error de esta para obtener el caudal real y se tomó por 15 minutos a un caudal menor de 0,200 L/min para garantizar un volumen de muestra entre 0,3 L y 3 L para cumplir con lo requerido por el método NIOSH 1400.

La toma de muestra en persona y área se realizó por 15 minutos para realizar la comparación con STEL, el cual según el libro de TLV tiene un valor permisible de 400 ppm, a este valor se le deben realizar las respectivas correcciones.

Imagen 1. TLV 2 - Propanol (Isopropanol)

TLV®-CS					
Substance [CAS No.] (Documentation date)	ADOPTED VALUES			MW	TLV® Basis
	TWA	STEL	Notations		
Platinum [7440-06-4], and soluble salts (1979)					
Metal	1 mg/m ³	—	—	195.09	Asthma; URT irr
Soluble salts, as Pt	0.002 mg/m ³	—	—	Varies	Asthma; URT irr
Polyvinyl chloride [9002-86-2] (2007)	1 mg/m ³ (R)	—	A4	Varies	Pneumoconiosis; LRT irr; pulm func changes
Portland cement [65997-15-1] (2009)	1 mg/m ³ (E, R)	—	A4	—	Pulm func; resp symptoms; asthma
Potassium hydroxide [1310-58-3] (1992)	—	C 2 mg/m ³	—	56.10	URT, eye, & skin irr
Propane [74-98-6]	See Appendix F: Minimal Oxygen Content (D, EX)			44.10	Asphyxia
Propane sultone [1120-71-4] (1976)	— (L)	—	A3	122.14	Cancer
n-Propanol (n-Propyl alcohol) [71-23-8] (2006)	100 ppm	—	A4	60.09	Eye & URT irr
2-Propanol [67-63-0] (2001)	200 ppm	400 ppm	A4; BEI	60.09	Eye & URT irr; CNS impair
Propargyl alcohol [107-19-7] (1992)	1 ppm	—	Skin	56.06	Eye irr; liver & kidney dam
β-Propiolactone [57-57-8] (1992)	0.5 ppm	—	A3	72.06	Skin cancer; URT irr
Propionaldehyde [123-38-6] (1998)	20 ppm	—	—	58.10	URT irr
Propionic acid [79-09-4] (1977)	10 ppm	—	—	74.08	Eye, skin, & URT irr
Propoxur [114-26-1] (2015)	0.5 mg/m ³ (FV)	—	A3; BEI _C	209.24	Cholinesterase inhib
Propyl acetate isomers [108-21-4; 109-60-4] (2017)	100 ppm	150 ppm	—	102.13	URT & eye irr; CNS impair

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Se presenta el análisis de laboratorio con los datos obtenidos para cada muestra analizada

Imagen 2. Análisis laboratorio Isopropanol

Información de Análisis

Fecha de recepción:	1/11/2022			Cantidad de muestras:	3
N° Custodia:	GC-1036				
ID muestra:	A31206				
Medio de retención:	Tubo adsorbente de carbón activado (100 mg/50 mg)				
Compuesto	Masa	LOQ	U	Método de Análisis	Fecha de Análisis
	<i>µg/tubo</i>				
Isopropanol	1436	1.00	± 57	NIOSH 1501 MOD	15/11/2022
ID muestra:	A30507				
Medio de retención:	Tubo adsorbente de carbón activado (100 mg/50 mg)				
Compuesto	Masa	LOQ	U	Método de Análisis	Fecha de Análisis
	<i>µg/tubo</i>				
Isopropanol	2637	1.00	± 105	NIOSH 1501 MOD	15/11/2022
ID muestra:	A31212				
Medio de retención:	Tubo adsorbente de carbón activado (100 mg/50 mg)				
Compuesto	Masa	LOQ	U	Método de Análisis	Fecha de Análisis
	<i>µg/tubo</i>				
Isopropanol	<LOQ	1.00	N.A	NIOSH 1501 MOD	15/11/2022

Tabla 13. Categorías de control de exposición y gestión – Agente químico

Categorías de Control de Exposición y Gestión		
SEG categoría de control de exposición		Gestión / Control aplicable
Muy Bajo	0 (<1% del OEL)	Ninguna acción.
Bajo	1 (<10% del OEL)	Procedimientos, entrenamiento y comunicación general de riesgos.
Medio	2 (10-50% del OEL)	Comunicación específica de un peligro, monitoreo periódico de la exposición.
Alto	3 (50-100% del OEL)	Monitoreo de la exposición requerida, inspecciones en el lugar de trabajo para verificar controles de prácticas de trabajo, vigilancia médica y monitoreo biológico.
Muy Alto	4 (>100% del OEL)	Implementar jerarquía de controles, monitoreo para validar la selección del factor de protección.

