

**DISEÑO DE UNA APLICACIÓN MÓVIL PARA EVALUACIÓN
CUALITATIVA DE MATERIAL PARTICULADO ENFOCADO A LAS
EMPRESAS CEMENTERAS EN COLOMBIA**

Edward Giovanni Bernal Gamboa

Fabián Leonardo Bello Romero

Universidad El Bosque

Facultad de Medicina

Especialización en Higiene Industrial

Bogotá, 2021

**DISEÑO DE UNA APLICACIÓN MÓVIL PARA EVALUACIÓN
CUALITATIVA DE MATERIAL PARTICULADO ENFOCADO A LAS
EMPRESAS CEMENTERAS EN COLOMBIA**

Edward Giovanni Bernal Gamboa

Fabián Leonardo Bello Romero

Trabajo de grado para optar al título de
Especialista en Higiene Industrial

Docente tutora

Msc. Lidy Yadira Cetina Castillo

Universidad El Bosque

Facultad de Medicina

Especialización en Higiene Industrial

Exposición Ocupacional y Efectos en Salud

Bogotá, 2021

Aprobado por el comité de grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad el Bosque para optar el título de Especialista en Higiene Industrial

Director de investigaciones

Director de la división de postgrados

Director del programa

Jurado

“La Universidad el Bosque, no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velará por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia”

Agradecimientos

Son muchas las personas que han tenido que ver con la realización de esta tesis de especialización, los que nos han apoyado y brindado su amistad, conocimiento, orientación, apoyo y guía en todo este proceso.

Un saludo especial a nuestras familias, por ser el bastión de apoyo en diferentes momentos, agradecemos su sacrificio de tiempo en familia, para cumplir nuestros objetivos profesionales.

En segundo lugar, a la profesora, Msc. Lida Yadira Cetina, por su confianza, apoyo y guía, así como por el tiempo que nos ha dedicado durante el desarrollo de la tesis; a los demás docentes, que compartieron experiencias y generaron expectativas para ser mejores profesionales y sobre todo seres humanos.

A los compañeros, que estuvieron con nosotros de manera sincrónica.

¡Gracias a todos!

Resumen

La presencia de las aplicaciones en teléfonos inteligentes son una tecnología que incluye mucho más que un simple instrumento de la vida cotidiana o del entretenimiento personal. Más bien se visualiza como una oportunidad para las industrias. Por lo tanto, esta oportunidad en realidad tiene que ser aprovechada por los diferentes tipos de industrias en la práctica, sobre todo cuando se convierten en herramientas que buscan un bienestar para el trabajador. Los avances tecnológicos de los últimos años han obligado a las organizaciones a utilizar nuevas formas de garantizar un trabajo seguro, ya que se busca soluciones prácticas a los problemas del ambiente y de la productividad en el trabajo.

La exposición a agentes químicos peligrosos en los lugares de trabajo y la dificultad de las organizaciones para la gestión de los riesgos derivados de la producción del cemento, entre otros factores, han llevado a la higiene industrial como especialidad interdisciplinar a ser sometida a un continuo desarrollo que permitan alcanzar soluciones que se aproximen más a la realidad en el caso de la prevención de enfermedades laborales.

El objetivo principal de esta tesis es presentar una App como herramienta practica para la identificación, evaluación y control del material particulado que se presenta en las empresas cementeras en Colombia. Esta tesis es un estudio descriptivo de tipo exploratorio, y su propósito es generar una alternativa eficaz para evaluar cualitativamente el material particulado en la industria del cemento en Colombia.

Esta tesis por tanto establece los criterios necesarios para el análisis de los sitios generadores de material particulado en una empresa cementera, los criterios de riesgo son formados a partir de una búsqueda de información desde los diferentes métodos de evaluación cualitativa para riesgos químicos.

La novedad de este trabajo se fundamenta en la propuesta de creación de una App como herramienta para la gestión del riesgo a exposición de material particulado en una empresa cementera; esta especificidad nace al no existir un método que solucione la problemática de la exposición ocupacional.

