



**APP de Medición de Riesgos Bioquímicos en la Industria: Una Revisión Sistemática de  
Aplicaciones Móviles**

**Marco David Ardila Cárdenas**

**Deisy Katerine Gutiérrez Rodríguez**

**Leidy Diana Martínez Laython**

**Corporación Universitaria Minuto de Dios**

**Rectoría Santanderes / Centro Regional Bucaramanga**

**Especialización en Gerencia en Riesgos Laborales, Seguridad y Salud en el Trabajo**

**Mayo de 2024**

**APP de Medición de Riesgos Bioquímicos en la Industria: Una Revisión Sistemática de  
Aplicaciones Móviles**

**Marco David Ardila Cárdenas**

**Deisy Katerine Gutiérrez Rodríguez**

**Leidy Diana Martínez Laython**

**Trabajo de Grado Presentado como Requisito para Optar al Título de Especialista en  
Gerencia en Riesgos Laborales, Seguridad y Salud en el Trabajo**

**Asesor(es):**

**Yohanna Milena Rueda Mahecha**

**Magíster en Educación**

**Julio Cesar Barón Rueda**

**Magíster en Dirección Estratégica**

**Corporación Universitaria Minuto de Dios**

**Rectoría Santanderes / Centro Regional Bucaramanga**

**Especialización en Gerencia en Riesgos Laborales, Seguridad y Salud en el Trabajo**

**Mayo de 2024**

### **Dedicatoria**

Dedicamos este trabajo de grado a:

Dios, fuente infinita de luz, sabiduría y amor.

Nuestras familias e hijos por toda la colaboración brindada, por el afecto y el apoyo en la consecución de nuestras metas.

Marco David Ardila

Deisy Katerine Gutiérrez

Leidy Diana Martínez

### **Agradecimientos**

A la Corporación Universitaria MINUTO DE DIOS UNIMINUTO, por la formación brindada.

A todas las personas que de una manera u otra colaboraron para el desarrollo de este proyecto de grado.

Marco David Ardila

Deisy Katerine Gutiérrez

Leidy Diana Martínez

**Tabla de Contenido**

	<b>Pág.</b>
Resumen.....	9
Abstract.....	10
Introducción .....	11
1. Justificación.....	12
2. Descripción del Problema.....	15
2.1 Planteamiento del Problema.....	15
2.2 Formulación de Investigación.....	18
3. Objetivos.....	19
3.1 Objetivo general .....	19
3.2 Objetivos específicos.....	19
4. Marco Referencial.....	19
4.1 Estado del Arte .....	19
4.2 Marco Teórico .....	28
4.3 Marco Conceptual .....	42
4.4 Marco Legal .....	45
5. Metodología .....	49
5.1 Tipo de Investigación .....	49
5.2 Enfoque de la Investigación .....	50

APP DE MEDICIÓN DE RIESGOS BIOQUÍMICOS EN LA INDUSTRIA	6
5.3 Diseño de la Investigación .....	50
5.3.1 Fases .....	51
5.4 Propósito.....	52
5.5 Población.....	52
5.6 Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Información .....	53
5.7 Técnicas de Análisis de la Información .....	53
6. Presupuesto .....	53
7. Cronograma de Actividades.....	54
8. Desarrollo de los Objetivos.....	54
8.1 Identificación de las Aplicaciones Móviles más utilizadas para la Medición de Riesgos Bioquímicos en la Industria .....	54
8.2 Contrastación de aplicaciones móviles versus herramientas de medición tradicional del Riesgo Bioquímico.....	68
8.3 Diseño de un entregable con las oportunidades de mejora identificadas en cada ..... metodología (móvil vs tradicional).....	78
9. Conclusiones.....	81
10. Recomendaciones .....	83
Referencias bibliográficas.....	84

**Lista de Tablas**

	<b>Pág.</b>
Tabla 1 <i>Toxicidad de los agentes químicos</i> .....	31
Tabla 2 <i>Presupuesto</i> .....	53
Tabla 3 <i>Cronograma de Actividades</i> .....	54
Tabla 4 <i>Contrastación de las Aplicaciones Móviles versus Herramientas de Medición Tradicional de Riesgo Bioquímico</i> .....	76

**Lista de Figuras**

	<b>Pág.</b>
Figura 1 <i>Componentes de un triángulo de seguridad</i> .....	38
Figura 2 <i>Pirámide de accidentes definida por Bird</i> .....	39
Figura 3 <i>Pirámide de accidentes definida en 2003 a partir del estudio en Conoco-Phillips</i> .....	41
Figura 4 <i>CAMEO Chemical de apoyo frente a emergencias químicas</i> .....	56
Figura 5 <i>Aplicación móvil ADR TOOL 2021</i> .....	58
Figura 6 <i>Aplicación móvil ERG 2020</i> .....	59
Figura 7 <i>Aplicación móvil WISER</i> .....	62
Figura 8 <i>Aplicación móvil Chemical Safety Data Sheet – ICSC</i> .....	63
Figura 9 <i>Aplicación móvil WHO RAST</i> .....	64
Figura 10 <i>Aplicación móvil RSS Chemicals</i> .....	66
Figura 11 <i>Aplicación móvil NIOSH Mobile Pocket Guide</i> .....	67

### **Resumen**

Trabajo de grado que tuvo como objetivo realizar una revisión sistemática sobre aplicaciones móviles utilizadas para la medición de riesgos bioquímicos en la industria. El tema es relevante en la salud y seguridad en el trabajo, donde deben realizarse acciones para conocer y manejar los riesgos ocupacionales asociados a indicadores bioquímicos, donde la vigilancia y el monitoreo permiten la identificación de causas asociadas a un mayor riesgo de accidentes y enfermedades. En este proceso de vigilancia y medición las aplicaciones móviles son muy útiles. A nivel metodológico se realizó una revisión de literatura científica en bases de datos y repositorios como Google Académico, Scielo, Redalyc, Medline, utilizando las etiquetas: “Aplicaciones móviles”, “Riesgo Bioquímico”, “Medición”.

**Palabras Clave:** Salud y Seguridad en el Trabajo, Riesgo Bioquímico, Aplicaciones Móviles, Medición.

### **Abstract**

The objective of this graduate work was to perform a systematic review of mobile applications used for the measurement of biochemical risks in the industry. The topic is relevant in occupational health and safety, where actions must be taken to know and manage occupational risks associated with biochemical indicators, where surveillance and monitoring allow the identification of causes associated with increased risk of accidents and diseases. In this surveillance and measurement process, mobile applications are very useful. At the methodological level, a review of scientific literature was carried out in databases and repositories such as Google Scholar, Scielo, Redalyc, Medline, using the tags: "Mobile applications", "Biochemical risk", "Measurement".

**Keywords:** Health and Safety at Work, Biochemical Risk, Mobile Applications, Measurement.

## Introducción

El presente proyecto de grado tiene como objetivo profundizar en el estado del arte de las aplicaciones móviles utilizadas para la medición de riesgos bioquímicos en la industria. Esta temática se inscribe dentro de lo que la Organización Mundial de la Salud (OMS) denomina “sanidad móvil”, definida como la práctica de la medicina y la prestación de servicios sanitarios mediante aplicaciones móviles como teléfonos, dispositivos de seguimiento de pacientes, asistentes digitales, personales y otros dispositivos inalámbricos (OMS, 2016). La abreviación de “salud móvil” es MHealth, término que se utiliza para hacer referencia a la práctica de la medicina y la salud pública con apoyo de los dispositivos móviles (Biso, 2019).

Desde esta perspectiva se proponen tres (3) objetivos específicos a saber: analizar el estado del arte de las aplicaciones móviles utilizadas para la medición del riesgo bioquímico, caracterizando ventajas y desventajas; contrastar las aplicaciones móviles vs las herramientas de medición tradicional de riesgo bioquímico y diseñar un entregable con las oportunidades de mejora identificadas en cada metodología (móvil-tradicional). A nivel metodológico se realizó una revisión de literatura científica en bases de datos y repositorios institucionales, entre ellas: Google académico, Scielo, Redalyc, Medline, Scopus, entre otros. Las etiquetas de búsqueda fueron “Riesgo Bioquímico”, “Aplicaciones Móviles”, “Medición de Riesgo Bioquímico”.

El trabajo es pertinente porque cada día se hace más intensivo el uso de tecnologías en el campo de la salud, para la medición de variables y seguimiento de la evolución de un paciente en el área de la salud y seguridad en el trabajo. El presente trabajo se estructura en cinco (5) capítulos, el primer capítulo comprende aspectos generales (problema, objetivos, justificación); el segundo capítulo presenta el marco de referencias, el tercer capítulo, describe los aspectos

metodológicos; el cuarto capítulo desarrolla los objetivos específicos, el quinto capítulo presenta las conclusiones y recomendaciones pertinentes.

### **1. Justificación**

En la actualidad, muchas empresas utilizan materiales peligrosos y los empleados están comprendiendo que necesitan aprender y entender más sobre los riesgos para la salud asociados a las sustancias químicas y/o tóxicas que utilizan o a las que pueden estar expuestos mientras están en sus lugares de trabajo. Por ello, toda empresa, independientemente de la industria que desarrolle, cuyas operaciones tengan el potencial de alterar, extraer, concentrar, procesar o manipular materiales tóxicos o utilizar sustancias químicas peligrosas debe identificar, evaluar y controlar la exposición de los empleados y los efectos de estos peligros (Pertuz, *et al.*, 2022). En este sentido, algunos procesos que se desarrollan en las actividades industriales pueden concentrar contaminantes no deseados. Por ende, los riesgos y contaminantes peligrosos deben medirse y analizarse a lo largo de todo el proceso para identificar si los empleados pudieran estar expuestos a concentraciones elevadas.

La exposición puede producirse por inhalación, ingestión (de alimentos o bebidas contaminantes) o absorción a través de la piel. Dado que las vías más comunes de exposición ocupacional se producen a través del sistema respiratorio, dérmico, ocular y digestivo, la evaluación y medición del riesgo de exposición suele realizarse dentro de la zona laboral del trabajador (Agencia de Sustancias Tóxicas y el Riesgo de Enfermedades [ATSDR], 2019).

Por su parte, los requisitos para reducir los peligros relacionados con la exposición y/o uso de sustancias químicas o productos en áreas relacionadas con su trabajo están establecidos en la legislación colombiana vigente. Las empresas de las diferentes industrias del país almacenan, reciben, entregan, manipulan y clasifican una amplia gama de sustancias químicas como parte

del cumplimiento de sus procesos. Estas sustancias pueden representar un riesgo para la salud, la seguridad y el medio ambiente de los trabajadores debido a su composición, tiempo de exposición y condiciones generales de uso (Gómez, 2017).

Desde esta perspectiva, a la fecha existen diferentes métodos para medir, controlar, monitorear y vigilar a los trabajadores que se encuentran expuestos a riesgos bioquímicos que buscan garantizar su seguridad y la salud, estas estrategias están alineadas, por lo general, a la gestión de prevención de riesgos ocupacionales y, por su puesto, partiendo de lo establecido por la legislación nacional relacionada con el uso o exposición de sustancias químicas o productos que representen cualquier riesgo para la salud o la vida del trabajador.

Aunado a esto, al ser la salud y seguridad en el trabajo un campo dedicado a la previsión, el reconocimiento, la evaluación y el control de factores o tensiones que surgen en el lugar de trabajo. La aplicación de la tecnología se considera un enfoque eficaz para mejorar las condiciones de salud y seguridad de los empleados y garantizar la gestión de la salud y la seguridad en general (Tropiano & Noguera, 2020). El desarrollo y la investigación está orientada hacia el manejo de la tecnología (aplicaciones móviles) y, por ende, incluyen los avances tecnológicos emergentes. Estas incluyen la robótica, nanotecnología, inteligencia artificial y realidad virtual, se distinguen por su extrema innovación, consistencia, rápida expansión, protagonismo y su ambigüedad e incertidumbre.

En simetría, las tecnologías emergentes en salud y seguridad en el trabajo son aquellas innovaciones técnicas que representan desarrollos progresivos dentro de los diferentes campos de la salud y seguridad en el trabajo (desde el punto de vista de los agentes peligrosos como los químicos, físicos, biológicos, ergonómicos y de seguridad) en diferentes fases de la gestión de riesgos incluyendo la identificación, evaluación y control de los riesgos (Confederación Regional

de Organizaciones Empresariales, 2018). Estas tecnologías presentan tanto posibilidades como retos para la salud y la seguridad de los trabajadores y, pueden ofrecer una solución duradera al problema de la salud y seguridad ocupacional. Sin embargo, existen riesgos relacionados con estas tecnologías que resulta necesario comprender y prevenir.

En consecuencia, el objetivo de esta investigación es analizar el estado del arte a través de una revisión de la literatura científica, sobre aplicaciones móviles que puedan servir para la detección y mitigación de los riesgos, las experiencias, los casos aplicados y las lecciones aprendidas sobre este tema reportadas en artículos de revistas especializadas, en la que se involucran las tecnologías emergentes y sus aplicaciones prácticas en la previsión, reconocimiento, evaluación, medición y control de los agentes peligrosos, incluidos los químicos, biológicos y de seguridad en el lugar de trabajo. Además, se elige este tema de investigación porque se considera importante detectar y medir los riesgos bioquímicos que se producen en una industria en tiempo real, de modo que puedan ser afrontados y mitigados para evitar peligros mayores y pérdidas de vida.

Además, se considera relevante abordar el tema propuesto en el presente proyecto, dado que el campo de las aplicaciones que miden los riesgos bioquímicos en trabajadores de la industria se caracteriza por una escasa base de estudios y no hay efectos claros, asimismo, las investigaciones existentes apuntan a los posibles beneficios del uso de aplicaciones en los contextos de salud y seguridad en el trabajo. Sin embargo, se necesitan más estudios para confirmar los resultados.

En este sentido, este proyecto nace de la necesidad de estudiar la investigación sobre la medición de riesgos bioquímicos a través de las aplicaciones móviles debido al crecimiento de la importancia de la salud y seguridad en el trabajo, a los avances en las tecnologías digitales como

principal agente de cambio para el apoyo humano y los factores organizativos y a las pocas investigaciones científicas desarrolladas relacionadas con el tema propuesto. Por lo tanto, es importante examinar científicamente este campo.

## **2. Descripción del Problema**

### **2.1 Planteamiento del Problema**

Los riesgos físicos, químicos y biológicos siguen representando una proporción sustancial de las enfermedades y muertes relacionadas con el trabajo a nivel mundial. Con frecuencia, estos riesgos están asociados a enfermedades crónicas como el cáncer, las alergias y los trastornos musculoesqueléticos, cuya patogénesis implica en la mayoría de los casos largos periodos de exposición. El síndrome de disfunción reactiva de las vías respiratorias, un trastorno similar al asma puede ser provocado por un único episodio de exposición grave a una sustancia irritante; por ejemplo, una exposición prolongada al dióxido de nitrógeno o al cloro puede generar este efecto (Organización Internacional del Trabajo [OIT], 2011).

Por su parte, las instalaciones industriales, son una de las principales fuentes de contaminantes atmosféricos peligrosos, así como las emisiones generadas por el sector transporte y, esta condición socioambiental repercute negativamente en la salud de los trabajadores. La identificación de las condiciones antes mencionadas es clave para la evaluación y reconocimiento de las características ocupacionales que tienen o pueden tener un impacto positivo o negativo en el proceso de salud-enfermedad de los diferentes tipos de trabajadores.

Sin embargo, muchos efectos sobre la salud pueden derivarse de exposiciones menores que se producen de forma repetida o sostenida (Marin & Gonzalez, 2021). Por tanto, al considerar la exposición, a menudo es necesario tener en cuenta la duración de cada periodo de esta y el nivel de exposición. En este sentido, los trabajadores pueden estar expuestos a

cantidades peligrosas de algunos compuestos durante muchos años sin experimentar ningún síntoma de enfermedad, incluyendo enfermedades crónicas como el cáncer y enfermedades pulmonares. Cuando aparecen los síntomas, ya se han producido daños irreversibles (Vásquez, *et al*, 2022).

Dentro de las sustancias que se consideran peligrosas se encuentran los líquidos, los gases y los sólidos al contener minerales perjudiciales para la salud humana. Este es el caso, en particular, de los nanomateriales (y nanopartículas) que tienen propiedades particulares (y presentan peligros particulares) debido a su tamaño extremadamente pequeño (OIT, 2014). Entre los peligros señalados figuran los físicos, como el viento, la lluvia, la humedad y las radiaciones no ionizantes; los químicos, como la formación de polvo y gases combustibles; y los biológicos, como los virus y las bacterias. Asimismo, algunos peligros pueden asociarse a características específicas de diversos entornos de trabajo.

Aunado a esto, a veces, puede ser obvio que existe la posibilidad de exposición a sustancias peligrosas. Sin embargo, no siempre es así, algunas sustancias aparentemente inocuas, como el polvo de harina, pueden causar daños por exposición ocupacional; puede haber niveles peligrosos de bacterias nocivas en artículos aparentemente normales y cotidianos (OIT, 2014).

En las industrias colombianas, las sustancias peligrosas pueden aparecer en una amplia gama de ocupaciones dentro de las diferentes industrias, entre ellas se incluyen: la minería, la explotación de canteras, la perforación de pozos de petróleo y gas y otros sectores relacionados con la extracción primaria que pueden exponer a los trabajadores a minerales (como la sílice cristalina respirable), agentes químicos de proceso (como lodos de perforación y lubricantes) y otros materiales producidos durante el proceso de extracción. La producción de alimentos, junto con otras empresas relacionadas con las industrias manufactureras, puede exponer a los

trabajadores a sustancias químicas de proceso potencialmente nocivas (como disolventes e isocianatos) y a productos finales como lubricantes y pinturas.

Entre tanto, numerosas tareas asociadas a la construcción pueden exponer a los trabajadores a sustancias peligrosas, como pinturas, polvos minerales y los pegamentos.; los proyectos de renovación y demolición también pueden aumentar el riesgo de exposición al amianto. Otra industria en la que los trabajadores están expuestos a sustancias tóxicas y químicas es la agricultura, puesto que sus actividades conllevan a estar en contacto con pesticidas, bioaerosoles y polvos orgánicos. El personal de salud también puede entrar en contacto con desinfectantes y productos farmacéuticos, lo que hace que estén potencialmente expuestos a diferentes riesgos biológicos. Otra actividad en la que intervienen muchas sustancias peligrosas es el reciclaje; el variado y creciente espectro de operaciones de esta industria implica la presencia de metales tóxicos, polvos y riesgos biológicos.

Según cifras del Centro de Información de Seguridad sobre Productos Químicos del Consejo Colombiano de Seguridad (CCS, 2021), para el 2019, 11.182 eventos de emergencia fueron atendidos, donde el 82,47% correspondían a intoxicaciones, es decir, 9.222 casos del total de las emergencias que generaron las sustancias químicas en ambientes ocupacional y ambientales; causadas en su mayoría por plaguicidas, inhalación de sustancias, metales pesados, plomo, entre otros.

Partiendo de lo expuesto anteriormente, un paso importante para proteger la seguridad y la salud de los trabajadores es reconocer los existentes riesgos que puedan estar presentes en el lugar de trabajo. En este sentido y, como se ha mencionado, existen tres tipos principales de riesgos: biológicos, físicos o químicos; el inadecuado uso, manejo y almacenamiento de productos de limpieza y desinfección, gases anestésicos, medicamentos, pinturas, disolventes,

entre otros; pueden provocar riesgos a la salud y seguridad de quienes manipulan estas sustancias químicas y tóxicas.

Los riesgos biológicos incluyen exposiciones potenciales a alérgenos, zoonosis infecciosas (enfermedades animales transmisibles a los seres humanos) y agentes experimentales como los vectores víricos. Los alérgenos omnipresentes en las instalaciones de investigación animal son uno de los riesgos sanitarios más importantes, aunque a menudo se pasan por alto.

La última categoría contiene riesgos físicos asociados a las instalaciones del área de trabajo; los más obvios son los resbalones y caídas por trabajar en lugares húmedos y los riesgos ergonómicos de levantar, empujar, talar y realizar tareas repetitivas. Otros riesgos físicos que suelen pasar desapercibidos son de naturaleza eléctrica, mecánica, acústica o térmica. Ignorarlos puede tener consecuencias potencialmente graves.

Está claro que es de gran importancia controlar adecuadamente la exposición a riesgos de los trabajadores a estas sustancias o agentes bioquímicos, por lo cual es necesario lograr mantener un control adecuado de la exposición, lo que requiere tomar medidas adecuadas para detectar y medir los riesgos bioquímicos, que se producen en una industria en tiempo real, de modo que puedan ser afrontados y mitigados para evitar peligros mayores y pérdidas de vida.

## **2.2 Formulación de Investigación**

Dada la anterior situación problemática se propone una investigación orientada a dar respuesta a la siguiente pregunta:

¿Cuáles son las principales Aplicaciones Móviles que permiten la medición de riesgos bioquímicos en la industria?