Fuente: A strategy For Assessing and Managing- Occupational Exposures (Fourth Edition) AHIA

Tabla 14. Resultados análisis Isopropanol

Consecutivo	Tipo de medición	Área	Sitio o Zona evaluada	Tipo Muestreo	N° Filtro de Medición	Testigo	Fecha	C.C	Nombre	Cargo ocupado
1	Persona	Laboratorio	Difracción DRX	Exposición	A31206	A31212	26/10/2022	67008464	Maria Graciela Urrutia C	Auxiliar laboratorio
2	Área	Laboratorio	Difracción DRX	Exposición	A30507	A31212	26/10/2022	67008464	Maria Graciela Urrutia C	Auxiliar laboratorio

Consecutivo	Método	N°Bomba	Tiempo medición (min)	Error bomba de succión	Caudal (L/min)	Caudal real (L/min)	Volumen muestreado (L)	Temperatura (°C)	Temperatura (K)	HR %	Presión (mmHg)	Caudal Corregido (L/min)
1	NIOSH 1400	CI-02031	15	0,044	0,241	0,197	2,96	20	293,15	49	646	0,212
2	NIOSH 1400	CI-02031	15	0,034	0,232	0,198	2,97	20	292,95	50	646	0,213

Consecutivo	Jornada laboral (h)	Tipo Jornada	Fc Jornada	TLV (ppm)	MASA MOLECULAR (g/mol)	TLV (mg/m ³)
1	9,5	Diaria	0,763	400	60,09	983,07
2	9,5	Diaria	0,763	400	60,09	983,07

Consecutivo	Peso filtro de medición (µg)	Peso filtro de medición (mg)	Peso filtro Testigo (µg)	Peso filtro Testigo (mg)	Diferencia de pesos (mg)	Volumen (m ³)	Volumen corregido (m ³)	Concentración (mg/m ³)	Concentración estándar (mg/m ³)	IR
1	1436	1,436	LOQ	LOQ	1,436	0,003	0,003	485,956	451,860	46,0%
2	2637	2,637	LOQ	LOQ	2,637	0,003	0,003	887,879	825,865	84,0%

7.3.1.3.1 Análisis de resultados Isopropanol

Si bien el TLV es de 400 ppm, para realizar la comparación por STEL, se debe transformar el TLV en ppm a TLV en mg/m³, por lo tanto, se relaciona entonces la concentración estándar con este valor el cual será de 983,07. Se identifica entonces el índice de riesgo de acuerdo con la tabla 10, siendo este medio para la persona y alto en el área. Se debe entonces para el riesgo medio Comunicación específica de un peligro, monitoreo periódico de la exposición y para el riesgo alto monitoreo de la exposición requerida, inspecciones en el lugar de trabajo para verificar controles de prácticas de trabajo, vigilancia médica y monitoreo.

7.3.1.4 Confort y estrés térmico

Al realizar la visita de reconocimiento y de diagnóstico, se identificaron equipos dentro del área de análisis de sílice que generaban puntos de calor que podían causar estrés y discomfort térmico, estos se socializaron inicialmente y antes de realizar las mediciones fueron retirados del área de trabajo y reubicados de manera tal que permitiera la óptima operación del proceso de análisis y se eliminara la exposición de este riesgo a las trabajadoras. Si bien no se pudo realizar la medición inicial, se eliminó el riesgo de raíz, lo cual fue una acción determinante.