Palabras Clave: Aplicación de celular, Gestión del riesgo, Material particulado.

Abstract

The presence of applications on smartphones is a technology that includes much more than a simple instrument of daily life or personal entertainment. Rather, it is viewed as an opportunity for industries. Therefore, this opportunity must be seized by different types of industries in practice, especially when they become tools that seek worker welfare. Technological advances in recent years have forced organizations to use new ways of guaranteeing safe work, since practical solutions are sought to the problems of the environment and productivity at work.

Exposure to hazardous chemical agents in the workplace and the difficulty of organizations in managing the risks derived from cement production, among other factors, have led to industrial hygiene as an interdisciplinary specialty to be subjected to continuous development. that allow reaching solutions that are closer to reality in the case of prevention of occupational diseases.

The main objective of this thesis is to present an App as a practical tool for the identification, evaluation and control of the particulate material that is presented in cement companies in Colombia. This thesis is a descriptive exploratory study, and its purpose is to generate an effective alternative to qualitatively evaluate particulate matter in the cement industry in Colombia.

This thesis therefore establishes the necessary criteria for the analysis of the generating sites of particulate matter in a cement company, the risk criteria are formed from a search for information on the different qualitative evaluation methods for chemical risks.

The novelty of this work is based on the proposal of an App as a tool for managing the risk of exposure to particulate matter in a cement company, this specificity arises from the lack of a method that solves the problem of occupational exposure.

Keywords: Mobile App, Risk assessment, Particulate matter.

Tabla de contenido

Índice de Tablas	V
1. Introducción	1
1.1 Problema de estudio.....	4
1.1 Justificación o relevancia del proyecto	7
2 Marco Teórico.....	10
2.1 Higiene Industrial	10
2.2 Material particulado	12
2.2.1 Aplicaciones móviles y la seguridad del trabajador.....	18
2.2.2 Industria Cementera en Colombia.....	20
2.2.3 Cadena de Elaboración del Cemento	22
2.3 Problemas relacionados con la salud dentro de la industria cementera	26
2.3.1 Enfermedades Musculoesqueléticas	26
2.3.2 Enfermedades Respiratorias	28
2.4 Segmentación de Zonas con Mayor Producción de Material Particulado.....	29
2.5 Evaluaciones de Material Particulado-Polvo.....	31

<i>COSHH</i>	31
<i>INRS</i>	33
<i>EMKG</i>	36
<i>REGETOX</i>	37
<i>Stoffenmanager</i>	39
2.6 <i>Marco Normativo</i>	41
3 Estado del Arte	48
4 Objetivos	56
4.1 <i>Objetivo General</i>	56
4.2 <i>Objetivos Específicos</i>	56
5 Metodología	57
5.1 <i>Tipo de Estudio</i>	57
5.2 <i>Técnica de recolección de información</i>	57
5.3 <i>Cronograma de actividades</i>	58
5.4 <i>Presupuesto</i>	59
5.5 <i>Consideraciones Éticas</i>	60
6 Resultados	62
6.1 <i>Comparación de los métodos evaluativos para medir el material particulado</i>	62
6.1.1 <i>Análisis de riesgos sobre el material particulado</i>	64

6.1.2	<i>Plataforma integral para analizar riesgos</i>	65
6.1.3	<i>Medición de propagación</i>	67
6.1.4	<i>Índices mínimos de exposición</i>	68
6.1.5	<i>Registro de elementos con alto y mediano riesgo de emisión</i>	69
6.1.6	<i>Proyección de riesgos</i>	70
6.1.7	<i>Consideraciones generales</i>	71
6.2	<i>Mecanismos para evaluación cualitativa de material particulado</i>	72
6.2.1	<i>Historial de Pruebas</i>	76
6.2.2	<i>Evaluación Cualitativa</i>	81
6.2.3	<i>Selección de Control</i>	91
6.2.4	<i>Resultados de la Aplicación</i>	98
6.3	<i>Funcionamiento de Quali-Apps</i>	102
7	<i>Discusión</i>	109
8	<i>Conclusiones</i>	112
9	<i>Recomendaciones</i>	117
9.1	<i>Al gobierno</i>	117
9.2	<i>A la industria cementera</i>	117
9.3	<i>A la Universidad</i>	119
9.4	<i>A los higienistas industriales</i>	120