### **3. Objetivos**

#### **3.1 Objetivo general**

Analizar el estado del arte de las aplicaciones móviles que permiten la medición de riesgos bioquímicos en la industria y la caracterización de sus ventajas y desventajas.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- Identificar las aplicaciones móviles más utilizadas para la medición de riesgos bioquímicos en la industria.
- Contrastar las aplicaciones móviles versus las herramientas de medición tradicional de riesgo bioquímico.
- Diseñar un entregable con las oportunidades de mejora identificados en cada metodología (móvil – tradicional), sintetizando el conocimiento más relevante para tener en cuenta al momento de la medición de riesgo bioquímico.

### **4. Marco Referencial**

#### **4.1 Estado del Arte**

A partir del desarrollo de la tesis de grado titulada “desarrollo de un aplicativo móvil para fortalecer la identificación, evaluación y control de riesgos en procesos de mantenimiento de celdas de la flotación en industria minera”, en el Perú, Prado (2018), menciona que el funcionamiento de la industria minera en su conjunto, así como la salud e integridad de los trabajadores, están en expuestos a numerosos peligros y riesgos asociados a los trabajos de mantenimiento en celdas de flotación. Numerosos estudios demuestran que uno de los principales factores que contribuyen al aumento de accidentes e incidentes es el insuficiente reconocimiento y gestión de los riesgos y peligros por parte de los trabajadores. Esto es

consecuencia de sus procesos subjetivos de evaluación e identificación de riesgos, así como su inadecuada preparación técnica.

Así, el objetivo de esta tesis es ayudar en la identificación y manejo eficiente de los riesgos y peligros que enfrentan los trabajadores que desempeñan tareas de mantenimiento en celdas de flotación al interior de una planta concentradora. Para lo cual, se diseñó una matriz IPERC para descubrir estas condiciones con el fin de llevar a cabo el proceso de evaluación e identificación. Basándose en la matriz IPERC, se desarrolló una aplicación móvil y con ella proporcionar a los empleados información útil y pertinente sobre las tareas que deben realizar y así, lograr reconocer de forma más asertiva estas condiciones (Prado, 2018).

Los hallazgos que la autora obtuvo, provienen de cuatro encuestas: en primera instancia se logró evidenciar la facilidad y costumbre con la que los trabajadores utilizan aplicaciones móviles, y dadas las características únicas del entorno laboral, se requiere una solución offline; la segunda encuesta reveló el nivel de conocimiento de los empleados en materia de seguridad laboral e identificación de riesgos y peligros, el cual resultó ser inadecuado y aumentó la probabilidad de accidentes e incidentes; la utilización del aplicativo móvil se llevó a cabo en la tercera encuesta dejó entrever mejores resultados en cuanto a la asertividad en el control y la identificación de riesgos y peligros por parte del personal evaluado (Prado Cruz, 2018).

La encuesta final se centró en la practicidad y facilidad de uso de la aplicación sugerida, con una respuesta muy positiva. La principal queja fue la necesidad de funciones más sofisticadas que pudieran incluirse en la solución cuando aún estaba en fase de prototipo. Como resultado, la solución sugerida en la tesis aborda con éxito la pregunta de investigación, centrándose, principalmente en la mejora de la identificación y el control de riesgos y peligros,

de la misma manera que se integran tecnologías de bajo costo y ampliamente aceptada en los procedimientos de mantenimiento de la industria minera (Prado Cruz, 2018).

Por su parte, Delgado y Duarte (2023), llevaron a cabo una “revisión sistemática de instrumentos que evalúan la calidad de aplicaciones móviles de salud”, la cual fue presentada a la Revista Editorial de Medios y Educación de la Universidad de Sevilla. Los autores mencionan que la descarga de aplicaciones para móviles (APP) destinada a fomentar hábitos saludables en la población general ha aumentado significativamente en los últimos años. Sin embargo, la mayoría de estas APP no están sometidas a procesos de la regulación de la calidad y los instrumentos disponibles para evaluar la calidad parecen estar obsoletos. Esta investigación se llevó a cabo para determinar los aspectos clave y los indicadores comunes, así como el estado del arte en cuanto a métodos de diseño, validación, construcción y conclusiones primarias de estudios empíricos relacionados con los instrumentos de evaluación de la calidad de dichas aplicaciones móviles; para tal fin, los autores examinaron cuatro conjuntos de datos significativos.

Los autores concluyen que la literatura científica ha determinado que se trata de un tema de interés actual y reciente. Al mismo tiempo, como resultado, elaboraron una lista actual y considerable que puede servir de base para crear un marco de evaluación que permita un análisis en profundidad de estas aplicaciones, dado que muchas herramientas de evaluación no fueron creadas pensando en el público en general (Delgado y Duarte, 2023).

En simetría, a través de la “revisión de las aplicaciones para teléfonos inteligentes diseñadas para mejorar la salud, la seguridad y el bienestar en el trabajo”, Karlsen, *et al.*, (2022), abordaron en su investigación que a medida que se universalizan los teléfonos inteligentes, aumentan las aplicaciones informáticas para la salud, la seguridad y el bienestar en el trabajo. Las tecnologías digitales han cambiado radicalmente la vida laboral en muchos aspectos en las

últimas décadas, incluida la forma de mejorar la salud laboral. No hace mucho, para controlar el entorno de trabajo había que llenar un formulario en papel que se entregaba en el lugar de trabajo o se enviaba por correo, seguido de un laborioso proceso de recogida y comparación de respuestas.

Hoy en día, es posible medir la satisfacción de los empleados con la frecuencia que se desee, enviar cualquier cantidad de herramientas y directrices sobre el entorno de trabajo directamente al grupo objetivo a través de aplicaciones para teléfonos inteligentes. No sólo se aceleran los procesos, sino que también es más fácil compartir ideas, recuperar información y comunicarse con colegas y directivos, donde y cuando se desee. El objetivo de este estudio fue identificar las aplicaciones para teléfonos inteligentes diseñadas para mejorar la salud, la seguridad y el bienestar en el trabajo, y examinar hasta qué punto están validadas científicamente. Para lograr lo anterior, en total, se incluyeron 57 aplicaciones en el estudio; 19 aplicaciones se clasificaron como fuentes digitales de información, 37 aplicaciones contenían una intervención diseñada para cambios en el lugar de trabajo y una aplicación tenía información demasiado escasa para ser clasificada. Según la información pública disponible sobre las 37 aplicaciones de intervención, sólo 13 hacían referencia a investigaciones. La búsqueda en la base de datos bibliográfica arrojó 531 publicaciones, que dieron como resultado cuatro estudios relevantes referidos a cuatro aplicaciones dirigidas a medidas ergonómicas, exposición al ruido y bienestar, que mostraron un efecto condicionado o limitaciones metodológicas (Karlsen, *et al.*, 2022).

Como resultado de la investigación se logró determinar que el conocimiento sobre las aplicaciones disponibles y los resultados de las investigaciones sobre sus efectos es escaso. Al mismo tiempo, no existe claridad conceptual sobre lo que puede considerarse una aplicación de

salud y seguridad en el trabajo. Aunque algunas de las aplicaciones se desarrollaron sobre la base de investigaciones científicas, es necesario evaluar sus efectos en la promoción de la salud y la seguridad en el trabajo. La escasa documentación de pruebas debe tenerse en cuenta a la hora de aplicar aplicaciones para mejorar la salud y la seguridad en el trabajo. Sin embargo, el mercado de las aplicaciones de seguridad y salud en el trabajo está creciendo rápidamente y ofrece una gran cantidad de enfoques y oportunidades para los profesionales del entorno laboral. No obstante, con el mercado emergente de aplicaciones, existe un conocimiento escaso sobre las aplicaciones disponibles (Karlsen, *et al.*, 2022).

Por otro lado, en la tesis de investigación realizada por Martin (2019), titulada “Diseño de una aplicación móvil para la gestión de los riesgos laborales para una compañía de entretenimiento”, la autora menciona que gestionar los riesgos ocupacionales podría considerarse un tipo de intervención que ayuda a crear un vínculo que funcione para mejorar las condiciones laborales, es por ello que puede ser utilizada como una herramienta para alinear los objetivos organizacionales y la misión de la empresa con los objetivos relacionados con la salud y la seguridad en ambientes laborales, así como para promover la calidad de vida y el bienestar de todos los empleados, previniendo con ello, enfermedades laborales y accidentes futuros de trabajo.

La empresa objeto de estudio cuenta con más de 2.000 empleados y debido a su centralización y a la alta rotación de empleados en las principales ciudades, la organización acrece de las herramientas y mecanismos necesarios para llevar a cabo su mandato de promoción y formación en materia de salud y seguridad laboral, especialmente en lo que se refiere a los riesgos a los que son susceptibles todos y cada uno de los colaboradores, contratistas, directos o indirectos. Por tal motivo, se propuso el diseño de un aplicativo móvil el cual permite a la

empresa que, a través del uso de doce módulos creados especialmente para la administración y distribución del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), permite a la compañía fomentar una cultura de prevención y promoción a través de la comunicación y el aprendizaje; la cual resultó ser una adecuada herramienta tecnológica cumpliendo con el propósito de su diseño, de acuerdo con los hallazgos (Martin, 2019).

En este sentido, según los resultados del proyecto, está claro que los gastos asociados con la creación e implementación del aplicativo móvil si se comparan con las posibles consecuencias económicas por no dar cumplimiento a la normativa vigente en materia de seguridad y salud en el trabajo. Además de reducir el índice de riesgos, enfermedades laborales y accidentes futuros de trabajo; la imagen de la organización, también se vería afectada (Martin, 2019).

De la misma forma, en su trabajo de grado titulado “Diseño de una aplicación móvil para la evaluación cualitativa de material particulado enfocado a las empresas cementeras en Colombia”, Bernal y Bello (2021), mencionan que las aplicaciones para teléfonos inteligentes son un ejemplo de una tecnología que va más allá de ser entretenida de uso cotidiano para las personas. Por el contrario, se debería considerar una oportunidad para las industrias. La tesis estableció como objetivo presentar una aplicación móvil para el control, evaluación e identificación de material particulado que se manifiestan en las organizaciones cementeras en el país.

En consecuencia, las distintas empresas deberían aprovechar estas herramientas en pro de conseguir el bienestar de su propia planta laboral. Los recientes avances tecnológicos han forzado a las empresas a adoptar enfoques innovadores para garantizar la seguridad de sus empleados, al tiempo que buscan respuestas viables a los problemas relacionados con la productividad en el lugar de trabajo y el medio ambiente (Bernal & Bello, 2021).

En este sentido, diversos factores como la exposición a sustancias químicas peligrosas en el trabajo y los retos a los que se enfrentan las organizaciones a la hora de controlar los riesgos asociados a la producción de cemento han llevado al desarrollo continuo de la higiene industrial como especialidad interdisciplinaria en un esfuerzo por conseguir soluciones más realistas al momento de prevenir las enfermedades profesionales (Bernal & Bello, 2021).

De la misma forma, a través de la investigación científica titulada “Aplicación móvil como estrategia de prevención de riesgos laborales en estudiantes de enfermería de una institución en Popayán, Colombia”, González y Tobar (2021), abordaron su desarrollo partiendo de datos estadísticos emitidos en diversos informes por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la OIT; dichas estadísticas esbozan que cerca de 317 millones de accidentes laborales se han presentado en el mundo, lo que preocupa, puesto que este índice pone en manifiesto el crecimiento anual de la accidentalidad en el trabajo. Mientras tanto, los estudiantes de enfermería representan el 64% de la tasa de accidentalidad a nivel mundial. Estos accidentes están relacionados con riesgos biológicos, químicos y prácticas inseguras.

Las autoras mencionan que la seguridad y la salud en el trabajo es una disciplina en que se procura el mantenimiento y la promoción de las condiciones de salud de los empleados de cualquier industria, desde un enfoque de bienestar social, físico y mental, a través de la prevención de accidentes, enfermedades y el control de riesgos. Dada la alarmante problemática del creciente índice de accidentalidad en los estudiantes de enfermería, González y Tobar (2021), propusieron el desarrollo de una estrategia tecnológica destinada a prevenir los riesgos en la salud y seguridad de los empleados de los estudiantes de enfermería del Centro de Formación del SENA en Popayán, Colombia.

Los resultados y conclusiones permiten evidenciar que en la aplicación móvil se incluyó un módulo de riesgos brindando instrucciones sobre gestión de riesgos, dado el desconocimiento de los participantes en relación con los accidentes de trabajo, por lo que es necesario que los estudiantes aprendan sobre los riesgos desde una edad temprana. No obstante, la participación limitada de los aprendices en los procedimientos de recolección de datos ha resultado en que la toma de decisiones durante el desarrollo se base en información de una muestra pequeña, lo que puede dificultar la validación de la aplicación dentro de la institución y en otros entornos con características comparables. Es importante mencionar que, la baja participación de estudiantes en este estudio estuvo enmarcada por las restricciones generadas por la pandemia; por tal motivo las autoras recomiendan replicar este mismo estudio en diferentes instituciones educativas y sectores laborales del país (González & Tobar, 2021).

Por otro lado, los autores Calderón y Mayorga (2023), propusieron como trabajo de grado el “Desarrollo de un software para la identificación y trazabilidad del riesgo de los trabajadores en el servicio de cirugía de una IPS”; en ella establecen que cualquier institución que preste servicios de salud debe priorizar la gestión de los proceso de seguridad y salud en el trabajo, ya que es fundamental que las empresas dispongan de los recursos necesarios para minimizar los efectos de los peligros laborales y garantizar una gestión eficaz de estos riesgos en sus operaciones, de modo que los empleados puedan desempeñar su trabajo en un entorno seguro.

Los autores afirman que, con frecuencia, los procedimientos de gestión de riesgos laborales se llevan a cabo de manera separada e independiente y con mecanismos eficaces que hacen uso de los avances tecnológicos. Por ello, es frecuente que no haya una reacción rápida y eficaz ante la situación, lo que complica la trazabilidad y dificulta la actuación de las aseguradoras. En este entendido, el software se creó como resultado de la propuesta planteada en

la tesis, con el fin de agilizar diversos procedimientos relacionados con el SG-SST, facilitando la recopilación y acceso de datos y mejorando significativamente la forma en que el encargado del área del SG-SST lleva a cabo sus múltiples responsabilidades. Además de cumplir con las necesidades del cliente de conformidad con lo establecido en el marco legal nacional (Calderón & Mayorga, 2023).

Finalmente, como trabajo de grado, Patiño y Villamil (2020), llevaron a cabo un “Mejoramiento del sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo SG-SST de la Universidad Industrial de Santander a partir de la incorporación de TIC’S”, en él, las autoras proponen incorporar herramientas tecnológicas en el SG-SST dado que éste se implementa en la universidad de forma manual, un mecanismo obsoleto comparado con los actuales avances tecnológicos que conllevan a la institución a sobrecostos de papel y tiempo.

Para dar cumplimiento con el objetivo propuesto, las autoras llevaron a cabo el diseño e implementación de un instrumento de recolección de datos mediante una autoevaluación al sistema como parte de la fase diagnóstica, cuya aplicabilidad permitió identificar las condiciones y aspectos que se evalúan, inspeccionan y se convierten en archivo físico. Lo anterior permitió la formulación de una propuesta de mejora en la que se incorporaron alternativas que permitirán dar solución a las problemáticas evidenciadas, además de optimizar los procesos mediante el uso de herramientas tecnológicas que conllevan a facilitar el acceso a información, recolección ágil de datos e identificación de las principales evaluaciones, peligros y valoración de riesgos. Con estos resultados se determinaron las principales necesidades del Sistema de Gestión-SST en la Universidad y posterior diseño de la propuesta de mejora para dar solución a dichas insuficiencias (Patiño & Villamil, 2020).

## 4.2 Marco Teórico

Se entiende por riesgos laborales el conjunto de factores físicos, psíquicos, químicos, ambientales, sociales y culturales que pueden afectar a un individuo, que por la interrelación y por sus efectos pueden dar lugar a la aparición de la enfermedad ocupacional (OMS, 2015). Existen riesgos laborales directamente relacionados con el trabajo y otros derivados de los medios de producción.

Dentro de la clasificación de los riesgos, se tienen los riesgos del ambiente o microclima de trabajo, entre ellos: iluminación, ventilación, ruido, humedad, temperatura, los cuales deben mantener dentro de determinado rango para que no ocurra afectación en la salud. Existen otros riesgos de contaminación producidos por sustancias físicas, químicas o biológicas que contaminan el ambiente y pueden afectar la salud del trabajador, dentro de estos se incluyen los riesgos biológicos (Bedoya, 2020).

Otros riesgos laborales se relacionan con sobrecarga muscular (esfuerzos); sobrecarga mental o riesgo psicológico que puede manifestarse en el comportamiento como agresividad, depresión, ansiedad, producidos por la intensidad y exigencia del trabajo; riesgos psicosociales, generados por demandas internas, externas o del contexto que pueden derivar en estrés y síndrome de Burnout (Montoya, 2020).

Los riesgos bioquímicos son aquellos que se generan durante la fabricación, almacenamiento, transporte o uso, que puede producir gases, vapores, humos, polvos o partículas de naturaleza peligrosa: inflamable, tóxica, infecciosa, radicación, corrosiva o irritante que pueda afectar la salud del trabajador. La detección de estos riesgos puede realizarse a través de los marcadores bioquímicos que reportan concentraciones de las sustancias, equivalentes a cierto nivel de riesgo: bajo, mediano o alto (Geogea, *et al.*, 2021).

Respecto de la toxicidad de los agentes químicos es imperativo mencionar que las sustancias químicas se utilizan ampliamente tanto en la industria como en la vida cotidiana. Muchos productos útiles se derivan de sustancias químicas, como los plásticos, las pinturas, los productos farmacéuticos, los detergentes, entre otras. Mientras que las sustancias peligrosas derivadas de la extracción de combustibles fósiles como el carbón, el gas y el petróleo también generan riesgos para la salud. Algunas sustancias podrían parecer inofensivas, pero pueden provocar lesiones al entrar en contacto con ellas. Algunos efectos adversos para la salud sólo se desarrollan tras una exposición prolongada y después de un periodo latente.

En este sentido, la minería y la extracción de petróleo y gas son industrias singulares con entornos de trabajo diferentes que podrían afectar a los factores de riesgo para la salud. Se denomina enfermedad profesional a toda enfermedad que se adquiere como consecuencia de la exposición a elementos derivados de la actividad laboral (OIT, 2015). Para diagnosticar una enfermedad profesional es necesario establecer la relación causal entre una enfermedad específica y la exposición actividad o ambiente laboral, así como el hecho de que la enfermedad se presente en los individuos expuestos con una frecuencia superior a la morbilidad media de la población general.

La lista de enfermedades profesionales elaborada por la OIT (2011), consta de cuatro grupos principales: “*enfermedades profesionales causadas por la exposición a agentes derivados de las actividades laborales (como agentes químicos, físicos y biológicos), enfermedad profesional por sistemas de órganos diana; cáncer profesional*” (p. 4), entre otras.

Los agentes químicos representan el 41% de los casos de enfermedades ocupacionales causados por la exposición a agentes procedentes de las actividades laborales; son el riesgo ocupacional más común que puede dar lugar a enfermedades profesionales. Además, los agentes

químicos son también los principales responsables de las enfermedades ocupacionales clasificadas por sistemas de órganos diana (especialmente enfermedades respiratorias y cutáneas), así como de los cánceres profesionales (Barrero & Reyes, 2023).

Ahora bien, el estudio de los venenos y de cómo responde el organismo a ellos se conoce como toxicología. La toxicidad intrínseca de una sustancia química y/o tóxicas es la capacidad de dañar o lesionar a los seres vivos mediante interacciones fisicoquímicas con los tejidos vivos. Todas las sustancias, incluidas las químicas, son potencialmente venenosas. Sin embargo, todas las sustancias químicas y/o tóxicas pueden utilizarse con seguridad si la exposición se mantiene por debajo de los límites tolerables (ATSDR, 2019).

Hay varios factores que influyen en la toxicidad y los efectos sobre la salud de un agente químico, entre ellos se encuentran su estado físico, la dosis o concentración, el diámetro o tamaño aerodinámico, la vía de absorción, la duración de la exposición y la presencia de otras sustancias químicas. Los factores personales también determinan la susceptibilidad de un trabajador a los efectos adversos de una sustancia química. Entre ellos se incluyen los factores genéticos, la edad, el sexo, el estado de salud, la hipersensibilidad, los hábitos personales y de higiene, y el embarazo y la lactancia (ATSDR, 2019).

Mientras que un peligro es cualquier cosa con el potencial de causar lesiones corporales, e incluye cualquier peligro físico, químico, biológico, mecánico, eléctrico o ergonómico. El Sistema Globalmente Armonizado (SGA, 2017) divide las sustancias químicas peligrosas en el lugar de trabajo en diferentes categorías: peligros físicos, peligros para la salud y peligros para el medio ambiente (véase la Tabla 1).