Se realizaron sin embargo las mediciones en el área, para garantizar la eliminación del riesgo y los resultados fueron los siguientes:

Tabla 15. Resultados evaluaciones de confort térmico

Punto de Medición	Tipo de trabajo	VEL. AIRE (fpm)	Tbs (°C)	HR (%)	Observaciones
Área de análisis de sílice – Difracción XRD	Medio	0	23,0	54	Zona de trabajo oficina cerrada sin ventanas que permitan abrirse debido al proceso de análisis, de 4x3 m aproximadamente la zona de análisis y 3x2 m aproximadamente la oficina adjunta donde se realizan labores administrativas, la puerta permanece cerrada. Zona de análisis de muestras de sílice, proceso de sonicación – filtración. Labor esencialmente de análisis y organización de muestras para ser pasadas a lectura mediante difracción. Oficina con aire acondicionado el cual se encuentra en oficina adjunta en la parte trasera de la operación de filtrado. Cerca al puesto de trabajo, la mayoría de las veces a 23°C condición con la que se realiza la medición y la puerta permanece cerrada.
		0	24,0	49	
		0	23,0	50	
		0	23,0	53	
		0	23,0	52	

7.3.1.4.1 Análisis de resultados confort térmico

De las 5 mediciones realizadas, el rango de valores estuvo entre 23°C y 24°C, los cuales se encuentran levemente por encima del valor de temperatura límite para confort térmico.

Las humedades relativas reportadas, oscilaron entre 49% y 54%, encontrándose estas dentro de los rangos permisibles.

Por su parte la velocidad del aire no reporta valores dado que, debido a las condiciones del proceso, no puede haber corrientes de aire ya que pueden causar contaminación por fibras o cualquier partícula que no sea parte de la muestra.

Si bien los valores de temperatura sobrepasan un poco, se debe a las mismas condiciones establecidas por las personas que allí trabajan y porque manifiestan que en esta temperatura se sienten cómodas laborando. La temperatura puede ser controlada por ellas en el momento que lo prefieran.

También es importante resaltar que el trabajo físico tiende a ser ligero, pero que no se acogió esta comparación debido a que el trabajo se realiza de pie.

Tabla 16. Valores óptimos de temperatura, humedad y velocidad del aire según el tipo de trabajo. Norma LEST (francés)

Tipo de trabajo Ejecutado	Temperatura Óptima (°C)	Grado de Humedad (%)	Velocidad del aire (fpm)
Trabajo intelectual o Trabajo físico ligero en Posición sentada	18 a 24	40 a 70	19.7
Trabajo medio en posición de pie	17 a 22	40 a 70	19,68 a 39,36
Trabajo duro	15 a 22	30 a 65	78,72 a 98
Trabajo muy duro	12 a 18	20 a 60	196,8 a 295

Tabla 17. Criterios de protección para la exposición a estrés térmico

Asignación del trabajo	TLV (WBGT Valores en °C)				Límite de Acción (WBGT Valores en °C)			
	Ligero	Moderado	Pesado	Muy pesado	Ligero	Moderado	Pesado	Muy pesado
75 a 100 %	31.0	28.0	-	-	28.0	25.0	-	-
50 a 75%	31.0	29.0	27.5	-	28.5	26.0	24.0	-
25 a 50%	32.0	30.0	29.0	28.0	29.5	27.0	25.5	24.5
0 a 25%	32.5	31.5	30.5	30.0	30.0	29.0	28.0	27.0

Tabla 18. Resultados evaluaciones de estrés térmico

Punto Evaluado	Tbs (°C)	Tbh (°C)	Tg (°C)	WBGT (°C)	Humedad (%)	Velocidad aire (fpm)	Tipo trabajo	Régimen de Trabajo Descanso
Área de análisis de sílice – Difracción XRD	23	17,9	22,8	19,3	54	0	Moderado	75 a 100%
	24	18,5	23,5	20,0	49	0	Moderado	
	23	18,2	23,1	19,8	50	0	Moderado	
	23	18,1	23,0	19,8	53	0	Moderado	

Punto Evaluado	Tbs (°C)	Tbh (°C)	Tg (°C)	WBGT (°C)	Humedad (%)	Velocidad aire (fpm)	Tipo trabajo	Régimen de Trabajo Descanso
	23	17,8	22,9	19,3	52	0	Moderado	
Observaciones	<p>Zona de trabajo oficina cerrada sin ventanas que permitan abrirse debido al proceso de análisis, de 4x3 m aproximadamente la zona de análisis y 3x2 m aproximadamente la oficina adjunta donde se realizan labores administrativas, la puerta permanece cerrada.</p> <p>Zona de análisis de muestras de sílice, proceso de sonicación – filtración. Labor esencialmente de análisis y organización de muestras para ser pasadas a lectura mediante difracción. Oficina con aire acondicionado el cual se encuentra en oficina adjunta en la parte trasera de la operación de filtrado. Cerca al puesto de trabajo, la mayoría de las veces a 23°C condición con la que se realiza la medición y la puerta permanece cerrada.</p>							