10	Referencias.....	122
11	Anexos	129

Índice de Tablas

Tabla 1	32
Tabla 2	35
Tabla 3	53
Tabla 4	58
Tabla 5	59
Tabla 6	60
Tabla 7	64
Tabla 8	73
Tabla 9	75
Tabla 10	80
Tabla 11	84
Tabla 12	90
Tabla 13	92
Tabla 14	94
Tabla 15	97
Tabla 16	99
Tabla 17	100
Tabla 18	103

Índice de Figuras

Figura 1 12

Figura 2 23

Figura 3 30

Figura 4. 34

Figura 5. 41

Figura 6 63

1. Introducción

Las partículas en suspensión, o material particulado se comprenden como elementos suspendidos en el aire, y pueden tener un tamaño de entre 10 micras y 2.5 micras, de ahí su nombre partículas con un diámetro aerodinámico inferior a 2,5 micras (P.M. 2.5) y partículas con un diámetro aerodinámico inferior a 10 micras (P.M.10). Rojas y Huaman (1) exponen que normalmente estas emisiones provienen del transporte o de las industrias del cemento, hormigón, cerámica o construcción, las cuales pueden contener componentes químicos como aluminio, silicio, calcio, potasio, hierro, zinc, vanadio, plomo, titanio y otras sustancias orgánicas altamente tóxicas. Estos compuestos tienen el potencial de afectar el sistema respiratorio humano, además de otras problemáticas que pueden alterar otros sistemas; de manera similar, afectan el medio ambiente, los animales y las plantas. Las partículas transportadas por el aire en el cuerpo humano pueden causar enfermedades que pueden provocar la muerte; es decir, la mayoría de las enfermedades que se consideran respiratorias y cardiovasculares, con subcategorías agudas, acumulativas y crónicas. Debido al pequeño tamaño de los productos químicos, éstos pueden ingresar fácilmente al sistema respiratorio y causar un deterioro severo de los pulmones y otras partes del cuerpo.

Bajo esta línea, Fernández y Hernández (2) determinan que la producción de cemento también genera partículas en suspensión, dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y otros tipos de gases, pero en menor medida. La emisión masiva de estos dos últimos gases aumenta la corrosión de los metales, afectará el sistema respiratorio, dando espacio a la formación de lluvia ácida y la vulneración del medio ambiente a nivel general; por ende, el índice de emisión de estos óxidos depende del tipo de insumo y combustible implementado, aspecto que debe tenerse en cuenta para establecer el riesgo que este tipo de material puede representar en el entorno.

En este sentido, en el presente trabajo se expone la importancia de fomentar un mecanismo digital que permita la medición y control de este tipo de material particulado, especialmente aquel que se emana de la industria cementera, aspecto que permite establecer que *Quali-Apps* se establezca como una alternativa que pueda responder a las dificultades que puede representar el bajo control de estas emisiones en diversas zonas operativas que comprende la elaboración, distribución y almacenamiento del cemento para operadores, administradores y cualquier otra dependencia que integra a la industria.

Para la construcción de la presente investigación, se consideran diversos aspectos que se relacionan directamente con la creación no solo de la aplicación, sino también implica la evaluación de los mecanismos que eventualmente se implementan para el registro del material particulado. Inicialmente se elaboró el marco teórico, donde se establecieron los índices que abarca este aspecto dentro de la higiene ocupacional, abarcando lo que representan las aplicaciones móviles alrededor de la seguridad del trabajador, así como todos los caracteres que determinan a la industria cementera en el país, sin dejar de comprender los procedimientos y organigramas referentes a la elaboración del cemento, aspectos que tendrán que ser considerados para la construcción de la arquitectura relacionada a la App que se creó para la medición del material particulado.