**Tabla 1***Toxicidad de los agentes químicos*

<b>Tipos de Peligro</b>	<b>Categorías de Peligro</b>
<b>Peligro físico</b>	Explosivos Gases inflamables Aerosoles inflamables Gases comburentes Gases a presión Líquidos inflamables Sólidos inflamables Sustancias autorreactivas Líquidos pirofóricos Sólidos pirofóricos Sustancias autocalentables Sustancias que, en contacto con el agua, emiten gases inflamables Líquidos comburentes / Sólidos comburentes Peróxidos orgánicos / Corrosivas para los metales Toxicidad aguda (oral, dérmica y por inhalación) Corrosión/irritaciones cutáneas Lesiones oculares graves/irritación ocular Sensibilizador respiratorio Sensibilizante cutáneo
<b>Peligro para la salud</b>	Mutagenicidad Carcinogenicidad Tóxico para la reproducción Toxicidad específica en determinados órganos tras exposición única Toxicidad específica en determinados órganos tras exposiciones repetidas Peligro de aspiración
<b>Peligros para el medio ambiente</b>	Peligros agudos para el medio ambiente acuático (fuentes hídricas) Peligros crónicos para el medio acuífero (fuentes hídricas)

*Nota.* Clasificación de los peligros según el SGA. Adaptado de Sistema Globalmente Armonizado ([SGA], 2017).

En lo que respecta a las vías de exposición, las sustancias químicas o tóxicas pueden entrar en el cuerpo humano a través del contacto con la piel, los alimentos o la respiración. Las

dos vías principales de exposición a sustancias químicas peligrosas en el trabajo son la inhalación y el contacto con la piel. Cuando se absorben formas físicas de agentes químicos transportados por el aire, como gases, vapores y partículas (polvo, humo, vapores, aerosoles y nieblas), el proceso de absorción se produce rápidamente, sobre todo si la sustancia química se ingiere en los pulmones. Después, puede entrar en el sistema circulatorio general y viajar a órganos diana distantes (Lara, 2020).

La velocidad de absorción a través de la piel suele ser más lenta en comparación con la inhalación o la ingestión. Sin embargo, la absorción cutánea puede producirse rápidamente si hay un corte o una herida en la piel. Muchos compuestos químicos, especialmente los liposolubles, pueden absorberse a través de la piel intacta; la exposición cutánea a agentes químicos peligrosos también puede provocar enfermedades profesionales de la piel.

La absorción de sustancias químicas a través de la piel puede producirse sin que el trabajador lo perciba, algunas sustancias químicas de uso común en el lugar de trabajo (por ejemplo, plaguicidas, disolventes orgánicos) podrían provocar toxicidad sistémica si penetran en la piel y entran en la circulación sistémica para causar efectos sobre la salud lejos del lugar de entrada. A veces, los trabajadores tienen creencias erróneas sobre la vía de entrada de una sustancia química, basadas en sus propiedades químicas; en el caso de los plaguicidas que tienen un olor fuerte, algunos trabajadores piensan que la principal vía de entrada es la inhalación. Creen erróneamente que llevar una mascarilla les protegerá de su absorción. Sin embargo, los plaguicidas liposolubles se absorben principalmente a través de la piel y las mucosas. Para estas formas de exposición, los trabajadores deben llevar ropa protectora para la piel, incluidos guantes y protección ocular.

Los compuestos químicos tóxicos pueden ser absorbidos por el sistema digestivo y pasar a la circulación general. La ingestión de productos químicos en el lugar de trabajo puede ocurrir sin que los trabajadores lo sepan. Un ejemplo es cuando los trabajadores, debido a normas socioculturales, comen o beben con las manos desprotegidas contaminadas; otro ejemplo es fumar en el lugar de trabajo, con las manos contaminadas manipulando los cigarrillos, lo que provoca la ingestión inadvertida de la sustancia química.

Avanzando en el tema, existen riesgos para la salud asociados a las sustancias químicas y/o tóxicas, pues como menciona Viales (2014), las sustancias químicas tóxicas pueden causar efectos sobre la salud locales o sistémicos más generalizados. Los efectos locales se originan en el lugar de contacto con el cuerpo, como irritación de la piel o los ojos, mientras que los efectos sistémicos se generan en un lugar distante de la vía de entrada de las sustancias químicas, como daños hepáticos o renales.

Los efectos sobre la salud pueden ser agudos o crónicos; los efectos agudos suelen ser inmediatos, resultado de una exposición de corta duración y a menudo de alto nivel; por su parte, los efectos crónicos son de aparición tardía tras una exposición acumulativa a sustancias químicas. Los efectos sobre la salud de la exposición a sustancias químicas pueden ser reversibles o irreversibles. Los efectos reversibles sobre la salud suelen ser temporales y desaparecerán cuando cese la exposición a esa sustancia química. Un ejemplo es la dermatitis debida a la exposición a irritantes leves. Los efectos irreversibles son cambios permanentes en la salud que no pueden repararse. Algunos ejemplos de efectos irreversibles sobre la salud causados por sustancias químicas son el cáncer, la silicosis y la asbestosis.

En sintonía, las sustancias químicas pueden ocasionar daños o enfermedades a los seres humanos de varias maneras (OIT, 2011):

**Los irritantes** (por ejemplo, alcohol isopropílico, acetona) producen cambios inflamatorios reversibles de la piel, los ojos o las mucosas de las vías respiratorias. La sustancia es corrosiva si el daño es irreversible.

**Los sensibilizantes** son sustancias químicas capaces de producir una respuesta alérgica. El organismo produce una respuesta inmunitaria escasa o nula en la exposición inicial. Sin embargo, con la exposición repetida, el sistema inmunitario puede sensibilizarse y posteriormente evocar una respuesta alérgica al alérgeno. Los sensibilizadores de las vías respiratorias, como los isocianatos, las proteínas del látex de caucho natural o la etilendiamina, pueden provocar asma. Los sensibilizadores de la piel, como el níquel, las fragancias, los cromatos del cemento, el formaldehído y el glutaraldehído pueden causar dermatitis alérgica de contacto.

**La genotoxicidad** es un tipo específico de toxicidad. Las sustancias químicas genotóxicas pueden dañar y alterar el material genético de las células, lo que puede provocar carcinogenicidad o defectos congénitos.

**Los carcinógenos** son sustancias químicas capaces de provocar cáncer en los seres humanos. El Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (CIIC) de la OMS ha elaborado una lista de carcinógenos.

**Los mutágenos** son sustancias químicas que pueden provocar cambios en el ADN de las células (mutaciones), lo que puede dar lugar a diversas enfermedades o anomalías en las generaciones futuras. Mutágenos como el cloroformo y el óxido de etileno pueden afectar a las células del sistema reproductor (espermatozoides y óvulos). Otros mutágenos, como el benceno, el plomo y el cloruro de vinilo, pueden afectar a células que no forman parte de los órganos reproductores (por ejemplo, hígado, riñón o células sanguíneas).

**Los teratógenos** son sustancias químicas que provocan defectos de nacimiento, anomalías, retrasos en el desarrollo o la muerte del feto, pero no causan daños a la madre. El metilmercurio, el plomo y el xileno son algunos ejemplos de teratógenos químicos. El feto en desarrollo, de dos a ocho semanas de gestación, es el que corre mayor riesgo.

**Las toxinas** reproductivas son sustancias químicas que pueden afectar a la capacidad de hombres y mujeres para producir descendencia. Los efectos adversos de las toxinas reproductivas incluyen esterilidad, fertilidad reducida y aborto espontáneo.

En relación con las industrias colombianas y las sustancias peligrosas, es importante mencionar que, dada su posición geográfica, sus abundantes recursos minerales, energéticos y agrícolas y sus moderados costos laborales, Colombia tiene potencial para desarrollar una industria química competitiva, siempre y cuando se comprometa con la inversión y la investigación necesarias. Por tal motivo, constituye una base para las industrias del país (Asociación Nacional de Empresarios de Colombia [ANDI], 2015). El refinado y procesamiento de hidrocarburos, la minería de carbón, oro y ferroníquel, la producción de cemento y la fabricación de productos químicos y farmacéuticos forman la columna vertebral de la industria. La producción de alimentos, bebidas y productos de consumo también es importante para el crecimiento económico de Colombia y emplea a muchos ingenieros químicos y de procesos.

Las regiones Caribe, Andina, Orinoquía y Pacífica albergan la mayor parte de las instalaciones de producción química de Colombia. La región Andina tiene la mayor concentración de plantas industriales, mientras que la mayor parte de la producción de petróleo tiene lugar en la región Orinoquía, fronteriza con Venezuela. La minería del carbón, la producción y refinado de petróleo y la producción de cerveza son industrias importantes en la región del Caribe. La minería de carbón a cielo abierto se concentra en los departamentos del

Cesar y la Guajira, mientras que la ciudad portuaria de Santa Marta exporta carbón (Marco Nacional de Cualificaciones Colombia, 2021). El petróleo se procesa en la refinería de Reficar, en Cartagena, en la refinería de Ecopetrol, en Barrancabermeja, y los derivados del petróleo se producen en la planta química de Monómeros Colombo Venezolanos, en Barranquilla.

SABMiller, multinacional cervecera y de bebidas, tiene una importante planta de producción de cerveza en Barranquilla.

Partiendo de lo anterior, en Colombia las diferentes industrias extractivas, farmacéuticas, manufactureras, entre otras, son sectores que van en crecimiento y aporta grandes dividendos al país; sin embargo, todas estas industrias y las actividades que de ellas se derivan ha hecho que durante décadas persistan y crezcan las preocupaciones por los efectos negativos del uso de sustancias químicas y/o tóxicas en los trabajadores de la industria que conllevan al deterioro de la salud humana (Sentená, 2021).

Los efectos a la exposición de minerales se basan en investigaciones mayoritariamente internacionales. La literatura internacional sobre los riesgos para la salud derivados del uso ocupacional y la exposición a sustancias químicas y o tóxicas se ha visto permeada por varios estudios que se han realizado han influido en la planeación e implementación de políticas públicas con respecto al uso de sustancias peligrosas o exposición a minerales en varios países, incluyendo Colombia (Pertuz, *et al.*, 2022).

Por otro lado, tomando las teorías de Heinrich (1959) y Bird (1990), se han evaluado las frecuencias y la gravedad de los accidentes en diferentes estudios. El triángulo de accidentes, también conocido como triángulo de Heinrich (1959), triángulo de Bird o pirámide de seguridad, fue definido en 1931 por William Heinrich y detallado en su libro “*Prevención de accidentes*

*laborales: Un enfoque científico*”, una teoría de prevención de accidentes industriales (Herrera, 2022).

A partir de lo anterior, su idea principal es la causalidad del accidente: los actos inseguros conducen a lesiones leves y, con el tiempo, a lesiones graves o incluso mortales. La pirámide de accidentes propone que por cada 300 actos inseguros se producen 29 lesiones leves y una lesión grave. El triángulo de Heinrich (1959), trata de establecer vínculos entre los accidentes mortales, los accidentes leves y los cuasi accidentes. Sugiere que la reducción del número de accidentes leves conducirá a un descenso de los accidentes mortales (Herrera, 2022).

Según Heinrich (1959), la mera reparación de los daños no sería suficiente si no se complementa con la puesta en marcha de acciones para evitar nuevos accidentes mediante acciones preventivas. También advirtió de que, si no se eliminan las causas, las consecuencias seguirán existiendo. En cuanto a la asociación entre las características de los accidentes y su recurrencia, se obtuvieron los siguientes porcentajes para las denuncias de accidentes (Herrera, 2022):

88% debido a actos inseguros;

10% relacionados con condiciones inseguras y

2% debido a causas fortuitas o imprevisibles.

El triángulo de la seguridad o triángulo de los accidentes ilustra la relación entre la gravedad y la frecuencia de los accidentes. Además, contempla las relaciones y distribuciones normales entre accidentes mortales o graves, accidentes leves y cuasi accidentes (ver figura 1).

**Figura 1**

*Componentes de un triángulo de seguridad*



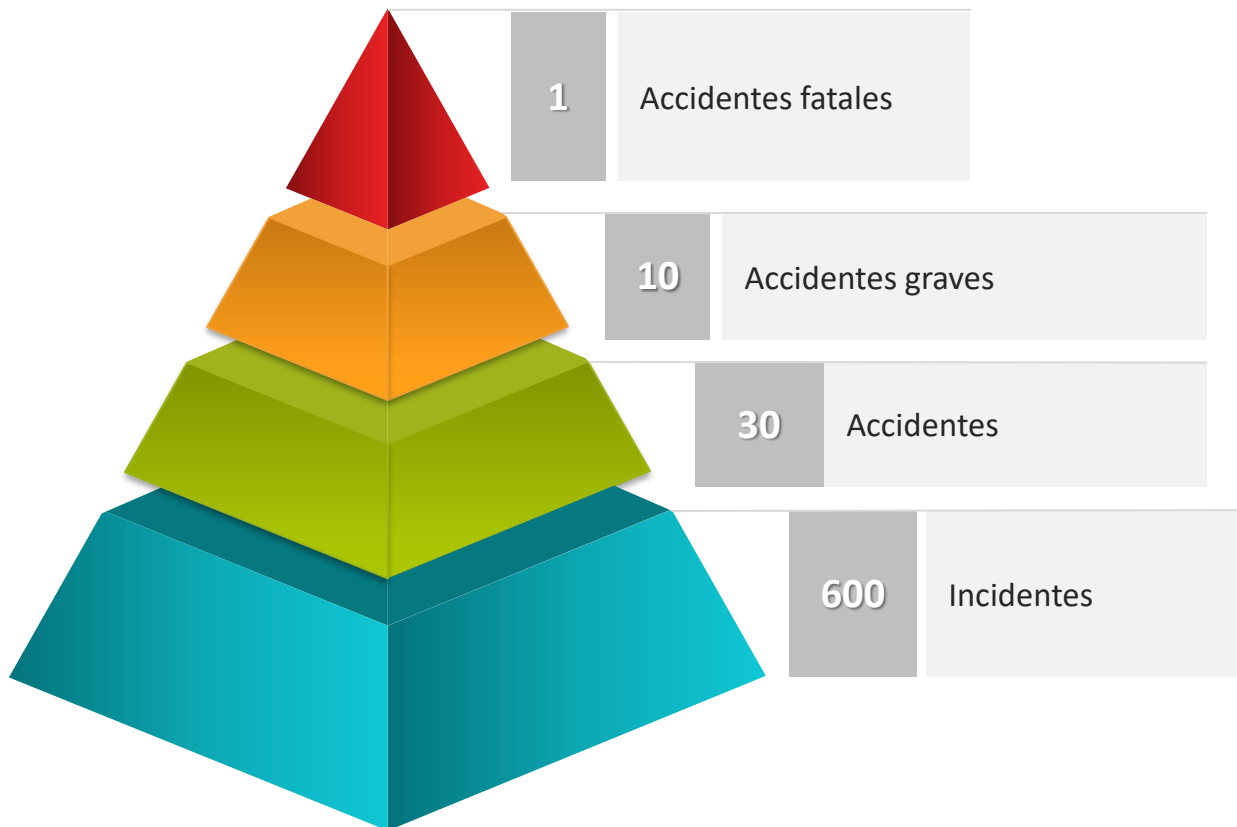
*Nota.* La teoría de la pirámide de seguridad de Heinrich. Adaptado de Heinrich (1959).

Dado que los actos inseguros son difíciles de definir y registrar con precisión y que la teoría de Heinrich parece lógica, la pirámide de seguridad permaneció incontestada durante décadas. Basada en la pirámide de la seguridad, la gestión de la seguridad y la salud en el trabajo tenía como objetivo controlar los actos inseguros. Si se controlan los comportamientos inseguros, no se producirán lesiones graves. A pesar de centrarse en los actos inseguros mediante sistemas de comportamiento y una serie de programas difíciles de administrar, los accidentes graves seguían produciéndose. La teoría original de Heinrich se ha modificado varias veces a lo largo de los años para crear una imagen más precisa y cuantificable de la incidencia de accidentes, como se muestra en la Figura 2.

La salud y la seguridad en el trabajo han evolucionado en todos los aspectos en los 90 años transcurridos desde el análisis de Heinrich, y también lo ha hecho el triángulo de accidentes. Una de las incorporaciones más destacadas fue la de Frank E. Bird (1990), que añadió un cuarto nivel al triángulo. Bird estableció una distinción entre los accidentes mortales y los accidentes con lesiones graves que provocan pérdidas de tiempo de trabajo para ofrecer una visión más matizada de la gravedad de los accidentes en la punta del triángulo (Bitinš, *et al*, 2021).

### Figura 2

*Pirámide de accidentes definida por Bird*



*Nota.* Frank Bird añadió un cuarto nivel al triángulo de accidentes en su Teoría de la causalidad.

Adaptado de Bird y Germain (1990).

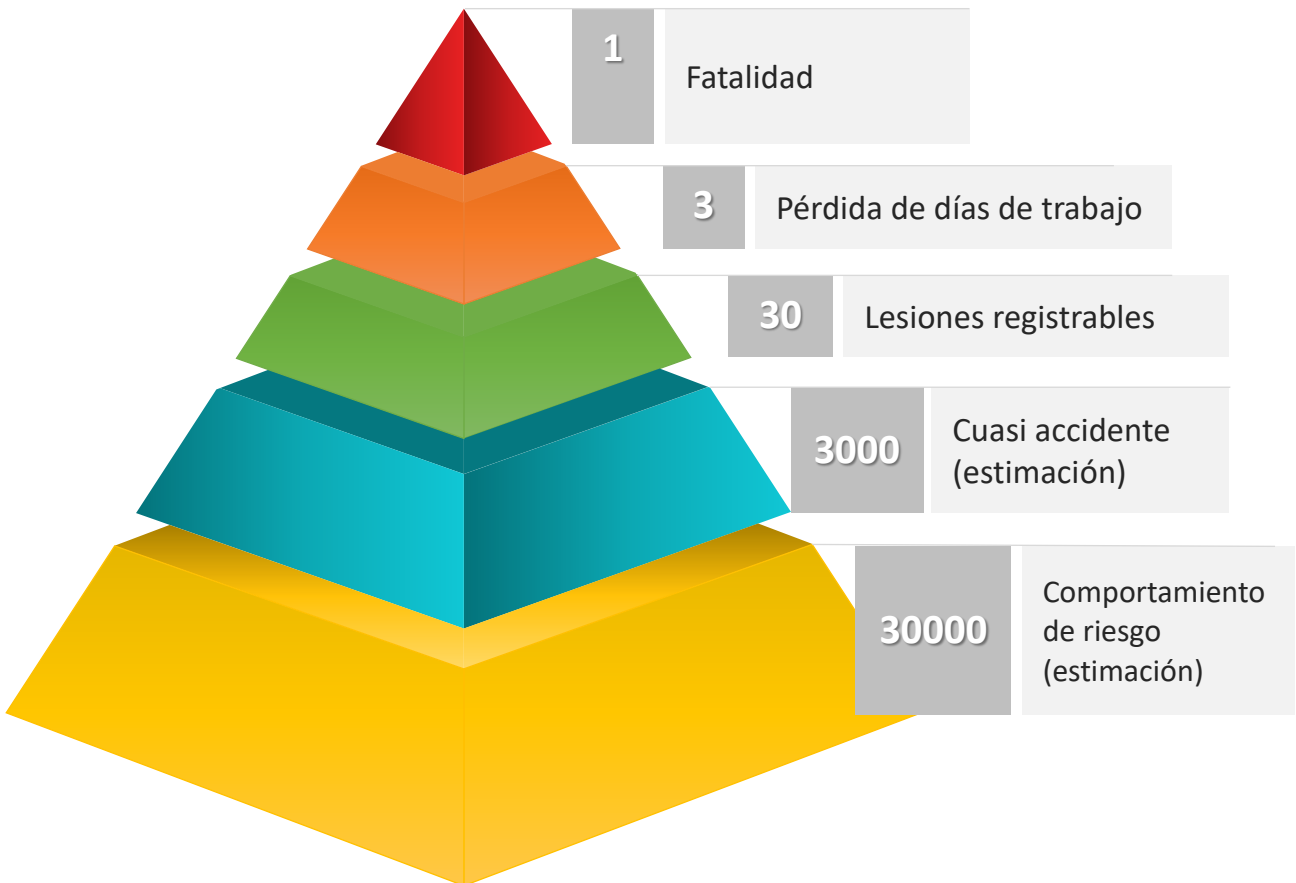
En su estudio, Bird analizó 1.753.498 accidentes notificados por 297 empresas colaboradoras. Estas empresas representaban a 21 grupos industriales diferentes, empleaban a 1.750.000 trabajadores que trabajaron más de 3.000 millones de horas durante el periodo de exposición analizado (Bird & Germain, 1990). En la figura 2 se detalla la pirámide de accidentes definida por Bird, referida a las relaciones 1:10:30:600. De acuerdo con la pirámide de Bird, se registraron 30 accidentes con daños materiales por cada lesión grave o incapacitante. Los incidentes con daños materiales cuestan miles de millones al año y, sin embargo, con frecuencia se les denomina “cuasi accidentes” (Bitinš, *et al*, 2021).