Tabla 19. Estrés térmico WBGT Calculado

HUMEDAD (%) RH	VEL (m/s)	TBS (°C) DRY	TBH (°C) WET	TG (°C) GLOBE	WBGT reportado (°C)	WBGT calculado (°C)
54	0,00001	23,00	17,90	22,80	19,30	19,37
49	0,00001	24,00	18,50	23,50	20,00	20,00
50	0,00001	23,00	18,20	23,10	19,80	19,67
53	0,00001	23,00	18,10	23,00	19,80	19,57
52	0,00001	23,00	17,80	22,90	19,30	19,33

Tabla 20. Categorías de control de exposición y gestión estrés térmico

Categorías de Control de Exposición y Gestión		
SEG categoría de control de exposición a temperaturas		Gestión / Control aplicable
Muy Bajo	100% (más de 60 minutos)	Ninguna acción
Bajo	75% - 100% (entre 45 a 60 minutos por hora de trabajo)	Procedimientos, entrenamiento y comunicación general de riesgos
Medio	50% - 75% (entre 30 a 45 minutos por hora de trabajo)	Comunicación específica de un peligro, monitoreo periódico de la exposición
Alto	25% - 50% (entre 15 a 30 minutos por hora de trabajo)	Monitoreo de la exposición requerida, inspecciones en el lugar de trabajo para verificar controles de prácticas de trabajo, vigilancia médica y monitoreo biológico
Muy Alto	0% - 25% (menor a 15 minutos)	Implementar jerarquía de controles, monitoreo para validar la selección del factor de protección

7.3.1.4.2 Análisis de resultados Estrés térmico

De acuerdo con los resultados arrojados, las nuevas condiciones presentan un riesgo entra bajo y muy bajo, aunque no se encuentra un riesgo en la zona de trabajo, debe haber una comunicación general de riesgos y continuar con las buenas prácticas. La vestimenta de las colaboradoras es adecuada (uniformes de laboratorio y bata).

Las humedades relativas reportadas, oscilaron entre (49% y 54%), lo que indica que estos valores se encuentran dentro del rango sugerido por la norma. 40 y 70%.

8 Conclusiones

Del total de mediciones de dosimetrías realizadas, el 40% reportó exposición baja y el 60% reportó exposición media. Teniendo en cuenta los resultados de las mediciones se pudo observar en general que las áreas objeto de medición, cumplen con los valores promedio establecidos por el TLV, sin embargo, aunque los valores se encuentran por debajo del límite, sí se presenta un riesgo para el cual se deben tomar medidas de acción correctivas donde los niveles se encuentran entre el 10% y 50% de los niveles de exposición ocupacional (riesgo medio) y realizar monitoreos periódicos para tener control de los niveles de exposición.

Del total de mediciones de sonometrías, el 100% reportó exposición media, observando que los valores se encontraban entre 67,2 dB y 78,8 dB, se debe realizar por lo tanto control en el área de trabajo informando los riesgos a las personas expuestas y realizando monitoreo periódico para verificar las condiciones y asegurar que los niveles de ruido no aumenten.

En la medición realizada para determinar la concentración de isopropanol presente en el ambiente se encontraron dos condiciones, la primera realizada directamente a la persona expuesta, arrojó un índice de riesgo del 46% el cual es un riesgo medio y una segunda condición donde se reportó en el área de trabajo un índice de riesgo del 84% el cual es un riesgo alto.

Los puntos evaluados en el área de análisis de sílice cristalina por difracción de rayos X, reportaron el 100% de los datos valores superiores en comparación con los rangos para confort térmico, siendo esta temperatura definida por las colaboradoras y no impuesta por el proceso.

De acuerdo con los datos obtenidos en las mediciones de estrés térmico, en los puestos de trabajo evaluados se permite la labor durante la jornada completa.

9 Recomendaciones

Se recomienda disminuir el tiempo de exposición de los trabajadores y en caso de requerir que sea un proceso continuo, realizar rotación del personal.

Se recomienda determinar una periodicidad de monitoreo para los diferentes riesgos evaluados y así velar por el control del factor de riesgo y evitar que en caso de que este aumente no haya controles operacionales.