Dentro del mismo marco, se fundamentan los aspectos relacionados con las problemáticas que representan este tipo de emisiones dentro de la salud, comprendiendo dificultades cardiovasculares, musculo esqueléticas y respiratorias; además de estudiar aquellos espacios que pueden emanar la mayor cantidad de polvo dentro de la industria cementera, aspectos que se consideran dentro de las evaluaciones que se están determinando para la medición del material particulado, los cuales se seleccionaron para el desarrollo de la aplicación, con la finalidad de elegir los mecanismos más propicios para su construcción.

Mediante la metodología que se seleccionó para el desarrollo del presente trabajo, se determinó un enfoque cualitativo, de corte descriptivo, en donde se buscaron los aspectos que deben detallarse para establecer los componentes que se deben integrar a la aplicación dentro del espacio seleccionado para estimar las zonas con mayor índice de emisión de material particulado, así como las particularidades establecidas para los estándares relacionados a la higiene y la salud de los empleados. Bajo este punto, también se estiman aproximados relacionados a los tiempos y el presupuesto que debe manejarse para la ejecución de la propuesta, determinando factores como el costo de varios implementos para la medición de polvo, registro de datos, estableciendo de paso la duración de cada uno de los procedimientos que se requieren para construir y hacer funcional la aplicación basada en la evaluación cualitativa *Quali-Apps*.

Por otro lado, con respecto a los resultados, estos se desarrollaron desde tres parámetros: Comparación de los métodos evaluativos, mecanismos para la evaluación cualitativa, y arquitectura establecida para *Quali-Apps*, cada uno de estos puntos se determinaron para la obtención de los datos que pudieron recolectarse y así resolver los objetivos que se establecieron dentro de la investigación. En el primer apartado de los resultados, se seleccionaron los más relevantes métodos que se implementan para determinar los riesgos relacionados para la evaluación de material particulado, aspectos relacionados con la medición de propagación, índices de exposición, elementos con alto y mediano riesgo de emisión y proyección de riesgos. Para dar forma al segundo objetivo, se consideraron diversos componentes que deben conformar los estándares generales sobre evaluación cualitativa, como resulta ser el historial de pruebas, selección de control y el análisis de resultados.

De la misma forma, se estiman los estándares que se determinaron para la funcionalidad de la aplicación, estimando los factores que recolectaron desde las estimaciones de las evaluaciones de material particulado, así como los mecanismos para evaluación cualitativa, estimando los componentes

que lo integraron, así como las fases que se establecieron para su implementación en el sector cementero. Alrededor de la discusión, se comprenden factores destacados por diversos autores que obligan a considerar la implementación de una evaluación cualitativa porque ayudan a concretar riesgos que abarcan ámbitos externos implicados hacia los valores estimados, generando observaciones complementarias sobre los peligros que puede representar el estudio de espacios y otras caracterizaciones que afectan seriamente la salud de los trabajadores.

Por último, en conclusión se encontró que varios factores, especialmente al estimar los estándares que han determinado la construcción de *Quali-Apps* se han basado en una serie de elementos que respectan de la consideración de métodos evaluativos, en los cuales se señalaron con mayor precisión los aportes que representan estrategias como REGETOX, SEIRICH, EMKG y Stoffenmanager para la medición y regulación del material particulado, los cuales se implementaron para abordar con mayor precisión la noción cualitativa que se postuló dentro del proyecto.

1.1 Problema de estudio

La Resolución 2400 señala que las mediciones higiénicas periódicas en las instalaciones empresariales e industriales para medir aspectos relacionados a la exposición a elementos como el material particulado, sostiene que este tipo de procedimientos deben presentarse de manera integral, estimando todos los detalles y datos que puedan recolectarse.

Una medida regular de este material puede ocasionar una serie de dificultades que pueden reflejarse en la salud de los trabajadores a largo plazo. Al respecto, Rodríguez (3) señala que este factor existe al interior de algunas empresas, producidas al fabricar diversos productos internamente, lo cual deja

suspendido este material en el medio ambiente y pueden ser fácilmente absorbidos por el cuerpo, afectando seriamente, con el paso del tiempo, al sistema respiratorio.