En 2003, en la empresa ConocoPhillips se realizó un estudio similar que demostró una gran diferencia en la proporción de accidentes graves y cuasi accidentes. El estudio descubrió que por cada accidente mortal hay al menos 300.000 comportamientos de riesgo, definidos como actividades que no son coherentes con los programas de seguridad, la formación y los componentes de la maquinaria. Estos comportamientos pueden incluir la omisión de componentes de seguridad en la maquinaria o la eliminación de un paso de seguridad en el proceso de producción que ralentiza al operario. Con una formación y una protección eficaces de la maquinaria, pueden reducirse los comportamientos de riesgo y los cuasi accidentes. Esto también reduce la probabilidad de que se produzca la fatalidad, ya que hay una menor frecuencia de comportamientos de riesgo (Canfora & Ottmann, 2019). La variación puede explicarse por la distancia o el tiempo: por ejemplo, la lesión se perdió por un segundo o por un centímetro.

Con el paso del tiempo, una mayor acumulación de datos sobre accidentes sugirió que la pirámide no es en absoluto un triángulo equilátero; dependiendo de la cultura de seguridad de una empresa, puede adoptar cualquiera de las diversas formas que se identifican en la figura 3.

**Figura 3**

*Pirámide de accidentes definida en 2003 a partir del estudio en Conoco-Phillips*



*Nota.* Pirámide de accidentes a partir del estudio en Conoco-Phillips. Adaptado de ConocoPhillips Marine (2003).

Otra de las teorías de Heinrich (1931), es la teoría de la causalidad múltiple, es decir, que todos los accidentes se producen como resultado de muchos factores o causas múltiples. Basado en esta teoría se encuentra el Análisis de Causa Raíz utilizado en las investigaciones de incidentes, mediante el cual se investiga la circunstancia física obvia del incidente para determinar su causa, y lo que llevó a eso, y así sucesivamente, hasta que no se puedan identificar más factores ascendentes o laterales.

En 1969, Bird intentó reproducir los hallazgos de Heinrich al investigar 1,7 millones de accidentes laborales. Sus datos revelaron una relación ligeramente diferente entre las distintas categorías de accidentes, pero a pesar de ello llegó a la conclusión de que la afirmación de Heinrich sobre la relación general entre consecuencias y probabilidad era correcta (Bird 1974). Sus conclusiones fueron confirmadas en gran medida por el estudio realizado por ConocoPhillips Marine en 2003, que también incluía los cuasi accidentes y los comportamientos de riesgo.

En síntesis, las tres pirámides ilustran que hay muchas más posibilidades de aprender de los accidentes leves y de los cuasi accidentes que de los accidentes graves que sólo ocurren en raras ocasiones. Sin embargo, es discutible que sea directamente posible reducir la probabilidad de accidentes graves reduciendo los leves. Sin embargo, es muy probable que la identificación y corrección de los problemas en los niveles inferiores de la pirámide y la utilización de los conocimientos adquiridos para mejorar la salud y la seguridad generales repercuta en los resultados y la cultura de la seguridad en general, lo que también subraya la importancia de una cultura activa del fracaso y la retroalimentación. Sin embargo, un número bajo de cuasi accidentes notificados no indica necesariamente que se hayan producido pocos incidentes. Esto se debe a que, cuando observamos la probabilidad estadística ilustrada en el triángulo de accidentes, los cuasi accidentes y los incidentes de seguridad a menudo simplemente no se notifican.

### **4.3 Marco Conceptual**

En los últimos tiempos, el aumento de la popularidad de las aplicaciones móviles para dispositivos móviles y las estimaciones de crecimiento de este mercado convierten el desarrollo de aplicaciones móviles en un sector empresarial estratégico. A medida que surjan nuevos y variados escenarios para dispositivos y aplicaciones móviles, usuarios y desarrolladores exigirán

una mayor fiabilidad, usabilidad, rendimiento y seguridad (Carrasco, 2015). Las aplicaciones móviles se pueden definir como un software autónomo diseñado para un dispositivo móvil y que realiza tareas específicas para los usuarios de los teléfonos inteligentes. Aunque las primeras aplicaciones móviles aparecieron hace unos 20 años, su difusión aumentó exponencialmente con la apertura de la plataforma App Store de Apple el 30 de julio de 2008 (Organización de los Estados Americanos [OEA] y Asociación Bancaria y de Entidades Financieras de Colombia [ASOBANCARIA], 2019).

En este contexto, con el éxito de estos mercados en los que los usuarios de dispositivos móviles pueden navegar y descargar aplicaciones que están disponibles de forma gratuita o a un coste, la demanda de las APP sigue creciendo (Carrasco, 2015). Al mismo tiempo, debido a la tendencia emergente de utilizar aplicaciones remotas/móviles en y entre entornos empresariales e industriales, éstas han logrado entrar a los lugares de trabajo como una nueva categoría de herramientas para mejorar la salud, la seguridad y el bienestar en el trabajo (Cupa, *et al.*, 2020).

En sintonía, el legislativo, a través de la Ley 1562 (2012), definió que “la salud y seguridad en el trabajo abarca la promoción y el mantenimiento del bienestar físico, mental y social de los trabajadores” (Congresos de la República, Artículo 1, 2012). Incluye la reducción de lesiones, enfermedades y discapacidades relacionadas con el trabajo abordando los peligros y riesgos reales del entorno físico (que incluye los riesgos a sustancias químicas y biológicas) (OIT, 2019). Tanto el entorno laboral como la propia naturaleza del trabajo influyen de manera importante en la SST. En consecuencia, la salud y la seguridad en el lugar de trabajo han sido áreas clave de preocupación durante muchos años, tradicionalmente, la atención se ha centrado más en los problemas de seguridad en el lugar de trabajo, mientras que los problemas de salud se hicieron más prominentes con la naturaleza cambiante del trabajo. Por otra parte, en los últimos

años cada vez se tiene más en cuenta el bienestar en relación con el trabajo y el lugar de trabajo (Grupo Banco Mundial, 2019).

Un buen punto de partida para entender esta evolución en el enfoque y el pensamiento son las definiciones. Según Alli (2008), la seguridad se define como la condición de estar a salvo; libre de peligro, riesgo o lesión. La seguridad también puede referirse al control de peligros reconocidos para alcanzar un nivel de riesgo aceptable. En términos de trabajo, se refiere principalmente a los aspectos físicos del entorno laboral. Sin embargo, la naturaleza cambiante del trabajo se asoció a la aparición de nuevos tipos de riesgo relacionados con los aspectos psicológicos y sociales del entorno laboral (Grupo Banco Mundial, 2019). Esto hizo que se prestara más atención a la salud en el trabajo.

Una definición muy influyente que moldeó el pensamiento y la acción en años posteriores fue la definición de salud de la OMS (1948), *“como un estado de completo bienestar físico, mental y social, y no meramente la ausencia de afecciones o enfermedades”* (p. 1). Esta definición promovía una visión más holística de la salud, alejándose de un mero enfoque en los aspectos físicos y pasando a considerar los aspectos sociales y mentales de la salud. Aunque la definición de la OMS ya se refería a un estado de bienestar, las enunciaciones de bienestar incluyen dimensiones adicionales a la salud, como la social, la económica, la psicológica y la espiritual. El bienestar se refiere a una condición de existencia buena o satisfactoria; un estado caracterizado por la salud, la felicidad y la prosperidad. Indudablemente, alcanzar este estado no es relevante sólo para el lugar de trabajo o el trabajo, sino más bien una evaluación general de la propia vida en muchas áreas (Fernández, *et al.*, 2010).

Como tal, las acciones para mejorar el SST pueden llevarse a cabo dentro y fuera del contexto laboral. Las acciones llevadas a cabo en las áreas laborales representan intervenciones

en el lugar de trabajo que se aplican en dicho entorno y tienen en cuenta las características de los ambientes ocupacionales y de los trabajadores. Por otro lado, las acciones realizadas fuera del lugar de trabajo representan intervenciones de salud pública que se llevan a cabo en diversos entornos (por ejemplo, en escuelas, comunidades o países) y tienen en cuenta las características de poblaciones concretas (OIT, 2014).

#### **4.4 Marco Legal**

En este apartado se establece la legislación y marco normativo que rige actualmente en Colombia relacionado con el diseño y uso de aplicativos móviles y los riesgos bioquímicos ocupacionales. Si bien la legislación vigente conduce hacia principios, fundamentos y derechos establecidos dentro de la Constitución Política Nacional, el marco normativo cuenta con una regulación multidisciplinar que se encarga de vigilar, regular y controlar todo lo concerniente en materia de APP móviles, riesgos laborales y demás temas objeto de esta investigación.

En este sentido, la regulación del SG-SST fue establecido en conjunto con la Ley 100 de 1993 y el desarrollo del derecho a la seguridad social, el cual es reconocido como un derecho inalienable en cabeza del jefe del Estado, como lo consagra el Artículo 48 de la Constitución Política de 1991. Servicios sociales complementarios, riesgos profesionales, salud y pensiones son los principales cuatro sistemas que conforman el SGSSI. Debido a que las leyes de entonces eran desorganizadas y poco claras como resultado de la producción legislativa confusa y dispersa, regular el ahora conocido Sistema de Riesgos Laborales, ha sido todo un reto (Marrugo, 2021).

En simetría, la Ley 100 de 1993, también conocida por la creación del Sistema General de Riesgos Profesionales, fue creada para proteger, prevenir y atender a los trabajadores de los

efectos de los accidentes y las enfermedades que puedan ocasionarse en las actividades que desarrollan en sus lugares de trabajo.

Por su parte, Ley 789 de 2002 amplía la protección social al contener políticas públicas encaminadas a reducir la vulnerabilidad y al mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes nacionales. Implica cualquier accidente que ocurre en el área de trabajo y, en consecuencia, se genera una invalidez por cualquier falla que se presente. El empleado cuenta con el derecho de ser indemnizado por los daños ocasionados con base en lo acordado y de conformidad a la ley (Congreso de Colombia, 2002).

En lo que respecta a la SST, la Ley 1562 de 2012 aborda la prevención de riesgos industriales y seguridad y salud en el trabajo. Esta ley tiene como objetivo garantizar la seguridad y protección de los empleados contra los efectos causados por un accidente o enfermedad laboral. Es decir, se basa en la seguridad y la salud en el trabajo.

El gobierno nacional, a través del Ministerio del Trabajo, publicó en 2019 la Resolución 0312, en la que establecieron nuevos y distintos requisitos mínimos para la adhesión al SG-SST. El objetivo de esta norma es construir un SG-SST justo y bien organizado que beneficie a las pequeñas y medianas empresas (PYMES). El Sistema se adaptará al tipo particular de organización, el tamaño de fuerza laboral y su industria (Ministerio del Trabajo, 2019).

En cuanto a los SGA, en el 2021 se publicó la Resolución 0773 que reglamenta el SGA en los lugares de trabajo en el territorio nacional. De acuerdo con esta Resolución, la clasificación y el etiquetado de los productos químicos, así como la ficha de datos de seguridad se elaborarán con base en el SGA Rev. 6 de las Naciones Unidas, mientras que la clasificación de carcinogenicidad se basa en los registros del Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (Ministerio del Trabajo y Ministerio de Salud y Protección Social, 2021).

Aunado a esto, la Resolución 0773, exige que todas las sustancias químicas peligrosas utilizadas en el lugar de trabajo lleven etiquetas, éstas deberán contener los siguientes elementos: identificación del producto; datos del proveedor; pictogramas de peligro; palabras de señalización; indicaciones de peligro; y consejos de prudencia (Ministerio del Trabajo y Ministerio de Salud y Protección Social, 2021).

Respecto a las implicaciones de seguridad y privacidad en el diseño de una aplicación móvil que utiliza tecnologías de detección, medición y capacidades del Internet de las Cosas (IoT); al ser una gran tendencia en las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) de actual y próxima generación debido a los cambios demográficos y socioeconómicos de la sociedad moderna, uno de los ámbitos de aplicación más prometedores de la IoT es la atención y prestación de servicios en salud, un sector que está experimentando una evolución importante que, en conjunto exigen una transición hacia sistemas más asequibles, omnipresentes y centradas en las personas (Castaño & Gallego, 2019).

En consecuencia, un tema importante para tener en cuenta en el desarrollo y adopción de aplicativos móviles más apremiante incluye la necesidad de garantizar la seguridad de las aplicaciones y establecer su rentabilidad mientras se involucra a los usuarios para optimizar su integración en la toma de decisiones relacionadas con la salud asociados a la exposición de sustancias químicas y/o tóxicas mientras realizan sus actividades laborales.

En este sentido, Colombia reconoce los derechos fundamentales en materia de datos personales en los artículos 15 y 20 de la Constitución Política Nacional: (1) el derecho a la intimidad y (2) el derecho a la rectificación de datos (Asamblea Nacional Constituyente, 1991). El tratamiento de datos está regulado además por dos leyes estatutarias y varios Decretos que establecen obligaciones relacionadas con la protección de datos. Por un lado, la Ley 1266 de

2008 regula el tratamiento de datos financieros, registro de crédito e información comercial recopilados en el país o en el extranjero. Mientras que la Ley 1266 define los términos generales sobre el habeas data y establece los principios básicos del tratamiento de datos los derechos de los interesados, las obligaciones del responsable del tratamiento y las normas específicas para los datos. La Ley 1266 establece las reglas y condiciones aplicables para que las Fuentes de Datos compartan información con los operadores de datos y para que estos últimos administren y compartan la información con los usuarios de datos. Sin perjuicio de ello, la Ley privilegia el tratamiento con fines de gestión de información financiera, crediticia, comercial y de servicios.

Los propietarios de los datos personales, independientemente de si se comparten o transfieren, son siempre las partes con las que dichos datos son identificables. Otras partes pueden tener el control y procesar dichos datos. Sin embargo, nunca se clasificarán como propietarios de estos. Las obligaciones de los responsables y encargados del tratamiento pueden diferir ligeramente, pero los requisitos principales son los mismos. Por ejemplo, los encargados del tratamiento deben asegurarse de que la información esté actualizada tras la notificación por parte de los responsables del tratamiento de cualquier cambio al respecto. Del mismo modo, los responsables del tratamiento deben notificar a los encargados del tratamiento cualquier cambio en la información tratada. Además, los responsables del tratamiento deben garantizar a los responsables del tratamiento que aplicarán todas las medidas de seguridad necesarias para garantizar la protección de los datos.

Por otro lado, en Colombia, la capacidad de impedir el uso no autorizado de obras creativas, literarias o científicas por parte de quienes puedan obtener beneficios económicos de ellas se conoce como derechos de autor. Según el artículo 61 de la Constitución, el Estado colombiano está obligado a brindar esta protección. En el país, el término propiedad intelectual

incluye los derechos de autor, así como los derechos conexos, la propiedad industrial (patentes y marcas), los derechos de autor los derechos sobre los descubrimientos científicos y otras creaciones humanas. La idea que subyace a los autores es proteger las obras resultantes del trabajo, el talento y el esfuerzo humano (Organización Mundial de la Propiedad Intelectual [OMPI], 2016).

En este sentido, en 2018 se firmó por parte del Gobierno colombiano la Ley 1915 de 2018 de Derechos de Autor: “por medio de la cual se actualiza la legislación en materia de derechos de autor” (Congreso de Colombia, 2018). La nueva legislación puso a los autores, artistas, intérpretes o ejecutantes y titulares de derechos de autor colombianos en igualdad de condiciones con otros países, de conformidad con las normas internacionales.

La ley también especifica el alcance de algunos derechos de autor y derechos conexos de propiedad, aumenta el plazo de protección para las corporaciones y actualiza el régimen de limitaciones y excepciones a los derechos de autor y derechos conexos.

## **5. Metodología**

### **5.1 Tipo de Investigación**

El tipo de investigación es descriptivo respecto de lo que reporta la literatura científica sobre aplicaciones móviles que pueden servir para detectar y medir los riesgos, bioquímicos en los procesos que desarrollan las industrias, los cuales son una combinación de la probabilidad de que ocurra un daño y la gravedad de este (Torke y Boral, 2017).

Según Hernández et al (2008), los estudios de tipo descriptivo se caracterizan por la descripción objetiva de hechos, situaciones y colectividades de manera muy cercana como se presentan en la realidad sin hacer énfasis en la causalidad. Se justifica este tipo de estudio descriptivo en esta investigación porque el objetivo es conocer que aplicaciones móviles han sido

desarrolladas para la detección y medición de riesgos bioquímicos, es decir saber qué reporta la literatura científica.

## **5.2 Enfoque de la Investigación**

El enfoque de investigación es mixto, es decir combina la información de tipo cuantitativa (datos), procedentes de mediciones de riesgos (bajo, regular, alto) y sus efectos cuando ocurren, con la información cualitativa de las categorías de estudio: riesgos bioquímicos, aplicaciones móviles, indicadores de detección y medición según criterios y parámetros.

De acuerdo con Bernal (2018), los enfoques mixtos son aquellos que en desarrollo de un proceso de investigación recopila, analiza e integra datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio, la ventaja es que aprovecha las fortalezas de ambos enfoques lo cual da profundidad al conocimiento obtenido, dada la triangulación que se realiza con la información de diferentes fuentes.

## **5.3 Diseño de la Investigación**

El diseño de la investigación corresponde a una revisión documental de literatura científica sobre las aplicaciones móviles que pueden detectar y medir el riesgo bioquímico en las industrias y particularmente en el laboratorio y empresas que fabriquen productos con sustancias químicas con potenciales efectos negativos en la salud, la revisión de literatura se realiza en Bases de Datos y repositorios como Google Académico, Scielo, Redalyc, Pubmed, Medline, Scopus, entre otros.

Según Hernández et al (2008) la investigación documental consiste en identificar, consultar y analizar información de otras fuentes y autores para construir un nuevo conocimiento o Estado de Arte sobre una cuestión. Este tipo de investigación también se conoce como investigación de revisión bibliográfica, que se caracteriza porque utiliza datos de fuentes

secundarias (Guerrero, 2015). Su objetivo principal es dirigir la investigación desde dos perspectivas, la primera es la recopilación de información ya existente, y la segunda sistematizar desde una visión panorámica y generalizadora un nuevo conocimiento, más profundo sobre una cuestión (Barraza, 2018).

### 5.3.1 Fases

Fase 1 Revisión de literatura científica en Base de Datos y Repositorios como Google Académico, Redalyc, Scielo, Pubmed, Medline, Scopus, Science Direct, a partir de las etiquetas “App en salud”, “App y medición de riesgos”, “Riesgos Bioquímicos”, “Medición de Riesgo Bioquímico”.

Fase 2 Identificación de aplicaciones móviles para la medición de Riesgos Bioquímicos:

- Revisión en bases de datos y repositorios.
- Selección de artículos que cumplan los criterios de inclusión y exclusión.
- Análisis de contenido, revisión y síntesis.

Fase 3 Contrastación de las aplicaciones móviles versus las herramientas de medición tradicional del riesgo bioquímico:

- Selección de aplicaciones móviles, caracterización.
- Selección de herramientas tradicionales de medición.
- Cuadro de comparación.

Fase 4 Diseño de un entregable con oportunidades de mejora identificadas en cada metodología:

- Selección de aplicaciones.
- Caracterización, ventajas y desventajas.
- Aspectos a mejorar.

#### **5.4 Propósito**

El propósito de la investigación es profundizar en el conocimiento de las aplicaciones móviles que se utilizan para medir el riesgo bioquímico en las empresas industriales, desde esa perspectiva, de acuerdo con el tipo de estudio enfoque y diseño la investigación es básica.

Según Colciencias (2020) la investigación básica es aquella que se realiza para obtener nuevos conocimientos acerca de hechos o fenómenos, sin que se tenga intención de darles alguna aplicación o utilización en un campo del conocimiento, los saberes se construyen a partir de saberes precedentes.

#### **5.5 Población**

La población la constituyen el conjunto de publicaciones científicas como artículos, documentos institucionales (Organización Mundial de la Salud OMS, Organización Panamericana de la Salud OPS, Ministerio de Salud); tesis de grado, las cuales son seleccionadas de bases de datos y repositorios como Google Académico, Scielo, Redalyc, Scopus, Medline, EBSCO, Dialnet, Science Direct, a partir de las etiquetas “Riesgo Bioquímico”, “Aplicaciones Móviles”, “Medición del Riesgo Bioquímico”, los criterios de inclusión son los siguientes:

- Publicaciones provenientes de bases de datos y repositorios de reconocido prestigio académico.
- Publicados en el periodo 2016-2024.
- En idiomas español e inglés.