Se recomienda hacer uso de elementos de protección personal tales como protección auditiva para minimizar la exposición a ruido y media máscara con filtros adecuados para el control del contaminante 2-propanol: Isopropanol.

Se recomienda hacer inspecciones en el lugar de trabajo para verificar controles de prácticas de trabajo, vigilancia médica, formación y capacitación relacionada con los riesgos asociados.

Se recomienda adecuar los espacios de trabajo y separar áreas para evitar la exposición a los riesgos a personas que pueden evitarlo.

Se recomienda disminuir aproximadamente 2°C la temperatura para encontrarse en los valores permisibles para los rangos de confort térmico.

Se recomienda implementar el programa de calidad del aire que incluya procedimientos específicos de encendido y apagado del aire, realizar inspecciones y pruebas de funcionamiento de manera periódica e implementar un programa de mantenimiento preventivo, el cual deberá estar por escrito y ser de estricto cumplimiento.

Verificar que las ventanas y puertas se encuentren totalmente selladas cuando el aire acondicionado se encuentre en funcionamiento, con el fin de preservar las condiciones de temperatura y humedad dentro de las oficinas.

Continuar con el programa de estilos de vida saludable, peso corporal ideal y balance electrolítico adecuado, mantener hidratación constante y estimular el consumo constante de líquidos.

Las condiciones de temperatura deben ser evaluadas nuevamente en caso de que se realicen cambios en los procesos o áreas que puedan aumentar las condiciones de temperatura.

10 Referencias Bibliográficas

(Inche, J., Andía, Y., Huamanchumo, H., López, M., Vizcarra, J., & Flores, G. (2003). (s.f.).

Paradigma cuantitativo: un enfoque empírico y analítico. *Industrial data*, 6(1), 23-37.).

(Ramos, C. A. (2015). (s.f.). Los paradigmas de la investigación científica. *Avances En Psicología*, 23(1), 9–17.

Alvear , C. (2015). Validación de métodos para la determinación del nivel de exposición al ruido e iluminación en el trabajo. *QUITO UCE*, 186-187. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/6053>

arlsura. (2022). *www.arlsura.com*. Obtenido de El clima, la iluminación y el ruido en el lugar de trabajo: <https://www.arlsura.com/index.php/component/content/article?id=784:-sp-11309#:~:text=Existen%20m%C3%A9todos%20para%20medir%20la,mide%20la%20velocidad%20del%20aire>.

Barrera , S., & Abigail, E. (2020). Diseño de un manual de seguridad, riesgos y procedimientos para los laboratorios de la Carrera de Física: técnicas nucleares y óptica. *DSPACE ESPOCH*. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/14298/1/86T00100.pdf>

Barreto, V. (2020). Diseño de protocolo de manipulación y almacenamiento de reactivos químicos utilizados en la sede Bosa Porvenir de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. *Biblioteca UDFJC*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11349/25287>

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES. (2012). control de la exposición (I). Programa de medidas técnicas o de organización . GOBIERNO DE ESPAÑA.

COMISIÓN DE HIGIENE Y SEGURIDAD EN EL MEDIO AMBIENTE DE TRABAJO . (2018). RUIDO OCUPACIONAL. *Cepetel*, 4.

CONGRESO DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA Ley 1562 . (julio de 2012). Obtenido de <https://secretariageneral.gov.co/transparencia/marco-legal/normatividad/ley-1562-2012>

DECRETO NÚMERO 1072 DE 2015. (s.f.). Obtenido de <https://www.mintrabajo.gov.co/documents/20147/0/DUR+1072+Sector+Trabajo+Actualizado+a+Diciembre+20+de+2021.pdf/f1f86400-2b37-0582-5557-87a5d3ea8227?t=1640204850717>

Der Parsehian, S., Buchta, C., Collins, P., Briozzo, G., Perego, M., S, G. &., & Brunstein, L. (2004). Relevamiento de riesgos químicos en un laboratorio de análisis bioquímico. *Revista del Hospital Materno Infantil Ramón Sardá*, 23(3), 126-132. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/912/91223308.pdf>

Directrices TLV/BE. (2022). Obtenido de <https://www.acgih.org/science/tlv-bei-guidelines/>

Ecodes. (28 de Noviembre de 2005). *Ecodes* . Obtenido de Efectos de la contaminación acústica sobre la salud: <http://ecodes.org/noticias/efectos-de-la-contaminacion-acustica-sobre-la-salud#.WJjiEIPhCpo>

essalud. (Mayo 2014). Exposición de trabajadores a sustancias químicas Peligrosas . *Boletín EsSalud* , 6.