Dentro de la industria cementera, Mejía y Rendón (4) estiman que dentro del material particulado, puede haber prevalencia de materiales como el crisotilo y el asbesto, la primera está compuesta por dos capas unidas y finamente enrolladas en un tubo con un diámetro de 25 a 50 nanómetros. La capa exterior (brucita) está compuesta de hidróxido de magnesio ($Mg(OH)_2$), mientras que la capa interior está compuesta de dióxido de silicio (SiO_2); por otro lado, se encuentra presente el magnesio en la brucita forma la capa externa, que se descompone en un medio ácido, lo que permite que el mecanismo de limpieza pulmonar lo elimine de los tejidos (reduciendo significativamente su biopersistencia y por ende su potencial patógeno). Dado que los trabajadores que han estado expuestos a fibras de amianto en el trabajo han informado casos de enfermedades respiratorias, existe una tendencia mundial a encontrar nuevos casos y combatir todas las formas de uso de minerales incluidos en su clasificación. Por consiguiente, a medida que avanza la investigación, los informes de enfermedades graves y muertes a causa de la exposición ocupacional a diversos materiales como las fibras de asbesto en el aire, han aumentado drásticamente.

A su vez, Varona y Fernández (5) estiman que las consecuencias para la salud pueden incluir síntomas respiratorios alérgicos, ataques de asma, dermatitis y otros problemas de la piel, e incluso enfermedades tumorales. Depende del nivel de exposición y del material; así mismo, destacan que estos efectos en la salud y posibles consecuencias incluyen bronquitis crónica, arritmia, infarto y muerte prematura, y tienen un gran impacto en la población porque aumentan los costos hospitalarios y los años de vida perdidos, destacando que en Colombia el problema de la exposición al material particulado está relacionado con la contaminación del aire, lo que provocará cambios en la salud de los trabajadores y poblaciones

expuestas, aumentando así el costo de la atención médica que puede llegar al 1% de los productos domésticos, de los cuales el 65% está relacionado a la mortalidad y al 35% de la morbilidad.

Dentro del mismo contexto cementero en Colombia, Quiroz (6) señala que la concentración de material particulado no debe sobrepasar los 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ diarios o 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ anuales), pero muchas veces, este tipo de concentraciones puede hallarse fácilmente dentro del sector cementero, teniendo en cuenta las recomendaciones y análisis de la concentración de material de la Organización Mundial de la Salud, esto significa que puede existir casos de consulta con un médico por enfermedades pulmonares o cardiovasculares, y el riesgo de un deterioro en la calidad de vida de la población expuesta a partículas en el medio ambiente; por ende, se considera necesario analizar las medidas de control indicadas para evitar que el material particulado producido durante el proceso de elaboración, afecte no solo la salud de los trabajadores, sino también la salud de las personas que viven cerca de la industria cementera.

Por tales motivos, se ha prestado atención a las posibilidades que ofrecen las App para la consecución de mecanismos que permitan mediciones prácticas y óptimas alrededor de este factor, especialmente por la inmediatez que esta herramienta representa. Celestina et al (7) establecen que los teléfonos celulares actuales, dependiendo de la gama y las facultades que posea, tiene el potencial de medir la existencia de ciertos materiales, estableciendo su presencia en el ambiente. Por ende, la necesidad de crear Apps que pueden integrar la medida del material particulado, resulta importantes para establecer indicadores integrales en ambientes que pueden verse vulnerados por este tipo de agentes, asegurando de paso, que la empresa cumpla adecuadamente con las regulaciones exigidas por entidades gubernamentales que ponderan el bienestar de los empleados. En síntesis, se presenta la siguiente pregunta de investigación:

¿Qué aplicación móvil se debe diseñar que permita al usuario encontrar, filtrar, seleccionar y programar las evaluaciones cualitativas de material particulado en empresas cementeras en Colombia?