Son criterios de exclusión:

- Publicaciones otro tipo de riesgo no bioquímico.
- Publicaciones en idiomas diferentes al inglés, español.

## 5.6 Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Información

Las técnicas de recolección de datos son el conjunto de diferentes herramientas utilizadas para recopilar información pertinente para la investigación, que garanticen la validez y confiabilidad de esta (Méndez, 2008).

Dado que la investigación se basa en una indagación de literatura científica en bases de datos y repositorios, la técnica utilizada es la revisión documental, la cual consiste en la recopilación de información a partir de fuentes secundarias, o conocimiento precedente en donde se seleccionan las fuentes, se organiza la información, se analiza y sintetiza el nuevo conocimiento, como instrumento para la recopilación de información se utiliza la ficha bibliográfica, que contiene los siguientes datos: título del documento, autor, año, contenido, conclusiones, referencias bibliográficas y dirección electrónica (link).

## 5.7 Técnicas de Análisis de la Información

La técnica utilizada para analizar la información es el análisis de contenido, definida por Hernández et al (2008), como una técnica de procedimiento de a partir de categorías de estudio como: identificación de aplicaciones móviles para medición de riesgo bioquímico, caracterización y contrastación de aplicaciones móviles y oportunidades de mejoramiento.

## 6. Presupuesto

**Tabla 2**

*Presupuesto*

Rubro	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Internet	Hacer	100	\$1.000	\$100.000
Libros	Texto	3	\$100.000	\$300.000
Fotocopias	Hojas	200	\$200	\$40.000
Impresiones	Hojas	200	\$200	\$40.000
Transporte	Viajes	200	\$10.000	\$2'000.000
<b>Total</b>				<b>\$2'480.000</b>

## 7. Cronograma de Actividades

**Tabla 3**

*Cronograma de Actividades*

Actividades	Año 2024																			
	Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo			
	Semanas	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4			
Fase 1. Revisión de Literatura Científica	■	■	■	■																
Fase 2. Identificación de aplicaciones					■	■	■	■												
Fase 3. Contrastación de aplicaciones									■	■	■	■								
Fase 4. Diseño de un entregable													■	■	■	■				
Fase 5. Elaboración documento final																	■	■		

## 8. Desarrollo de los Objetivos

### 8.1 Identificación de las Aplicaciones Móviles más utilizadas para la Medición de Riesgos

#### Bioquímicos en la Industria

Para dar cumplimiento con los objetivos planteados en este capítulo, la revisión del título, el resumen y la lista de referencias de cada estudio para localizar estudios potencialmente relevantes fue realizada de forma independiente por los tres autores. Además, se revisó detalladamente la versión completa de los trabajos incluidos para identificar los artículos, estudios y búsqueda en App Store y Play Store que estuvieran relacionados con el tema central de este proyecto. Inicialmente se identificaron un total de 42 aplicativos móviles no duplicadas como posibles aplicaciones para la medición de riesgos bioquímicos que se incluirían en este análisis. De ellas, 33 no cumplían las características de esta investigación y fueron excluidas, haciendo un total de 9 apps analizadas, aunque una de ellas fue finalmente eliminada por no estar disponible en las tiendas al intentar solventar la falta de consenso. Por lo tanto, se incluyeron un total de 8 aplicaciones para el análisis en este estudio.

A partir de dicha investigación se logró identificar los siguientes resultados:

Muchas aplicaciones móviles brindan información sanitaria, orientación psicológica y del estilo de vida, recordatorios de toma de medicación, consultas médicas en línea y, en general, una serie de servicios orientados a cubrir todas las necesidades de salud. A la fecha, se considera la existencia de unos 325.000 APP de salud disponibles, principalmente, en las plataformas de Google Play Store y de Apple Play Store.

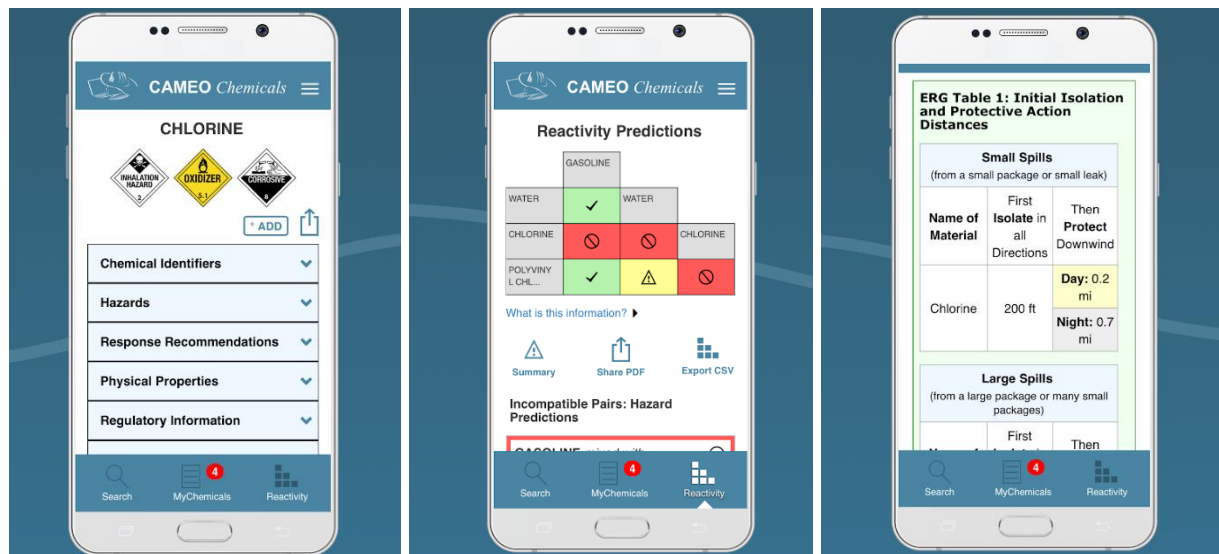
Los campos con mayor desarrollo son conexión con el médico (30%), diabetes (27%), corazón y sistema circulatorio (24%), adherencia a la medicación (24%), hábitos saludables y fitness (22,5%), eficiencia hospitalaria (19%), salud mental (17%) y tan sólo un 11% de las aplicaciones móviles abordan temas relacionados con la medición de riesgos bioquímicos en la industrial. Solo en el año 2017 se calculó un número de 370 millones de descargas. Por tanto, la información que se intercambia responde a innumerables variables por demás heterogéneas.

Los desarrolladores de aplicaciones móviles saben que el mercado de la salud es muy grande, de ahí que su notable incremento responde a objetivos financieros. Esta situación ha determinado la expedición de normativas y de la exigencia de certificación de aplicaciones. En Estados Unidos, la Food and Drugs Administration (FDA) en su documento de “Política para funciones de software de las aplicaciones médicas móviles” establece los lineamientos de las funciones, seguridad, limitaciones, facturación, entre otras características, de todas las aplicaciones relacionadas a la salud, entonces si una aplicación móvil está destinada a la realización de una función de dispositivo médico, es decir, si se utiliza para el diagnóstico de una enfermedad, o la curación, mitigación, tratamiento o prevención de enfermedad, se considera un dispositivo médico, independientemente de la plataforma en la que se ejecuta.

Los riesgos bioquímicos se derivan de la presencia y exposición a sustancias químicas que pueden derramarse en las superficies y producir emergencias por ser sustancias inflamables, comburentes y explosivas, en este caso los dispositivos móviles indicaran el nivel de riesgo. Un ejemplo de aplicaciones móviles que permiten identificar productos químicos y sustancias peligrosas es CAMEO Chemicals. Este aplicativo móvil, también incluye recomendaciones de respuesta y planificación sobre explosiones, emanaciones tóxicas y otros peligros. Bomberos y planificadores de emergencias de todo el mundo utilizan CAMEO Chemicals para prepararse y responder a las emergencias (ver figura 4).

**Figura 4**

*CAMEO Chemical de apoyo frente a emergencias químicas*



*Nota.* Base de datos de productos químicos que puede ser utilizado para predecir peligros y obtener recomendaciones de respuesta. Adaptado de, Google Play (2023).

CAMEO Chemicals ya estaba disponible como programa de escritorio, sitio web y sitio web para dispositivos móviles. Desde 2017, se encuentra disponible para teléfonos inteligentes, con mejoras importantes a partir de 2021 y que, a través de Google Play y App Store se puede

descargar a los dispositivos móviles. Es posible descargar la aplicación para consultar información clave sobre sustancias químicas y respuesta en teléfonos inteligentes y tabletas.

Una vez descargada, se pueden buscar sustancias químicas y predecir su reactividad sin conexión a Internet, lo que la convierte en una valiosa herramienta para el personal de emergencias que se desplaza. Con una conexión a Internet, puede acceder a más recursos, como la Guía de Bolsillo sobre Peligros Químicos del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo y las Fichas Internacionales de Seguridad Química.

La aplicación Cameo Chemical, está llena de características, incluyendo:

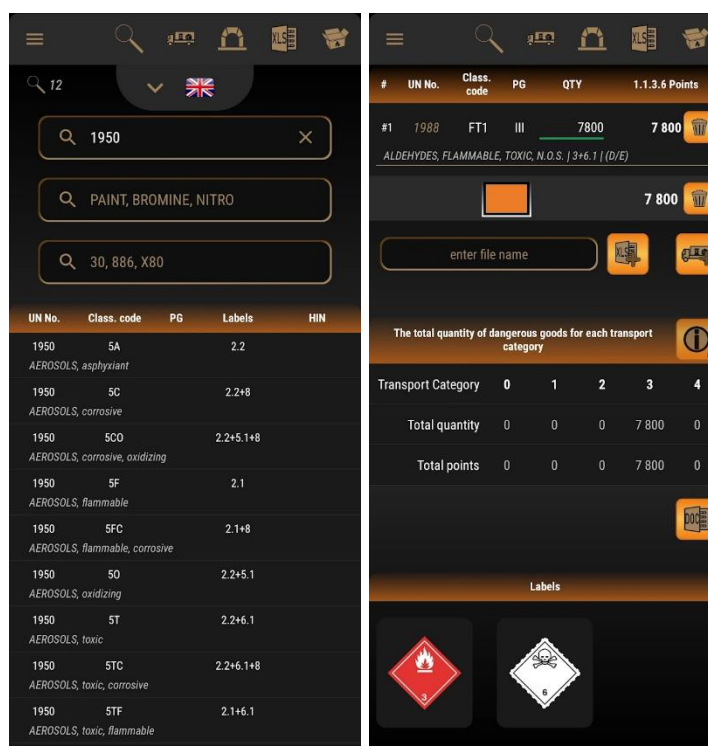
- Búsqueda por nombre, número del Chemical Abstracts Service o número de las Naciones Unidas/Norteamérica para encontrar sustancias químicas de interés en la base de datos de miles de sustancias peligrosas.
- Encontrar propiedades físicas, peligros para la salud, peligros para el aire y el agua, recomendaciones para la lucha contra incendios, primeros auxilios y respuesta ante derrames, e información reglamentaria.
- Predecir los peligros potenciales que podrían surgir si se mezclaran sustancias químicas.
- Acceder rápidamente a recursos adicionales como el manual del Sistema de Información de Respuesta a Peligros Químicos de la Guardia Costera de EE.UU., la Guía de Bolsillo del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo y las Fichas Internacionales de Seguridad Química.
- Encontrar información de respuesta en la Guía de Respuesta a Emergencias e información de envío en la Tabla de Materiales Peligrosos. Los PDF de la Guía de Respuesta a Emergencias están disponibles en inglés, español y francés.

- Guardar y comparte la información con colegas (NOAA Office of Response and Restoration, 2023).

Por otro lado, se encuentra la aplicación ADR Tool Feature. Este aplicativo móvil es usado cuando existe el riesgo bioquímico derivado de transporte de sustancias peligrosas, monitoreo, cambios en las propiedades físicas, temperatura, presión, concentraciones permitidas (ver figura 5).

### Figura 5

*Aplicación móvil ADR TOOL 2021*



*Nota.* Aplicación para mercancías peligrosas. Adaptado de, ADR Tool (2024).

En la actualidad, ADR Tool, cuenta con su quinta edición, actualizada con mejoras desde el 01 de enero de 2023, la cual permite acceder a información e interpretaciones seleccionadas, a partir del número ONU, de acuerdo con las normas establecidas al Acuerdo relativo al Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Carretera (ADR). Gracias a este

aplicativo es posible que el usuario logre calcular los puntos de exención ADR para varias mercancías de la lista de carga y mostrará si se necesita “conducir según ADR”. Al mismo tiempo, la aplicación expondrá los nombres de las mercancías peligrosas (nombres propios de transporte ADR) y los embalajes hasta en 23 idiomas europeos. La app identificará rápidamente las mercancías peligrosas transportadas (etiquetas, peligros, mercancías de alto riesgo y muchas otras), entre otras ayudas relacionadas con el transporte de mercancías peligrosas.

Por otro lado, se encuentra la aplicación móvil ERG. Esta aplicación móvil es un recurso para emergencias por accidente con materiales químicos peligrosos, en los primeros 30 minutos que son críticos (ver figura 6). El ERG contiene la lista de sustancias peligrosas, los peligros asociados a cada una, las precauciones y las acciones a desarrollar en caso de accidente.

### Figura 6

*Aplicación móvil ERG 2020-2024*



*Nota.* Guía de respuesta a emergencias como el recurso de referencia para los socorristas durante la etapa inicial de un incidente de transporte de materiales o mercancías peligrosos. Adaptado de, Google Play (2024).

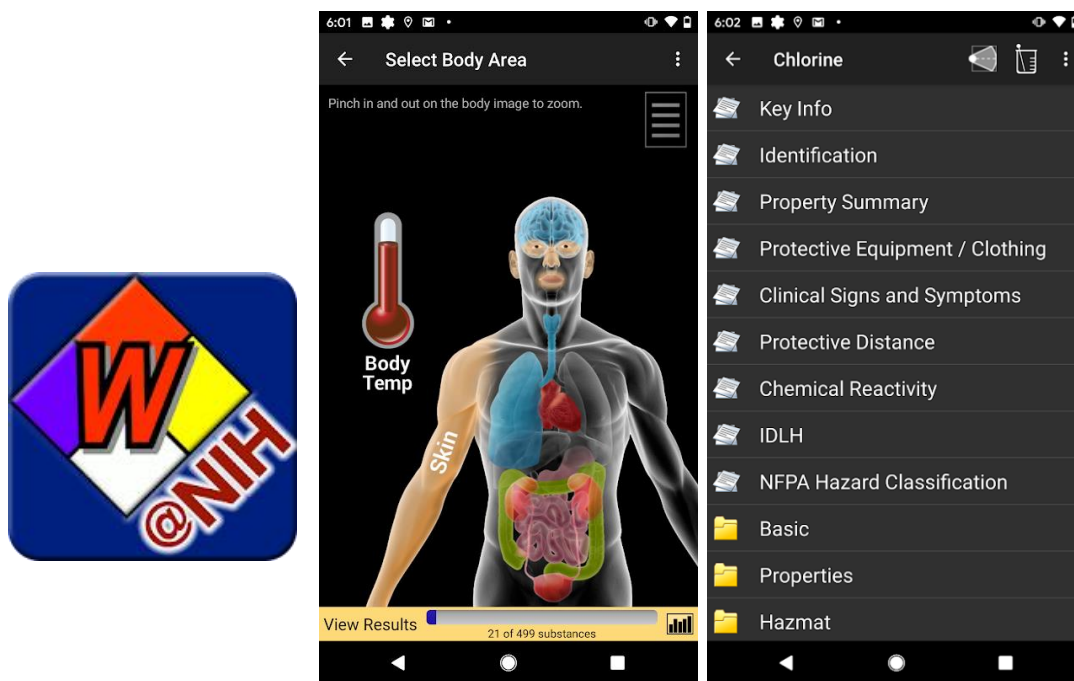
La aplicación móvil ERG está diseñada para proporcionar un cómodo acceso sobre la marcha a los contenidos de la Guía de Respuesta a Emergencias de América del Norte (NAERG) en sus dispositivos móviles, como un teléfono inteligente o una tableta. Los transportistas de materiales peligrosos también pueden beneficiarse de la aplicación ERG2020-4 y utilizarla para imprimir rápidamente páginas específicas de la Guía. Esta guía proporciona a los primeros en respuesta información valiosa que puede ayudarles a hacer frente a incidentes relacionados con el transporte de materiales peligrosos. También describe los riesgos generales que pueden plantear estas mercancías y las precauciones de seguridad recomendadas (Transport Canada, 2020). El manual NAERG se ha elaborado en colaboración con Canadá, Argentina y México. El NAERG se actualiza cada cuatro años. Estas páginas pueden incluirse con otros documentos de envío para cumplir con los requisitos de información escrita en relación con la respuesta ante emergencias (Transport Canada, 2020). La aplicación móvil ERG2020-4 está disponible para dispositivos Android y iOS.

Mientras tanto, la aplicación WISER, está diseñada para riesgo bioquímico producido por incidentes con materiales y sustancias peligrosas (ver figura 7). Contiene información sobre sustancias peligrosas, recursos de emergencia disponibles, condiciones ambientales existentes y minimización de impactos, los datos la toma del Banco de Datos de Sustancias Peligrosas (HSDB) de TOXNET, un recurso de información autorizado en Estados Unidos, la información se presenta en inglés.

#### Características de WISER:

- Acceso rápido a la información más importante sobre una sustancia peligrosa mediante un motor de sinopsis inteligente y una pantalla denominada “Key Info”.
- Soporte de sustancias radiológicas y biológicas.

- Interfaz de usuario intuitiva, sencilla y lógica, desarrollada en colaboración con equipos de primera intervención experimentados.
- Amplio apoyo a la toma de decisiones, incluida la asistencia en la identificación de un producto químico o síndrome químico desconocido y la orientación sobre las medidas inmediatas necesarias para salvar vidas y proteger el medio ambiente.
- El soporte SIG permite superponer la distancia de aislamiento/protección en un mapa del incidente.
- Acceso al Banco de Datos de Sustancias Peligrosas (HSDB) de la NLM, que contiene información detallada revisada por expertos sobre sustancias peligrosas.
- Datos interactivos de reactividad química basados en el CRW 3.0 de la NOAA, que permiten a WISER predecir los peligros causados por una mezcla de sustancias químicas prescrita por el usuario.
- Los perfiles de usuario permiten a los usuarios especificar el papel que desempeñan actualmente en el lugar de un incidente: primer interviniente, especialista HAZMAT, especialista EMS, proveedor hospitalario o planificador de la preparación. La información clave que se presenta al usuario sobre una sustancia varía en función de este rol, de modo que se puede acceder rápidamente a la información más relevante para el trabajo respectivo.
- Datos ERG 2023; la versión Android de WISER incluye la herramienta ERG 2023 completa.
- WISER (Sistema de Información Inalámbrico para Equipos de Respuesta de Emergencia) es una aplicación móvil diseñada para ayudar a los primeros en responder en incidentes con materiales peligrosos.

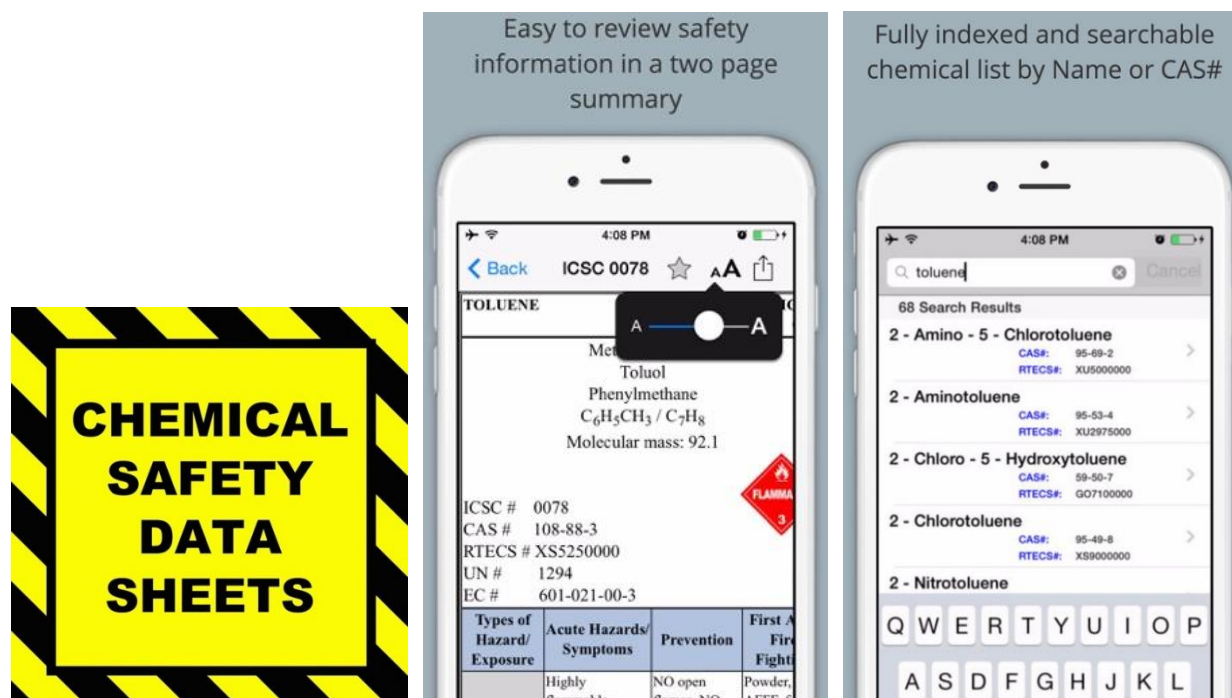
**Figura 7***Aplicación móvil WISER*

*Nota.* Recurso aplicativo que proporciona identificación, consideraciones sobre el equipo, medidas de protección, procedimientos en caso de incendio, reactividades, tratamiento de primeros auxilios y otra información sobre las sustancias químicas más comunes. Adaptado de, Google Play (2023).