FACULTAD INGENIERIA INDUSTRIAL LABORATORIO DE PRODUCCION . (2008).
TEMPERATURA PROTOCOLO. 5-7.

Gómez , M., Ibáñez , M., Escrig, A., Pou, A., Freixa, A., Gadea, E., . . . Elvira, J. (s.f.). Grupo de trabajo para la mejora de la evaluación de la exposición a sílice cristalina respirable. *Qualicer'10*, 1-4. Obtenido de <https://www.qualicer.org/recopilatorio/ponencias/pdfs/2010028.pdf>

Gómez, M., Zumaquero, E., Escrig, A., Monfort, E., Salomoni, E., & Cremonini, F. (2008). Determinación por DRX de sílice cristalina respirable en muestras ambientales. *Qualicer*, 169-172. Obtenido de <https://www.qualicer.org/recopilatorio/ponencias/pdfs/0832330s.pdf>

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). (2017). Gestión de la prevención de riesgos laborales (II). España.

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (2003). Medidas preventivas en laboratorios de investigación. GOBIERNO DE ESPAÑA.

Instituto Nacional de Seguridad, S. y. (2018). *Competencias, talento y condiciones de trabajo*. Obtenido de https://www.insst.es/documents/94886/566858/ntp_1121w.pdf/7d3d680f-922c-4744-a753-f4c54983a7bb?version=1.0&t=1614697909789.

ISO - Acústica 9612 . (2009). Obtenido de file:///C:/Users/hlaverde/Downloads/EXT_hmn7VxtdBCNis6iqvnmk.pdf

Jurado, J. (2018). Diagnóstico de los factores de riesgos físicos, mecánicos, químicos, biológicos, ergonómicos, psicosociales y propuestas de un plan de mejora en la facultad de ingeniería química de la universidad central del ecuador. *QUITO UCE*, 9-20. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/15703>

Lastra, D. S. (27 de Abril de 2016). HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD ISOPROPANOL. <https://ciemto.medicinaudea.co/system/comfy/cms/files/files/000/000/561/original/38-ISOPROPANOL.pdf>. Medellín: CIEMTO.

Meza Cascante, L. G. (2015. (s.f.). *El paradigma positivista y la concepción dialéctica del conocimiento Revista Digital: Matemática, Educación E Internet*, 4(2). Obtenido de <https://doi.org/10.18845/rdmei.v4i2.2296>

Ministerio de Salud Resolucion 8321. (1983). Obtenido de <https://www.cornare.gov.co/SIAR/aire/RUIDO/NORMATIVA/Resolucion-8321-1983.pdf>

MINISTERIO DE SALUD DEL PERÚ DIRECCION GENERAL DE SALUD AMBIENTAL
DIRECCIÓN DE SALUD OCUPACIONAL. (2008). "RUIDO OCUPACIONAL.

Mondelo, P., Torada, E., Úriz, S., Vilella, E., & Lacambra, E. (2001). *Ergonomía 2 confort y estrés térmico*. Barcelona, España: Ediciones UPC. Obtenido de

https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=dEFpBgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP2&dq=estr%C3%A9s+termico+en+laboratorios&ots=5PjWP_aaeM&sig=iXaK0TbOjEtM9ycewNoMf2YDg60#v=onepage&q=estr%C3%A9s%20termico%20en%20laboratorios&f=false

Moreno, A., & Sandoval, T. (2019). Evaluación de riesgos laborales en los laboratorios de la facultad de ingeniería en geología, minas, petróleos y ambiental de la universidad central del Ecuador. *Dspace universidad Central del Ecuador*, 31-35. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/20284>

NIOSH. (15 de March de 2003). SILICA, CRYSTALLINE, by XRD.