1.1 Justificación o relevancia del proyecto

La industria cementera en Colombia ha ganado notoriedad en los últimos años a nivel nacional e internacional, especialmente por considerarse un mercado que no posee una estabilidad. Para Zapata (8), la industria del cemento es un eslabón importante en la economía colombiana porque promueve el desarrollo de la industria de la construcción, al constituirse como un insumo básico en este contexto productivo y que representa uno de los principales motores del crecimiento económico del país. A lo largo de los años, debido a la entrada y salida de varias empresas, la industria tiene un fuerte impulso de mercado, durante las últimas décadas del siglo XX y primeras del siglo XXI, las regulaciones gubernamentales son cruciales para evitar la mayor pérdida de bienestar social y productos. El mercado de cemento es atendido por Argos, Cemex y Holcim, que tienen una participación de mercado de 46,22%, 36,43% y 17,35% respectivamente, lo que muestra que aportan el 82,65% de la participación de mercado entre cementos Argos y Cemex. El aumento de la demanda de cemento en el país muestra una alta concentración de la industria cementera colombiana.

Ahora bien, los índices de accidentalidad según Amaya (9) se evidencian en los riesgos laborales de las empresas productoras de cementos de Colombia sobre todo en el área de producción, donde es notable los riesgos de índole químico debido a la exposición de material particulado del cemento, al igual que los riesgos ergonómicos por posturas inadecuadas, riesgos mecánicos, producto de golpes, atrapamiento entre objetos, caídas y accidentes con máquinas y como riesgos físicos como el ruido y la iluminación.

En cuanto al riesgo químico del material particulado, puede existir contaminación por el contacto con la piel que puede ocasionar dermatitis por inhalación que deposita el polvo en los pulmones, además de un daño físico como quemaduras y daños en la visión. Teniendo en cuenta los factores señalados, se considera importante tomar medidas preventivas y estrategias para evitar afectaciones de la salud y el bienestar de los trabajadores a través de la higiene industrial.

Archila et al. (43) sostienen que la industria cementera posee dificultades para la innovación de productos y servicios; por ende, buscan la manera de estar en la vanguardia de servicios, prestaciones y proyectos; no obstante, este aspecto no puede estar separado de las necesidades que tienen sus empleados al trabajar dentro de este entorno. Frente a las obligaciones que deben prestar las empresas, se estiman las estrategias que ha estipulado el ACGIH (44), alrededor de la higiene, puesto que se considera importante la realización de un cubrimiento integral ante todo tipo de situaciones que propicien la presencia excesiva de material particulado, especialmente al considerar que los límites que deben estipularse, con respecto a la presencia de este tipo de partículas debe ser de 0,025 mg/m³.

Sobre este tipo de situaciones que pueden presentarse, se ha considerado vital la promoción de herramientas con la capacidad de hacer una medición integral de estos factores, aspecto que ha posicionado a las App como mecanismo esencial para la medición y control de situaciones que van más allá de lo que puede percibirse a simple vista. Un caso que pondera estas necesidades sería NIOSH(45), aplicación enfocada en la medición de ruido dentro de contextos empresariales, estimando niveles adecuados o peligrosos para la exposición de este aspecto, posicionándose como un sonómetro integral para todo tipo de entornos laborales. Por otro lado, las aplicaciones relacionadas a la medición del material particulado se han enfocado en su mayoría en contextos medioambientales más amplios, como la calidad del aire en las ciudades, más no existe un enfoque directo con el contexto industrial.

La anterior situación obliga a considerar la creación de una aplicación integral, que pueda tener en cuenta la medición cualitativa de material particulado de manera inmediata, señalando que se busca lograr una precisión y validación de datos observados a través de esta herramienta, separando los resultados y generando informes generales sobre el espacio contaminado. Así, *Quali-Apps* pretende dar solución a estos inconvenientes tanto para los usuarios individuales como para los empleadores, lo cual busca contribuir a mejorar la calidad de vida (salud y seguridad) de las personas (trabajadores), con el desarrollo de esta idea que resuelve una de tantas necesidades en el ámbito de la Higiene Industrial, se garantiza un mejor proceso a la hora de realizar las evaluaciones cualitativas de material particulado contando con algunas “nuevas” políticas que ayudan a cumplir los requerimientos de los consumidores actuales: tendencias, precios y versatilidad inteligente y eficiente.