Por otro lado, como una opción para brindar información y ayudar a mantener la seguridad de laboratorios químicos, así como la del personal que allí labora, fue diseñada la aplicación Chemical Safety Data Sheet – ICSC, cuya accesibilidad se encuentra disponible de manera gratuita sólo para dispositivos iOS. Esta aplicación muestra las Fichas Internacionales de Seguridad Química [FISQ] elaboradas por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la Oficina Internacional del Trabajo (OIT) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) (ver figura 8).

**Figura 8**

*Aplicación móvil Chemical Safety Data Sheet – ICSC*



*Nota.* Fichas de datos de seguridad química. Adaptado de ThatsMyStapler Inc., (2016).

En la aplicación móvil Chemical Safety Data Sheet – ICSC, cada ficha presenta (en un formato bien organizado y conciso) los principales peligros asociados a cada sustancia química (tanto los peligros físicos, como la inflamabilidad, como los peligros para la salud) junto con las correspondientes medidas preventivas e instrucciones de primeros auxilios.

La colección de sustancias químicas está ordenada alfabéticamente, y los usuarios pueden buscar sustancias químicas específicas por su nombre o por su número CAS (numeración única para polímeros, compuestos químicos, aleaciones, preparados y secuencias biológicas).

Debajo de este primer bloque de información, la aplicación Chemical Safety Data Sheet ofrece información sobre la eliminación y el almacenamiento de vertidos, las propiedades físicas y químicas, e información sanitaria pertinente como las vías de exposición, el riesgo de inhalación y los efectos de la exposición a corto y largo plazo.

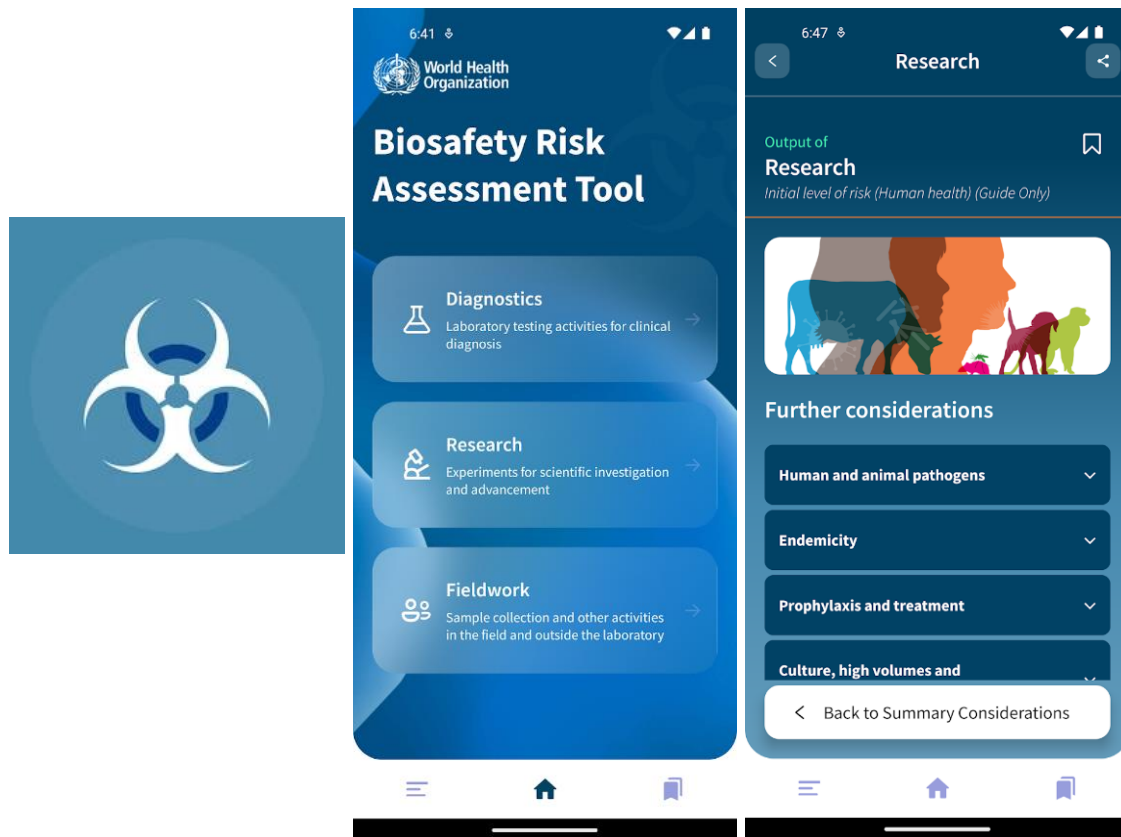
El aplicativo móvil Chemical Safety Data Sheet resume la información esencial sobre salud y seguridad de los productos químicos para su uso en el “taller” por parte de empleadores y trabajadores en fábricas, agricultura, construcción y otros lugares de trabajo.

Esta aplicación puede ser utilizada para aumentar la seguridad y la salud en el trabajo cuando se trabaje con las sustancias químicas aplicables como complemento de las fichas de datos de seguridad de material o cuando estas fichas no estén disponibles.

Otra aplicación pertinente, es la desarrollada por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2024) denominada WHORAST (ver figura 9).

### Figura 9

*Aplicación móvil WHO RAST*



*Nota.* Herramienta de Evaluación de Riesgos (RAST). Adaptado de World Health Organization, (2024).

WHORAST es una herramienta de evaluación de riesgos para bioseguridad y bioprotección en laboratorios la aplicación tiene como objetivo aumentar la identificación y la comprensión de los peligros y los riesgos y promover la evaluación exhaustiva y el cumplimiento de prácticas de seguridad antiagentes biológicos y químicos la aplicación está capacitada para realizar cálculos de riesgos complejos basado en información sobre peligros asociados a un trabajo, ya sea en un laboratorio de investigación, de diagnóstico o en entornos de trabajo de campo. Investigaciones desarrolladas por la OMS invitan que los trabajadores de laboratorio son hasta 1.000 veces más vulnerables a contraer infecciones en comparación con la población general.

Otra aplicación móvil para medición de riesgo bioquímico se denomina “Chemical Inventory Management Apps”, está diseñada para respaldar operaciones que pueden verse afectados por el uso y manipulación de productos químicos peligrosos, permite la medición de residuos peligrosos, contaminantes, compuestos orgánicos volátiles, informe de zonas inflamables, informes de sustancias químicas caducadas.

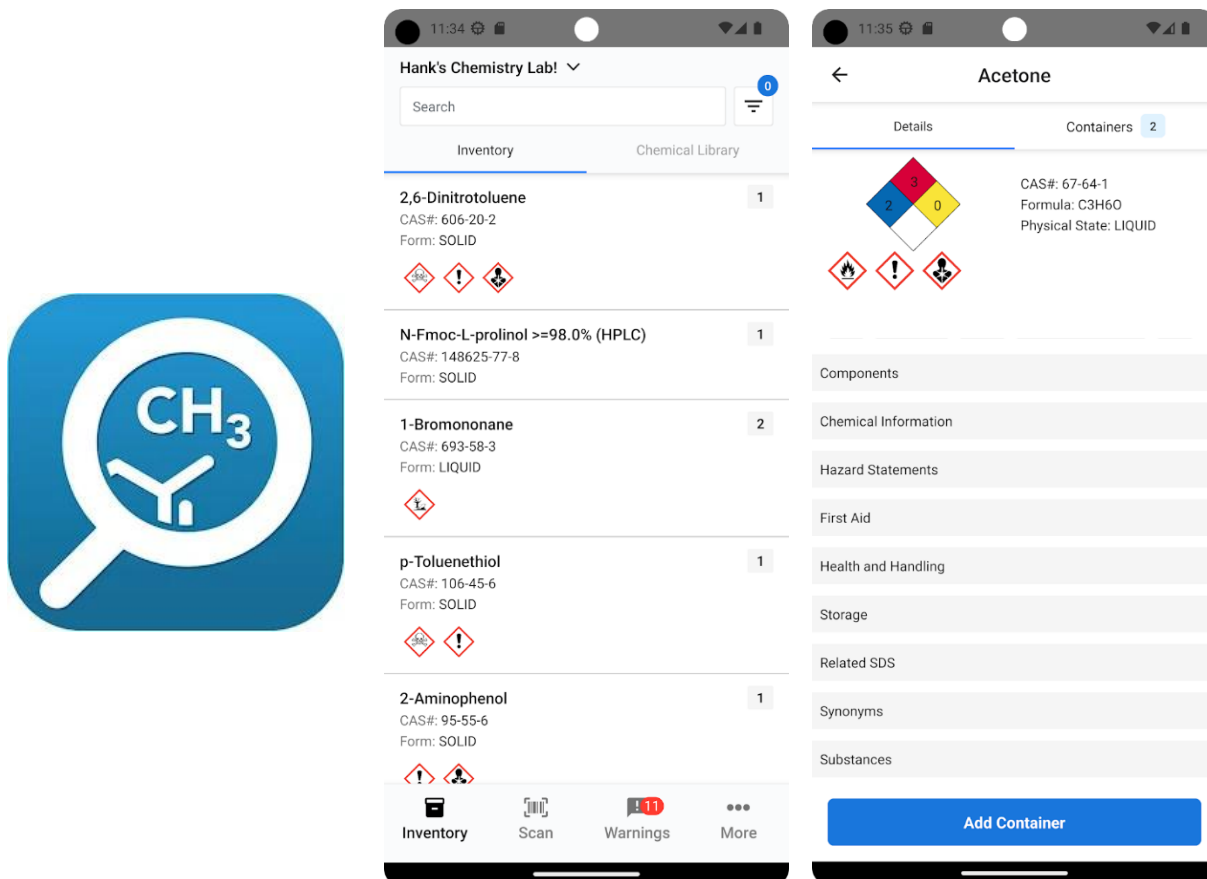
El módulo de desechos peligrosos incluye funciones para rastrearlas desde su generación hasta su destrucción. El software tiene funciones para gestionar y rastrear la información relevante para la seguridad en el lugar de trabajo, informes de accidentes e incidentes, informes de OSHA e Higiene Industrial.

Por otro lado, se encuentra el aplicativo móvil “RSS Chemicals” (ver figura 10), esta herramienta es una aplicación móvil de gestión de inventario de productos químicos para garantizar seguridad, identificar peligros y dar respuesta a emergencias en entornos de laboratorio. La aplicación utiliza un sistema de código de barras para ayudar en la gestión de inventarios.

La herramienta productos químicos, contiene dos módulos SDS (fichas de datos de seguridad) y MAQ (cantidad máxima permitida) estrechamente integrada con Chemicals, la aplicación SDS es una biblioteca digital que permite a los usuarios ver los productos químicos existentes en el laboratorio, los peligros, los requisitos de almacenamiento y las consideraciones de compatibilidad de sustancias.

### Figura 10

*Aplicación móvil RSS Chemicals*



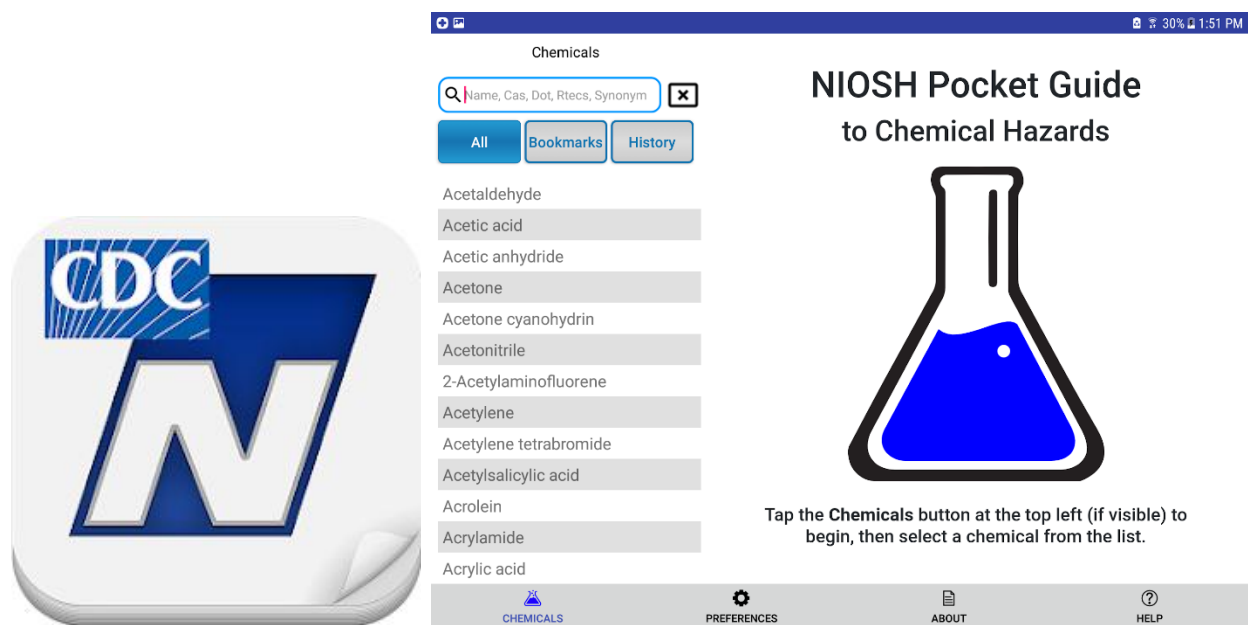
*Nota.* Herramienta de gestión de inventario de productos químicos. Adaptado de, UC Risk & Safety Solutions, (2024).

Es importante mencionar la aplicación móvil desarrollada por Centers for Disease Control and Prevention, como aplicación de Salud y Seguridad para trabajar con peligros

químicos, entre ellas se encuentra la aplicación web móvil guía de bolsillo de NIOSH Mobile Pocket Guide (ver figura 11), disponible para todos los dispositivos y diseñada para brindar información relacionada con la higiene industrial para empleadores, profesionales en salud ocupacional y trabajadores, que ayuda a los usuarios a reconocer y controlar riesgos químicos ocupacionales, contiene un índice de sustancias químicas con datos como nombre, fórmula, concentración, nivel de exposición y concentración límite, para una temperatura y presión dadas, incompatibilidad con otras sustancias, reactividad, combustión e inflamabilidad, exposición, contacto con la piel, ojos y otros órganos, síntomas, medidas de protección e indicaciones sanitarias.

### Figura 11

*Aplicación móvil NIOSH Mobile Pocket Guide*



*Nota.* Guía de bolsillo para identificar peligros químicos. Adaptado de Centers for Disease Control and Prevention, (2023).

## **8.2 Contrastación de aplicaciones móviles versus herramientas de medición tradicional del Riesgo Bioquímico**

Para la medición del riesgo bioquímico la tecnología es más sofisticada y permite incorporar dispositivos portátiles (wearables) en alguna parte del cuerpo que proporcionan monitorización y retroalimentación inmediata (interactuando de forma continua con el usuario y con otros dispositivos), con la finalidad de realizar alguna función concreta. Así se captan variedad de parámetros de salud de forma continua y la información es devuelta inmediatamente al paciente a través de aplicaciones móviles, relojes inteligentes y pulseras, conectados para realizar un seguimiento activo del estado de salud.

La medición se basa en sensores que permiten a los diferentes dispositivos recoger y emitir datos de forma constante. Estos sensores se pueden clasificar en 3 categorías principales: sensores de movimiento (convierten el movimiento mecánico en una señal eléctrica), fisiológicos (utilizan componentes ópticos, eléctricos, acústicos o de detección térmica para medir parámetros vitales como la frecuencia cardíaca, la temperatura, la presión arterial o la saturación de oxígeno en sangre, la actividad bioeléctrica como electrocardiografía o electroencefalografía) bioquímicos que se utilizan para medir sustancias químicas como la glucosa, electrolitos. A nivel asistencial, los profesionales de atención primaria ya están integrando los wearables en la práctica clínica con la finalidad de monitorizar la salud de los pacientes, el manejo de las enfermedades crónicas, el diagnóstico y el tratamiento de enfermedades y la rehabilitación. Algunos ejemplos de usos incluyen acelerómetros (miden el movimiento plano o 3D) o sensores de movimiento y sensores de detección de fibrilación auricular. Se pueden utilizar solos o combinados con otros parámetros como la frecuencia cardíaca.

Los dispositivos wearables permiten una mejora del cuidado en la salud en diferentes ámbitos: desde el centro de salud (CS), el domicilio, el trabajo o en la comunidad. Existe variedad de sensores de movimiento. Los acelerómetros son uno de los sensores más utilizados y miden la aceleración que lleva a cabo una persona cuando se mueve. Pueden ser uniaxial o triaxial, según midan las aceleraciones en una sola dirección (vertical) o lo hagan en 3 direcciones (antero-posterior, medio-lateral y longitudinal). Asimismo, representan uno de los métodos más fiables en el registro y el almacenamiento de la cantidad de actividad física a diferentes intensidades realizada por cada persona y en un periodo de tiempo determinado.

Aunado a esto, las nuevas apps parecen prometedoras por ser más sofisticadas y más accesibles de implementar que las herramientas tradicionales de salud y seguridad, como nueva adición a la caja de herramientas de salud y seguridad, el conocimiento de las apps es todavía algo limitado. Lo anterior, dado que las tecnologías digitales han cambiado radicalmente la vida laboral en muchos aspectos en las últimas décadas, incluida la forma de mejorar la salud laboral. No hace mucho tiempo, la vigilancia del entorno laboral requería un formulario en papel que se entregaba en el lugar de trabajo o se enviaba por correo, seguido de un laborioso proceso de recogida y comparación de respuestas.

En la actualidad, es posible medir la satisfacción de los empleados con la frecuencia que se desee, enviar cualquier cantidad de herramientas y directrices sobre el entorno de trabajo directamente a los bolsillos del grupo objetivo a través de aplicaciones para teléfonos inteligentes. No sólo se aceleran los procesos, sino que también es más fácil compartir ideas y recuperar información cuando se desee. El mercado de las aplicaciones de seguridad y salud en el trabajo está creciendo rápidamente y ofrece una gran cantidad de enfoques y oportunidades

para los profesionales del entorno laboral. Sin embargo, con el mercado emergente de las aplicaciones, existe un escaso conocimiento sobre las aplicaciones disponibles.

A partir de la revisión que se ha llevado a cabo en el presente estudio, ha sido posible determinar que, a partir de investigaciones como la de Velandia, *et al.*, (2021) y la de González y Tobar (2021), un mercado ya amplio para las aplicaciones de software es el campo de la salud. Aunque las aplicaciones son bastante nuevas en el ámbito de la SST y la prevención de accidentes laborales, se han utilizado e investigado más ampliamente en los entornos de atención médica. En este ámbito, la e-health (salud electrónica) y la m-health (salud móvil) han ido ganando terreno con la expectativa de que la tecnología pueda contribuir al proceso de permitir a las personas aumentar el control sobre su salud y mejorarla (Jiménez, *et al.*, 2019), haciendo que la atención médica sea más accesible y personal.

Con respecto a los riesgos bioquímicos, se considera que, dentro de las principales características, las aplicaciones móviles pueden mejorar los programas en diversos entornos laborales dado que, los riesgos en la vida en el trabajo cada año van en aumento en sectores como la construcción, la minería, la industria manufacturera y la agricultura, pese a que las estrictas normativas de seguridad en el lugar de trabajo combinadas con los avances en seguridad deben garantizar que el mundo laboral se convierta en un lugar cada vez más seguro.