NORMA INTERNACIONAL 17025. (2005). Obtenido de

<http://integra.cimav.edu.mx/intranet/data/files/calidad/documentos/externos/ISO-IEC-17025-2005.pdf>

Portugal Cano, Y. (2018). Diseño de un sistema en gestión de seguridad y salud ocupacional para prevención de accidentes en el laboratorio de control de calidad de la facultad de ingeniería química de la UNA-PUNO. *Universidad Nacional del Altiplano*. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/9812>

Q. Marcela González González. Sección Laboratorio Toxicología Ocupacional. (Septiembre de 2016). *EXPOSICIÓN LABORAL A SÍLICE LIBRE*. Obtenido de

<https://www.ispch.cl/sites/default/files/Nota%20T%C3%A9cnica%20N%C2%B0%2039%20Exposici%C3%B3n%20Laboral%20a%20S%C3%ADlice%20Libre%20Cristalina.pdf>

RESOLUCION 1792 DE 1990. (s.f.). Obtenido de

https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion_minsalud_r1792_90.htm#:~:text=Por%20la%20cual%20se%20adoptan,la%20exposici%C3%B3n%20ocupacional%20al%20ruido.&text=CONSIDERANDO%3A,para%20la%20exposici%C3%B3n%20a%20ruido.

Resolución 2400 de 1979. (s.f.).

Ribeiro, S. (2020). Vigilancia de la salud del trabajador: un estudio sobre calidad de vida y efectos extra-auditivos en trabajadores de laboratorios químicos de una industria petrolífera en la ciudad de río de Janeiro. *Universidad de ciencias empresariales y sociales*. Obtenido de http://dspace.uces.edu.ar:8180/jspui/bitstream/123456789/6092/1/Ribeiro%20de%20Sant%E2%80%99Ana_Vigilancia.pdf

Ribeiro, S. (2020). Vigilancia de la salud del trabajador: un estudio sobre calidad de vida y efectos extra-auditivos en trabajadores de laboratorios químicos de una industria petrolífera en la ciudad de río de Janeiro.

Riesgos laborales. (2017). *saludlaboral*. Obtenido de <https://riesgoslaborales.saludlaboral.org/wp-content/uploads/2017/02/temp.pdf>

Roberto Hernández Sampieri, Carlos Fernández - Collado y Pilar Baptista Lucio. (2006). *Metodología de la Investigación. Cuarta edición*. México: Mc Graw Hill.

Sustancias Tóxicas y Peligrosas 1910. (s.f.). Obtenido de <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.1000>

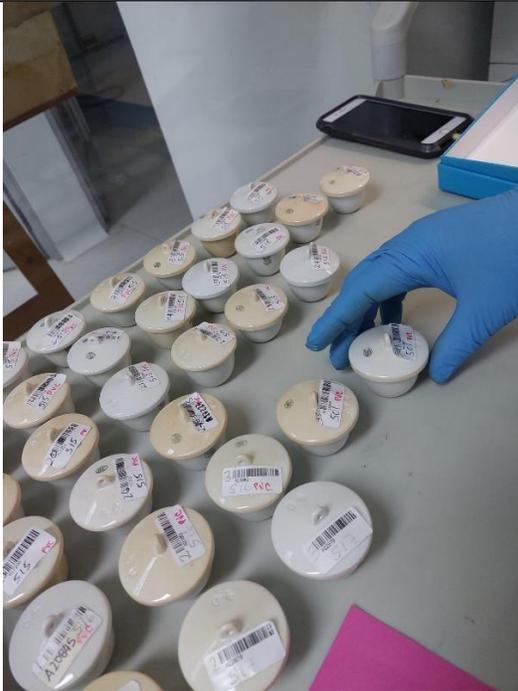
Z., W. (2005). Riesgos en los laboratorios: consideraciones para su prevención. *Higiene y Sanidad Ambiental*, 5, 132-137. Obtenido de [https://saludpublica.ugr.es/sites/dpto/spublica/public/inline-files/bc51015882abc06_Hig.Sanid_.Ambient.5.132-137\(2005\).pdf](https://saludpublica.ugr.es/sites/dpto/spublica/public/inline-files/bc51015882abc06_Hig.Sanid_.Ambient.5.132-137(2005).pdf)

ANEXO 1. Registro fotográfico

Proceso: Digestar



Proceso: Calcinación



Proceso: Sonicar



Proceso: Filtración



Proceso: Difracción XRD



Medición: Verificación equipos



Proceso: Medición contaminantes objeto de estudio



Proceso: Medición contaminantes objeto de estudio



Equipos y muestras



Equipos y muestras



Equipos y muestras