Frente a los impactos que se pueden prever con la implementación de esta App, se considera fundamental que, en primer lugar, se puede fomentar un avance significativo para la gestión de controles de seguridad prácticas y funcionales dentro de espacios y situaciones que requieran con prontitud la medición de este tipo de partículas, lo cual ayudaría a prevenir el desarrollo de enfermedades respiratorias en los trabajadores de este sector de la industria. Así mismo, se busca que la implementación y arquitectura de esta herramienta sea la base para la construcción de nuevos mecanismos que ayuden a mejorar la calidad de vida de los empleados que deben trabajar en diversas condiciones, referente a la medición de materiales perjudiciales para su salud.

2 Marco Teórico

2.1 *Higiene Industrial*

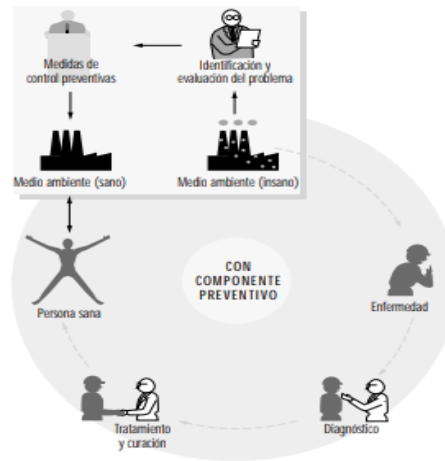
De acuerdo con Chamochumbi (10) el hombre siempre ha estado en una constante búsqueda de la seguridad tanto de su organización social, como de sus contextos más cercanos para asegurar el bienestar de los habitantes para su seguridad por lo cual, se establece como una medida de prevención y cuidado que retoma una nación. Históricamente, una de las primeras medidas que se aplicó fue en Inglaterra, país en el cual se realizaban visitas periódicas en las empresas para efectuar unas debidas recomendaciones frente a los aspectos críticos de seguridad que estaban comprometiendo las extremidades de los trabajadores debido a la maquinaria que se estaba implementando.

La AIHA (11) refiere que la higiene industrial se establece como procedimientos de limpieza y el saneamiento de áreas que pueden afectar la salud de los trabajadores, puesto que al no realizarse su debida intervención, algunos componentes que existen dentro del sector industrial pueden ser considerados altamente peligrosos para el contacto humano estableciendo de paso, la necesidad de realizar controles de riesgo sobre los elementos que están al alcance de los trabajadores.

Para Baraza et al.(12), la higiene industrial se puede definir como la ciencia que se encarga de prevenir enfermedades que puedan surgir en la labores que se deriven de agentes bien sea físicos, químicos o biológicos. Por lo tanto, posee un carácter interdisciplinario porque une conocimientos de diversas áreas con la finalidad de cooperar frente a la gestión de riesgos para la salud que surgen en los ambientes laborales donde hay presencia de los agentes antes mencionados.

Ahora bien, para poder llevar a cabo una higiene ocupacional adecuada, debe resaltarse la importancia de un profesional del área que pueda promover una buena higiene de los ambientes laborales desde los estándares que se intentan implementar a nivel mundial, para alcanzar una calidad idónea que actualmente hace parte de las necesidades y requerimientos propias de entornos laborales que deben garantizar un cuidado del ambiente laboral. Así mismo, Kayser (13) agrega que el objetivo de la seguridad e higiene ocupacional es prevenir los accidentes que se puedan dar en los espacios laborales, como parte de las actividades regulares de producción que debe garantizar la calidad de los productos y la seguridad de los empleados, identificando las necesidades de la empresa para la construcción de soluciones, pero para ello es indispensable estar actualizados sobre los descubrimientos e innovaciones que se desarrollen en el campo de la higiene ocupacional y la prevención de enfermedades, mediante una política de prevención enfocada en la salud laboral, estimando peligros que poseen una alta probabilidad de afectar el bienestar de los trabajadores, para aplicar una acción correctiva.