En este contexto, las aplicaciones de medición de riesgos bioquímicos pueden garantizar que se siguen los procedimientos de seguridad adecuados y que se corrigen las situaciones peligrosas antes de que alguien sufra lesiones o una enfermedad. Pueden hacer cosas como medir los niveles sonoros para ayudar a reducir la peligrosa exposición al ruido, calcular los niveles de temperatura y proporcionar información sobre riesgos químicos. Estas aplicaciones pueden utilizarse para inventariar los equipos de protección individual o registrar las lesiones sufridas en

el lugar de trabajo a efectos de indemnizaciones por accidentes laborales, pueden llegar a muchas personas, son accesibles las 24 horas del día, el contenido puede actualizarse en cualquier momento y la formación puede repetirse tantas veces como se desee (Bernal & Bello, 2021).

En simetría, las aplicaciones móviles que permiten medir riesgos bioquímicos (químicos y sustancias peligrosas) también incluyen recomendaciones de respuesta y planificación sobre explosiones, emanaciones tóxicas y otros peligros. Ayudan, además, a identificar riesgo bioquímico derivado de transporte de sustancias peligrosas; funcionan como recurso para emergencias por accidente con materiales químicos peligrosos; así como, para respaldar operaciones que pueden verse afectados por el uso y manipulación de productos químicos peligrosos. Las aplicaciones móviles de medición de riesgo bioquímicos en la industria también tienen funciones para gestionar y rastrear la información relevante para la seguridad en el lugar de trabajo, informes de accidentes e incidentes, informes de OSHA e Higiene Industrial; al mismo tiempo, permiten la gestión de inventario de productos químicos para garantizar seguridad, identificar peligros y dar respuesta a emergencias en entornos de laborales.

Otra característica de estas aplicaciones móviles es que, estas herramientas pueden activar y utilizar las funciones del teléfono inteligente, como las notificaciones, los sensores, el GPS, las grabaciones de audio y vídeo, la cámara y el acceso a Internet para proporcionar información o apoyo instantáneos. En estos aplicativos se pueden buscar sustancias químicas y predecir su reactividad, incluso sin conexión a internet, lo que la convierte en valiosas herramientas para el personal de emergencias que se desplaza. Con una conexión a Internet, los usuarios pueden acceder a más recursos.

Sin embargo, el uso de teléfonos inteligentes para gestionar los riesgos y peligros en la seguridad y la salud en el trabajo destinadas para medir los riesgos bioquímicos ocupacionales

puede tener consecuencias negativas. Entre los posibles problemas se incluyen la falta de transparencia, la preocupación por la seguridad de los datos dada la naturaleza sensible de esta información recopilada por las aplicaciones con la medición de riesgos bioquímicos y la necesidad de seguir estándares de buenas prácticas y cumplir con las leyes de protección de datos, la preocupación porque el teléfono inteligente o la aplicación sean una herramienta de vigilancia de los trabajadores, la atención constante que se presta a la tecnología como factor de estrés, las posibles interpretaciones erróneas de la información instantánea que aparece en la pantalla, la difuminación de los límites entre el trabajo remunerado y la vida personal, y el aumento de la disponibilidad. Asimismo, se considera que una desventaja importante es la falta de efectos documentados de las aplicaciones disponibles.

Al mismo tiempo, la falta de validación de los dispositivos wearable por parte de los organismos reguladores es uno de los principales motivos por los que los profesionales y encargados de la seguridad y salud en el trabajo no saben cómo relacionarse con estos. Es importante la precisión de los dispositivos y la evidencia de que mejoran los resultados en la medición de riesgos bioquímicos en los trabajadores. Es necesario que profesionales y encargados de la seguridad y salud en el trabajo y las autoridades aborden la necesidad de validar y certificar las aplicaciones móviles destinadas a la medición de riesgos bioquímicos en la industria como herramienta en la implementación de la SST. Asimismo, generar recursos para garantizar que tanto los profesionales como los trabajadores sepan cómo seleccionar y utilizar estos dispositivos para obtener beneficios, así como minimizar los riesgos del uso inapropiado.

A pesar de estas ventajas e inconvenientes, el mercado de las herramientas basadas en aplicaciones para medir el riesgo bioquímico en la industria, enfocadas en la salud y la seguridad en el trabajo está creciendo, y es importante examinar científicamente este campo. Hasta ahora,

se han realizado pocas investigaciones científicas sobre las aplicaciones en la promoción de la salud, y aún menos sobre el uso de aplicaciones como herramientas que permiten medir los riesgos bioquímicos en la industria y la caracterización de sus ventajas y desventajas.

Por otro lado, las herramientas de medición tradicional de riesgo bioquímico han jugado un papel importante a la hora de la eliminación de pérdidas, reducción de accidentes y enfermedades debido al daño potencial asociado a la exposición del trabajador. Estas herramientas o metodologías de medición de riesgos se han desarrollado debido a la creciente importancia de llevar a cabo una evaluación del riesgo de las sustancias peligrosas en la prevención y gestión eficaces de enfermedades profesionales. La evaluación del riesgo puede proporcionar información exhaustiva y cuantitativa sobre los efectos en el cuerpo humano de la exposición a sustancias peligrosas en el lugar de trabajo, contribuyendo así a la adquisición de confianza entre trabajadores, empresarios y gobiernos, proporcionando y aplicando normas reglamentarias razonables para establecer objetivos de gestión ingenieril y administrativa. Dado que la evaluación de riesgos es esencial en la gestión de los peligros y valoración de los riesgos, las organizaciones académicas pertinentes han trabajado para establecer normativas internacionales; el desarrollo de tecnologías para los métodos de evaluación de riesgos y la cooperación internacional también son tareas fundamentales.

Las herramientas de identificación y valoración del riesgo bioquímico son instrumentos utilizados para evaluar los peligros potenciales asociados a las sustancias químicas que ayudarán a diseñar estrategias para garantizar la seguridad de los trabajadores, los consumidores, el medio ambiente y cualquier persona que pudiera estar expuesta. En este sentido, se pueden utilizar diferentes técnicas para evaluar y priorizar el riesgo. La evaluación del riesgo implica la determinación de un valor cuantitativo o cualitativo del riesgo. La evaluación cuantitativa

(objetiva) del riesgo requiere el cálculo de los dos componentes del riesgo: la probabilidad de que se produzca el riesgo y la gravedad de las consecuencias potenciales. Este enfoque rara vez se aplica en la práctica. Mientras que, la evaluación cualitativa (subjetiva) del riesgo es más común y suele adoptar una metodología basada en una matriz de mediciones. La matriz de evaluación de riesgos consiste en una cuadrícula bidimensional con categorías de efectos nocivos en un eje y categorías de probabilidad o verosimilitud en el otro eje. Las celdas de la cuadrícula se utilizan para indicar el riesgo.

En un análisis cualitativo, se revisa la toxicidad (peligro inherente) de un agente junto con la frecuencia, duración y extensión (grado) de la exposición para estimar si un escenario de exposición dado es “aceptable” o si es probable que produzca un efecto negativo para la salud. Se formulan preguntas sobre el flujo del proceso, los procedimientos y los controles de exposición existentes. Se revisan las fichas de datos de seguridad (FDS). Se observan el funcionamiento de los equipos y las prácticas de trabajo de los empleados, y se tiene en cuenta el impacto de la variabilidad del proceso y el rendimiento de los trabajadores. Este tipo de evaluación puede realizarse para una sustancia específica o para todo el espectro de riesgos potenciales para la salud laboral en un lugar de trabajo determinado. Una vez completado el proceso cualitativo, puede emplearse el muestreo para comprobar las hipótesis. También puede utilizarse si el proceso cualitativo no ha revelado una respuesta clara. Otra opción de análisis cualitativo son los modelos de exposición, para la medición de contaminantes químicos en los entornos ocupacionales.

Mientras que, la evaluación cuantitativa es la evaluación de la exposición de los trabajadores utilizando métodos en gran medida objetivos, y consiste en la medición real de un agente químico, físico o biológico utilizando algún tipo de método de muestreo. Las técnicas

pueden incluir el uso de instrumentos de lectura directa como sonómetros, registrador de datos de temperatura o detectores de gas que proporcionan resultados instantáneos. Otras técnicas incluyen la recogida física de una sustancia en un medio especializado que luego se envía a un laboratorio para su análisis, estas son las pruebas de toxicología en las que se incluyen diversas pruebas in vitro e in vivo para evaluar la toxicidad de las sustancias químicas. Estas pruebas pueden proporcionar datos sobre toxicidad aguda y crónica, genotoxicidad y carcinogenicidad. Algunos ejemplos son las bombas de muestreo de aire y los tubos de adsorbente o los casetes de filtro; las trampas de esporas de moho; o las muestras de toallitas de superficie.

Dado que estas evaluaciones sólo representan una instantánea en el tiempo, las evaluaciones cualitativas deben revisarse y actualizarse siempre que se produzcan cambios en los agentes, procesos y/o controles en el lugar de trabajo. Una práctica prudente incluye también la revisión periódica de las evaluaciones cualitativas. Las evaluaciones cuantitativas también deben revisarse y actualizarse cuando haya preocupación por cambios en las exposiciones.

En conjunto, estos dos métodos -tanto cualitativos como cuantitativos- ayudan al empleador a caracterizar la exposición probable de cada trabajador o de cada “grupo de exposición similar” de trabajadores a diversos riesgos y peligros para la salud en el lugar de trabajo, de modo que pueda gestionarse eficazmente el riesgo de enfermedad profesional. Al mismo tiempo, estas herramientas son esenciales para el cumplimiento de la normativa, la seguridad de los productos y la protección del medio ambiente, ya que ayudan a determinar el potencial de las sustancias químicas para causar efectos adversos en la salud humana y el medio ambiente. El principal objetivo de las herramientas de identificación y evaluación de riesgos en seguridad y salud ocupacional es servir de base técnica para la introducción de medidas de

reducción de riesgos. Permiten tomar decisiones informadas y gestionar los riesgos para minimizar los efectos adversos de las sustancias químicas en la salud de los trabajadores.

**Tabla 4**

*Contrastación de las Aplicaciones Móviles versus Herramientas de Medición Tradicional de Riesgo Bioquímico*

Aspectos comparativos	Aplicaciones Móviles	Herramientas Tradicionales de Medición
<b>1. Tipos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ADR TOOL 2021</li> <li>• CAMEO chemicals</li> <li>• ERG 2020</li> <li>• WISER</li> <li>• Chemical Safety Data Sheet – ICSC</li> <li>• WHO RAST</li> <li>• Chemical Inventory Management Apps</li> <li>• RSS Chemicals</li> <li>• NIOSH Mobile Pocket Guide.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exámenes de parámetros bioquímicos</li> <li>• Escala de indicadores bioquímicos.</li> <li>• Metodología basada en una matriz de mediciones y observaciones.</li> <li>• Fichas de Datos de Seguridad (FDS)</li> <li>• Modelos de exposición para la medición de contaminantes químicos en los entornos ocupacionales.</li> </ul>
<b>2. Uso de Tecnología</b>	<p>Utilización de software robusto y complejo que monitorea la evolución de una variable de riesgo bioquímico que evoluciona en el tiempo. La identificación del riesgo se realiza a partir de la medición longitudinal de un parámetro: concentración, temperatura, presión.</p>	<p>Toma de muestra del aire en los lugares de trabajo, mediante mediciones representativas, a través de métodos cualitativos y cuantitativos de evaluación de riesgo y registrador de datos de temperatura y humedad ambiente. Este último es un dispositivo tecnológico de diseño simple, que permite mediciones en un momento dado.</p>
<b>3. Precisión y fiabilidad en la medición</b>	<p>Posee un alto grado de confiabilidad (precisión, consistencia y reproducibilidad) como propiedad psicométrica en que el porcentaje de estos es mínimo y existe estabilidad y consistencia en los datos obtenidos en diferentes mediciones.</p>	<p>Mediciones no absolutas, sin embargo, las herramientas tradicionales de medición de riesgos han permitido la obtención de resultados relacionados con las exposiciones potenciales y clasifican o priorizan estas exposiciones en función de las que pueden dar lugar a riesgos potenciales significativos para la salud. Al mismo tiempo, han permitido medir</p>

<b>Aspectos comparativos</b>	<b>Aplicaciones Móviles</b>	<b>Herramientas Tradicionales de Medición</b>
		<p>exposiciones específicas, que luego se comparan con los límites de exposición profesional publicados, como los de OSHA y NIOSH.</p>
<b>4. Calidad de los datos</b>	<p>La confiabilidad, precisión y consistencia de las mediciones permiten obtener datos de calidad, con mínimo error y sin sesgos presenta información inmediata de sustancias peligrosas, riesgos y peligros, precauciones y acciones a realizar. Además, poseen plataformas de respuesta a incidentes químicos; permite la realización de mapas y modelos de simulación a partir de sensores en tiempo real.</p>	<p>La calidad de los datos en gran medida, son subjetivos y confiables cuando se evalúa cuantitativamente ya que el proceso de medición del agente químico permite evidenciar si existe o no niveles de exposición profesional, tanto por el uso de los instrumentos como por estimaciones de apreciación del que toma los datos.</p>
<b>5. Seguridad y privacidad</b>	<p>Poseen software y plataformas con un alto grado de seguridad y protección de la información solo accesible a cierto número de usuarios.</p>	<p>Seguridad y privacidad alta, ya que las evaluaciones y sus resultados son herramientas de uso común, resguardando los datos de los empleados de conformidad con la normativa del país relacionada con la protección de información y datos.</p>
<b>6. Validación científica</b>	<p>Aprobadas por la comunidad científica. Certificado de uso</p>	<p>Alta aprobación científica. Ya que la aplicabilidad de las técnicas de evaluación de la exposición ha ayudado en la determinación a la exposición a posibles riesgos para la salud en el lugar de trabajo.</p>
<b>7. Costo</b>	<p>Costos relativamente altos</p>	<p>Bajo costo.</p>

### 8.3 Diseño de un entregable con las oportunidades de mejora identificadas en cada metodología (móvil vs tradicional)

Link entregable: <https://heyzine.com/flip-book/f67e6362fa.html>



## ¿QUÉ SON LOS RIESGOS BIOQUÍMICOS?



Watch on YouTube



## APLICACIONES MÓVILES PARA LA MEDICIÓN DEL RIESGO



**CAMEO chemicals**

Es una base de datos de sustancias peligrosas, que ayuda a predecir peligros, explosiones o identificar concentraciones de gases tóxicos, evaluar escenarios de descarga accidental o liberación de sustancias químicas peligrosas y predecir su dispersión por la atmósfera, los escenarios de riesgo por proceso, establece el nivel, probabilidad y consecuencias.



**ADR Tool 2021**

Esta aplicación móvil es usada cuando existe el riesgo bioquímico derivado de transporte de sustancias peligrosas, monitoreo, cambios en las propiedades físicas, temperatura, presión, concentraciones permitidas.



**ERG 2020**

Es un recurso para emergencias por accidente con materiales químicos peligrosos, en los primeros 30 minutos que son críticos, contiene la lista de sustancias peligrosas, los peligros asociados a cada una, las precauciones y las acciones a desarrollar en caso de accidente.

## APLICACIONES MÓVILES PARA LA MEDICIÓN DEL RIESGO



**WHORAST**

Aplicación móvil para la evaluación de riesgos de bioseguridad y bioprotección en laboratorio



**Chemical Safety Data Sheets**

Aplicación móvil que registra los peligros asociados a cada sustancia física, peligros físicos y para la salud, medidas preventivas.



**WISER**

Aplicación móvil diseñada para riesgo bioquímico producido por incidentes con materiales y sustancias peligrosas, contiene información sobre sustancias peligrosas, recursos de emergencia disponibles, condiciones ambientales existentes y minimización de impactos, los datos la toma del Banco de Datos de Sustancias Peligrosas (HSDB) de TOXNET, un recurso de información autorizado en Estados Unidos, la información se presenta en Inglés.

## APLICACIONES MÓVILES PARA LA MEDICIÓN DEL RIESGO



**RSS Chemical**

Aplicación móvil para la detección de químicos, sustancias químicas y nivel de peligrosidad.



**NIOSH**

Aplicación móvil para la detección de peligro de sustancias químicas

## HERRAMIENTAS TRADICIONALES

DE MEDICIÓN DE RIESGO

CUADRO CLÍNICO	TERMÓMETRO
HEMOGRAMA	HEMOGRAMA
GLUCÓMETRO	ACELERÓMETRO
TENSIÓMETRO	HEMOGRAMA
SPECTROSCOPIA	CUADRO CLÍNICO

MEDICIÓN DE SATURACIÓN DE GASES

---

### PROPUESTA DE MEJORA DE APLICACIONES MÓVILES Y HERRAMIENTAS TRADICIONALES

**Aplicaciones móviles para medición de riesgo bioquímico**

- Uso de software que permita la presentación evolutiva de niveles de riesgo: mapas, proyecciones, tendencias.
- Mejoramiento de sensores
- Mejoramiento de alertas tempranas condicionadas al aumento de riesgo por concentración de sustancias químicas
- Uso de Inteligencia Artificial (IA) para el monitoreo de los sensores, proyecciones y escenarios de riesgo

**Herramientas tradicionales para medición de riesgo bioquímico**

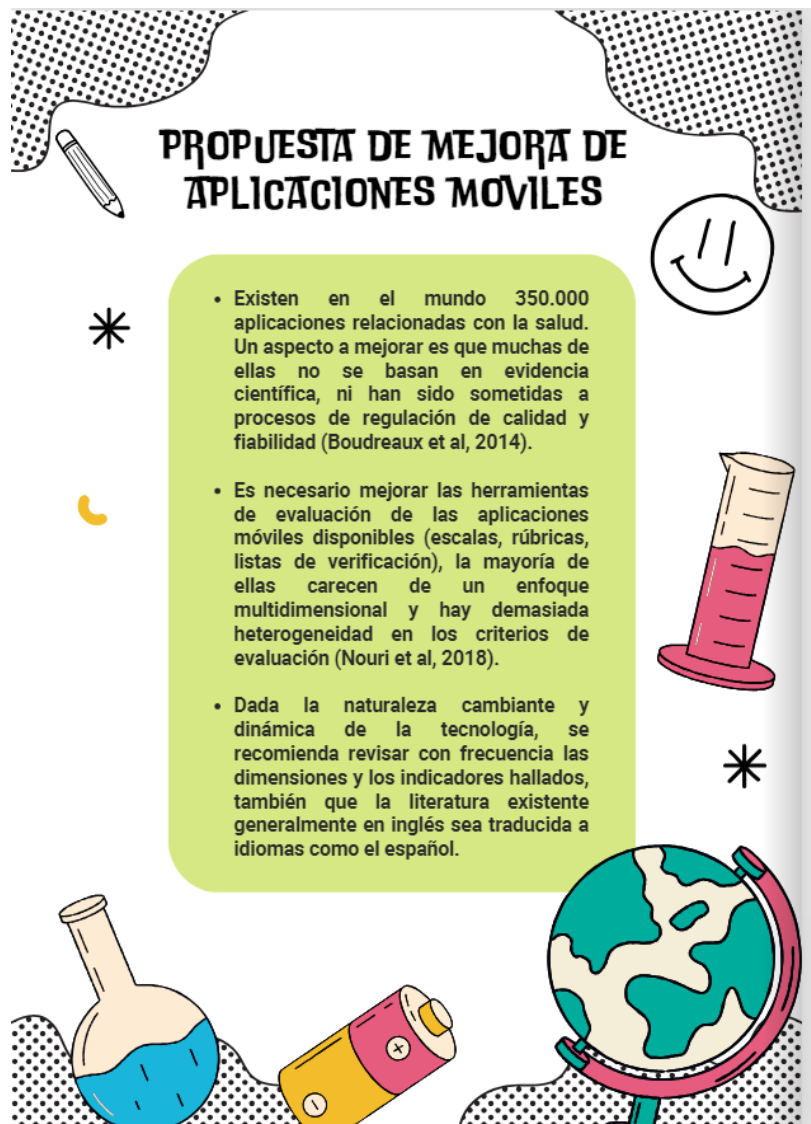
- Adaptación de medios tecnológicos que permitan medir secuencias de tiempo.
- Limitación por la tecnología del dispositivo.
- Limitación por la tecnología del dispositivo. \*
- Limitación por la tecnología utilizada.

### PROPUESTA DE MEJORA HERRAMIENTA TRADICIONAL

- \* La evidencia científica confiere cierto grado de confiabilidad al instrumento, sin embargo, el mismo proceso de medición sólo representan una instantánea en el tiempo, por lo tanto, las evaluaciones cualitativas y cuantitativas deben revisarse y actualizarse siempre que se produzcan cambios en los agentes, procesos y/o controles en el lugar de trabajo.
- \* La evaluación se basa solo en un parámetro, sin relacionarlo con más variables. Se debe mejorar en la correspondencia y relación con otros parámetros: temperatura-presión, humedad, presión osmótica, saturación de oxígeno.
- \* Se debe mejorar las tecnologías de medición, incorporando mejores sensores, que permitan la configuración de mapas y proyecciones de comportamiento de la variable.

### PROPUESTA DE MEJORA HERRAMIENTA TRADICIONAL

- \* En medición de variables cuantitativas como temperatura, presión osmótica, humedad, saturación y concentración de gases es necesario eliminar la estimación subjetiva y el sesgo, promediando mediciones de distintos observadores.
- \* Las herramientas tradicionales permiten mediciones absolutas y específicas derivadas de exposiciones que pueden generar: riesgos potenciales en un momento dado. Es necesario que estas herramientas tengan un dispositivo que permita guardar datos en una memoria y recuperarlos en cualquier momento.



## 9. Conclusiones

El uso de aplicaciones móviles para detección, identificación y monitoreo de variables y factores asociados al riesgo bioquímico y su probabilidad de ocurrencia hace parte de las herramientas de que dispone mHealth en el propósito de integrar tecnología de amplia complejidad para prevenir la ocurrencia de efectos adversos y de enfermedades laborales. Dentro de estas aplicaciones se encuentra ADR TOOL 2021, ERG 2020, WISER, APP Peligrosidad, WHO RAST, la aplicación móvil creada para la Organización Mundial de la Salud. Otras

aplicaciones pertenecen a Chemical Safety Data Sheets (SDS/MSDS), Biohazard Safety Apps, Chemical Inventory Management Apps.

Una contrastación de las aplicaciones móviles para la identificación y monitoreo de riesgo bioquímico como CAMEO Chemical, ADR TOOL 2021, ERG 2020, WISER, WHO RAST, Chemical Inventory Management Apps, RSS Chemicals NIOSH Mobile Pocket Guide y Chemical Safety Data Sheet – ICSC, con herramientas tradicionales de medicina como exámenes de parámetros e indicadores bioquímicos, reporta múltiples ventajas para las aplicaciones móviles por la utilización de tecnologías robustas de alta complejidad que permiten mediciones que se prolongan en el tiempo permitiendo verificar la evolución de un riesgo, la probabilidad de ocurrencia, su impacto y acciones de respuesta. Igualmente presentan ventaja notable en precisión, fiabilidad y calidad de los datos, corren un buen nivel de seguridad y privacidad, tienen reconocimiento científico basado en la evidencia y el alto costo guarda correspondencia con la utilidad de la información que se obtiene.

En cumplimiento del tercer objetivo específico se diseñó como entregable una cartilla con una finalidad pedagógica y divulgativa, en donde se hace énfasis en las oportunidades de mejora en cada una de las metodologías. En las aplicaciones móviles una mejora es optimizar la capacidad y sensibilidad de los sensores para identificar rápidamente el nivel de riesgo y activar las alertas tempranas también avanzar en la tecnología para la creación de mapas de riesgo según la evolución de los parámetros de medición. En las tecnologías tradicionales se debe mejorar el proceso de medición y la calibración de los instrumentos.

## **10. Recomendaciones**

Los autores del proyecto se permiten hacer las siguientes recomendaciones a:

La Corporación Universitaria Minuto de Dios fortalecer una línea de investigación de tecnología aplicada en Salud y Seguridad en el Trabajo, específicamente en aplicaciones móviles.

Otros investigadores para que realicen estudios sobre los resultados concretos en el uso de aplicaciones móviles de medición de riesgo bioquímico en casos concretos que se hayan presentado.

### Referencias bibliográficas

- ADR Tool. (2024). *Aplicativo móvil multilingüe ADR 2021-2023 para el transporte de mercancías peligrosas*. Obtenido de <https://adr-tool.com/>
- Agencia de Sustancias Tóxicas y el Riesgo de Enfermedades [ATSDR]. (2019). *Toxicología: Rutas de Exposición*.  
[https://www.atsdr.cdc.gov/es/training/toxicology\\_curriculum/modules/2/es\\_lecturenotes.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/training/toxicology_curriculum/modules/2/es_lecturenotes.html)
- Alli, B. (2008). *Fundamental Principles of Occupational Health and Safety*. Geneva: International Labour Organization.
- Asamblea Nacional Constituyente. (1991). *Constitución Nacional*. Bogotá, D.C.: Legis.
- Asociación Nacional de Empresarios de Colombia [ANDI]. (2015). *Estrategia para nueva industrialización*. Bogotá, Colombia: ANDI.
- ATSDR (2019). *Introducción a la Toxicología*.  
[https://www.atsdr.cdc.gov/es/training/toxicology\\_curriculum/modules/1/es\\_lecturenotes.html#:~:text=La%20toxicolog%C3%ADa%20es%20el%20estudio,la%20funci%C3%B3n%20normal%20del%20individuo.](https://www.atsdr.cdc.gov/es/training/toxicology_curriculum/modules/1/es_lecturenotes.html#:~:text=La%20toxicolog%C3%ADa%20es%20el%20estudio,la%20funci%C3%B3n%20normal%20del%20individuo.)
- Barrero, L. & Reyes, J. (2023). *Enfermedades laborales producidas por intoxicación a agentes según sector económico. (Monografía de Grado Especialización en Seguridad y Salud en el Trabajo)*. Institución Universitaria Politécnico Gran Colombiano.
- Bernal, E. & Bello, F. (2021). *Diseño de una aplicación móvil para evaluación cualitativa de material particulado enfocado a las empresas cementeras en Colombia. (Trabajo de Grado Especialista en Higiene Industrial)*. Universidad El Bosque. Bogotá, D.C.
- Bird, F. (1974). *Management Guide to Loss Control*. Loganville, USA: Institute Press.

Bird, F., & Germain, G. (1990). *Liderazgo práctico en el control de pérdidas*. Loganville, Georgia: Det Norske Veritas (USA).

Bitinš, A., Maklakovs, J., Chatys, R., & Bogdane, R. (2021). Using adverse event pyramids to assess probabilities in airlines safety management. *Transactions on Aerospace Research*, 2021(2), 71-83. doi:<https://doi.org/10.2478/tar-2021-0012>

Calderón, K. & Mayorga, S. (2023). Desarrollo de un software para la identificación y trazabilidad del riesgo de los trabajadores en el servicio de cirugía de una IPS. (Trabajo de Grado Ingeniería Biomédica). Universidad Autónoma de Bucaramanga (UAB). Bucaramanga.

Carrasco, S. (2015). Análisis de la aplicación de la tecnología móvil en las empresas. (Trabajo Final de Carrera Licenciatura en Administración y Dirección de Empresas). Universidad Politécnica de Valencia.

Castaño, D. & Gallego, D. (2019). Monografía introductoria en los sistemas IoT con énfasis en los sectores de la salud, la educación y la agroindustria. (Proyecto de Grado, Ingeniería de Sistemas y Computación). Universidad Tecnológica de Pereira.

Canfora, C., & Ottmann, A. (2019). Of ostriches, pyramids, and swiss cheese - risks in safety critical translations. *Traslation Spaces*, 7(2), 167-201.

doi:<https://doi.org/10.1075/ts.18002.can>

Centers for Disease Control and Prevention. (23 de Octubre de 2023). *NIOSH Mobile Pocket Guide*. Obtenido de Google Play:

[https://play.google.com/store/apps/details?id=com.niosheid.androidnpg&hl=es\\_CO&gl=](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.niosheid.androidnpg&hl=es_CO&gl=US)

US

COLCIENCIAS (2018). *La investigación científica*. Bogotá.

Confederación Regional de Organizaciones Empresariales (2018). *Nuevas Tecnologías aplicadas a la prevención de riesgos laborales*. Murcia: CROEM.

Congreso de Colombia (2018). Ley 1915: "Por el cual se modifica la Ley 32 de 1982 y se establecen otras disposiciones en materia de derecho de autor y derechos conexos". D.O. 50.652, Bogotá.

[http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_1915\\_2018.html](http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1915_2018.html)

Congreso de la República (2012). Ley 1562: "Por la cual se modifica el Sistema de Riesgos Laborales y se dictan otras disposiciones en materia de Salud Ocupacional". D.O.: 48.488, Bogotá.

[http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_1562\\_2012.html](http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1562_2012.html)

ConocoPhillips Marine. (2003). *Safety pyramid based on study*. Conoco-Phillips.

Cupa, L.; Cortés, C., & Delgado, J. (2020). Avances tecnológicos de Seguridad y Salud en el Trabajo. Repositorio Digital Areandina, 1-14.

Delgado, C. & Duarte, A. (2023). Revisión sistemática de instrumentos que evalúan la calidad de aplicaciones móviles de salud. *Pixel Bit, Revista de Medios y Educación*, (67), 35-58.

doi: <https://doi.org/10.12795/pixelbit.97867>

Departamento Administrativo de la Función Pública. (2023). *Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo, vigencia 2023*. Bogotá, D.C., Colombia: Sistema Integrado de Planeación y Gestión.

[https://www.funcionpublica.gov.co/documents/418537/528603/Plan\\_seguridad\\_salud\\_trabajo\\_v3.pdf/7e454853-fe21-bd19-4383-1d60bbbd1b14?t=1675196904360](https://www.funcionpublica.gov.co/documents/418537/528603/Plan_seguridad_salud_trabajo_v3.pdf/7e454853-fe21-bd19-4383-1d60bbbd1b14?t=1675196904360)

El Congreso de Colombia. (12 de Julio de 2018). *Ley 1915: "Por el cual se modifica la Ley 32 de 1982 y se establecen otras disposiciones en materia de derecho de autor y derechos*

*conexos*". Obtenido de Diario Oficial Nro. 50.652. Bogotá, D.C.:

[http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_1915\\_2018.html](http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1915_2018.html)

Fernández, J.; Fernández, M. & Cieza, A. (2010). Los conceptos de calidad de vida, salud y bienestar analizados desde la perspectiva de la Clasificación Internacional del Funcionamiento (CIF). *Revista Española de Salud Pública*, 84(2), 169-184. doi: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=17012512005>

Geagea, E.; Fernández, C.; Baptista, P. (2008). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw-Hill.

Global Observatory of eHealth. (2012). *mHealth: new horizons for health through mobile technologie*. Geneva: OMS. doi:<https://iris.who.int/handle/10665/44607>

Gómez, L. (2017). Identificación de toxicidad en trabajadores expuestos a sustancias químicas en la Sociedad Portuaria Regional Cartagena. (Anteproyecto de Grado Maestría en Toxicología). Universidad de Cartagena.

González, T. & Tobar, Á. (2021). Aplicación móvil como estrategia de prevención de riesgos laborales en estudiantes de enfermería de una institución en Popayán, Colombia. *Movimiento Científico*, 15(1), 1-9. doi: <https://doi.org/10.33881/2011-7191.mct.15105>

Grupo Banco Mundial (2019). *Informe sobre el Desarrollo Mundial: La naturaleza cambiante del trabajo*. Panorama General. Washington, D.C.: Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento / Banco Mundial. doi: 10.1596/978-1-4648-1328-3

Heinrich, H. (1931). *Industrial Accident Prevention*. New York: McGraw-Hill.

Heinrich, H. (1959). *Industrial accident prevention; a scientific approach*. New York: McGraw-Hill.

- Herrera, A. (2022). *Informe de Investigación Nro. 1: Producción del conocimiento en accidentes de trabajo*. (Tesis Doctoral en Seguridad y Salud en el Trabajo). Tecana American University, México.
- Jiménez, P., Bregenzer, A., & Wagner, V. (2019). Who uses apps in health promotion? A target group analysis of leaders. *Health Informatics Journal*, 25(3), 1038-1052.  
doi:<https://journals.sagepub.com/doi/epub/10.1177/1460458217738121>
- Karlsen, I.; Svendsen, P. & Simonsen, J. (2022). Una revisión de las aplicaciones para teléfonos inteligentes diseñadas para mejorar la salud, la seguridad y el bienestar en el trabajo. *BMC Public Health*, 22(1520), 1-13. doi: <https://doi.org/10.1186/s12889-022-13821-6>
- Lara, A. (2020). Exposición a gases y a sustancias químicas. University of Colorado, 1-5.
- Marco Nacional de Cualificaciones Colombia. (2021). Documento de Caracterización del Sector Químico Farmacéutico. Bogotá, Colombia Productiva.
- Marín, B., & González, J. (2021). Riesgos ergonómicos y sus efectos sobre la salud en el personal de Enfermería. *Revista Información Científica*, 101(1), e3724. doi: <https://www.redalyc.org/journal/5517/551770301012/html/>
- Marrugo, Á. (2021). Matriz legal en el sistema gestión de seguridad y salud de trabajo. *Revista CES Derecho*, 12(1), 79-107. doi: <https://doi.org/10.21615/cesder.12.1.5>
- Martin, S. (2019). Diseño de una Aplicación Móvil para la Gestión de los Riesgos Laborales para una Compañía de Entretenimiento. (Trabajo de Grado Especialización en Gestión de Proyectos de Ingeniería). Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Ministerio del Trabajo (2019). Resolución 0312: "Por la cual se definen los Estándares Mínimos del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo SG-SST".

<https://www.mintrabajo.gov.co/documents/20147/59995826/Resolucion+0312-2019-+Estandares+minimos+del+Sistema+de+la+Seguridad+y+Salud.pdf>

Ministerio del Trabajo y Ministerio de Salud y Protección Social (2021). Resolución 0773: "Por la cual se definen las acciones que deben desarrollar los empleadores para la aplicación del Sistema Globalmente Armonizado (SGA) de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos en los lugares de trabajo en seguridad química". D.O.: 51.640, Bogotá.

[https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion\\_mtra\\_0773\\_2021.htm](https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion_mtra_0773_2021.htm)

Montoya, C. (2021). Riesgos psicosociales laborales. Madrid: Ediciones de la U.

NOAA Office of Response and Restoration. (13 de Diciembre de 2023). *CAMEO Chemical*.

Obtenido de NOAA Office of Response and Restoration:

<https://cameochemicals.noaa.gov/>

OIT (2011). *Lista de enfermedades profesionales*. Ginebra, Suiza: Organización Internacional del Trabajo.

[https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/@ed\\_protect/@protrav/@safework/documents/publication/wcms\\_125164.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/@ed_protect/@protrav/@safework/documents/publication/wcms_125164.pdf)

OIT. (2011). *Mecanismos de toxicidad*. Obtenido de Encyclopaedia of Occupational Health y Safety: [https://www.iloencyclopaedia.org/es/part-iv-66769/toxicology-](https://www.iloencyclopaedia.org/es/part-iv-66769/toxicology-57951/mechanisms-of-toxicity)

[57951/mechanisms-of-toxicity](https://www.iloencyclopaedia.org/es/part-iv-66769/toxicology-57951/mechanisms-of-toxicity)

OIT (2014). *La Salud y la Seguridad en el Trabajo en el uso de productos químicos en el lugar de trabajo*. Ginebra, Suiza: Organización Internacional del Trabajo.

[https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/@ed\\_protect/@protrav/@safework/documents/publication/wcms\\_235105.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/@ed_protect/@protrav/@safework/documents/publication/wcms_235105.pdf)

OIT (2014). Salud y Seguridad en el Trabajo (SST). Aportes para una cultura de la prevención.

Buenos Aires: Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social; Ministerio de Educación; Instituto Nacional de Educación Tecnológica, Oficina de País de la OIT para la Argentina.

OIT. (2015). Investigación de Accidentes de trabajo y enfermedades profesionales. Guía práctica para inspectores del trabajo. Ginebra, Suiza: Organización Internacional del Trabajo.

[https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed\\_dialogue/---lab\\_admin/documents/publication/wcms\\_346717.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_dialogue/---lab_admin/documents/publication/wcms_346717.pdf)

OIT. (2019). Seguridad y Salud en el Centro del Futuro del Trabajo. Aprovechar 100 de experiencia. Ginebra, Suiza: Organización Internacional del Trabajo.

[https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---dcomm/documents/publication/wcms\\_686762.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---dcomm/documents/publication/wcms_686762.pdf)

OMS (1948). *Constitución de la Organización Mundial de la Salud. Decreto Legislativo Nro. 639.*

<https://www3.paho.org/gut/dmdocuments/Constituci%C3%B3n%20de%20la%20Organizaci%C3%B3n%20Mundial%20de%20la%20Salud.pdf#:~:text=La%20salud%20es%20un%20estado,o%20condici%C3%B3n%20econ%C3%B3mica%20o%20social.>

Organización de los Estados Americanos [OEA] y Asociación Bancaria y de Entidades

Financieras de Colombia [ASOBANCARIA]. (2019). *Desafíos del riesgo cibernético en el sector financiero para Colombia y América Latina*. OEA y ASOBANCARIA.

Obtenido de <https://www.oas.org/es/sms/cicte/docs/Desafios-del-riesgo-cibernetico-en-el-sector-financiero-para-Colombia-y-America-Latina.pdf>

- Organización Internacional del Trabajo [OIT]. (2013). *Promover el trabajo decente en la industria química: iniciativas innovadoras*. Ginebra: Ediciones OIT.  
[https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed\\_dialogue/---sector/documents/publication/wcms\\_226391.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_dialogue/---sector/documents/publication/wcms_226391.pdf)
- Organización Mundial de la Propiedad Intelectual [OMPI]. (2016). *Principios básicos del derecho de autor y los derechos conexos*. Ginebra, Suiza: OMPI.
- Patiño, D., & Villamil, J. (2020). *Mejoramiento del sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo SG-SST de la Universidad Industrial de Santander a partir de la incorporación de TIC'S*. (Trabajo de Grado Ingeniería Industrial). Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga.
- Pertuz, Y., Rebolledo, M., Vásquez, H., & Gil, M. (2022). Efectos para la salud respiratoria de los trabajadores que usan sustancias químicas en su medio laboral. *Revista Salud Uninorte*, 38(2), 560-585. doi:<https://dx.doi.org/10.14482/sun.38.2.616.2>
- Prado Cruz, D. (2018). *Desarrollo de un aplicativo móvil para fortalecer la identificación, evaluación y control de riesgos en procesos de mantenimiento de celdas de flotación en industria minera*. (Tesis de Grado Ingeniería de Seguridad Industrial Minera). Universidad Tecnológica del Perú. Arequipa.
- Sentená, M. (2021). *Huella ecológica del sector textil-confección en Colombia para el año 2018*. (Tesis de Grado en Ecóloga). Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia.
- Sistema Globalmente Armonizado [SGA]. (2017). *Análisis de situación y vacíos del Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos en Colombia*. Bogotá, D.C.: MINAMBIENTE. <https://quimicos.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/1.-Analisis-de-situacion-y-vacios-del-SGA-2017.pdf>

ThatsMyStapler Inc. (2016). *Chemical Safety Data Sheets - ICSC*. Obtenido de App Apple Store

: <https://apps.apple.com/us/app/chemical-safety-data-sheets-icsc/id405208132?platform=iphone>

ThatsMyStapler Inc. (2016). *Chemical Safety Data Sheets - ICSC*. Obtenido de App Apple Store

: <https://apps.apple.com/us/app/chemical-safety-data-sheets-icsc/id405208132?platform=iphone>

Transport Canada. (14 de Agosto de 2020). *Overview of the Emergence Response Guidebook*

(*EGR 2020*). Obtenido de YouTube: <https://www.youtube.com/watch?v=PitdCqx7cU> // <https://www.phmsa.dot.gov/sites/phmsa.dot.gov/files/2021-01/GRE2020-WEB.pdf>

Tropiano, Y. & Noguera, A. (2020). Los efectos positivos de la tecnología en el ámbito de la

seguridad y salud en el trabajo. *Cielo, Comunidad para la investigación y el estudio laboral y ocupacional*, 1-5. [https://www.cielolaboral.com/wp-content/uploads/2020/03/tropiano\\_nogueira\\_noticias\\_cielo\\_n3\\_2020.pdf](https://www.cielolaboral.com/wp-content/uploads/2020/03/tropiano_nogueira_noticias_cielo_n3_2020.pdf)

Vázquez, A., Tarraga, A., Tarraga, L., Romero, M., & Tárraga, P. (2022). Enfermedad Pulmonar

Obstructiva Crónica y comorbilidad. *Journal of Negative and No Positive Result*, 5(10), 1195-1220. doi: <https://dx.doi.org/10.19230/jonnpr.3863>

Velandia, Z., Lozano, M., & Baquero, G. (2021). *Aplicaciones móviles en salud, una revisión*

*sistemática cualitativa*. (Trabajo de Grado de Investigación Diagnóstico y Tecnología en la Salud Visual). Universidad de La Salle, Bogotá, D.C.

Viales, G. (2014). Intoxicación por Paraquat. *Medicina Legal de Costa Rica*, 31(2), 1-7. doi:

[https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1409-00152014000200009](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-00152014000200009)

World Health Organization. (28 de Febrero de 2024). *Aplicación móvil WHO RAST*. Google

Play: [https://play.google.com/store/apps/details?id=org.who.biorat&hl=es\\_CO&gl=US](https://play.google.com/store/apps/details?id=org.who.biorat&hl=es_CO&gl=US)