Sin embargo, Herrick (14) puntualiza que las acciones preventivas, como pueden observarse en la figura 1, deben efectuarse mucho antes de que exista un daño para la salud de alguno de los colaboradores, antes de que ocurra alguna exposición de riesgos en el ambiente laboral, detectando y controlando peligros que puedan causar un efecto nocivo en la higiene laboral.

Figura 1. Interacciones entre las personas y el medio ambiente con el componente preventivo

Nota: Tomado de *Higiene Industrial. Herramientas y enfoques*. Herrick, 2012

Para el caso de Colombia, la Presidencia de la República a través del Decreto 1072 de 2015 (15), reglamenta el sistema de estándares mínimos, comprendido como un conjunto de normas y procedimientos que tienen la obligación de ser ejecutados por parte de la empresa, con la finalidad de estipular un control de la capacidad científica y tecnológica e impulsando una serie de pautas que fomentan el desarrollo de proyectos y actividades que tengan la intención de ponderar el Sistema General de Riesgos Laborales, cubriendo todos los peligros potenciales que existen dentro del entorno laboral, además de brindar prestaciones integrales a los miembros de la empresa.

2.2 Material particulado

De acuerdo con De Villalonga (16), el material particulado se compone de partículas sólidas que hacen parte de un contaminante que se encuentra en la atmosfera y que es emitido generalmente por la industria relacionada con la construcción, especialmente dentro del sector cementero. Aunque no son totalmente

nocivas, ya que no son tóxicas, si pueden generar dificultades de salud para la población que frecuentemente trabaja en actividades de producción. En cuanto a lo estimado por los estudios granulométricos emitidos por una planta cementera, se han detectado varias afectaciones que ocasionan en los seres vivos, debido al levantamiento de polvo o material particulado en operaciones como el almacenamiento, transporte y material de productos granulados.

Según el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (17), hay varias formas de clasificar las fuentes de emisión de contaminantes, lo más común es dividirlos en fuentes naturales y humanas. Las fuentes antrópicas son generadas por las actividades humanas, es decir, son emisiones provenientes de fábricas, automóviles, entre otras. Estas se dividen en tres: La primera en fijas o estacionarias, estas se dan en un solo lugar y surgen de procesos comerciales, industriales o servicios, en los cuales se generan desechos contaminantes en la atmósfera; la segunda, fuentes de área que incluyen fuentes numerosas y dispersas, desde emisiones generadas por las gasolineras, tintorerías, quemas agrícolas, entre otras; y tercero, fuentes móviles que son todas aquellas fuentes motorizadas que circula por caminos públicos, como motocicletas, vehículos, camiones, etc. Finalmente, las fuentes de contaminación naturales que no tiene ninguna participación humana, es decir, surgen de manera espontánea.

Dentro del contexto colombiano, este tipo de material se comprende como medidas de polvo total y polvo respirable, el ISTAS (18) expone que, según el tipo de estas partículas, los efectos sobre la salud pueden ser más o menos graves. Sin embargo, no hay polvo inofensivo; cualquier contacto con el polvo representa un riesgo, en términos generales, el polvo irritará el tracto respiratorio y provocará bronquitis crónica después de exposiciones repetidas. Otros tipos de polvo pueden provocar determinadas enfermedades (asbestosis, silicosis, etc.). Además, algunos tipos de polvo pueden explotar en un ambiente cerrado (carbono, caucho, aluminio). A veces, para comprender el tipo de polvo, es suficiente

comprender la composición del material a partir del cual se produce, en otras ocasiones, es necesario realizar un análisis químico de la muestra de aire.

También destacan que las partículas con menores dimensiones son las más peligrosas, ya que permanecen en el aire durante más tiempo e incluso pueden penetrar la parte más profunda de los bronquios, representándose el mayor riesgo en el polvo invisible. Por esto resulta más factible medir solo el polvo respirable de un ambiente, el cual es la parte del polvo que puede penetrar en los alvéolos, es más, algunos problemas se pueden determinar sin medición: nubes de polvo visibles, polvo que se escapa de máquinas o dispositivos, acumulación de polvo en el suelo o paredes, funcionamiento incorrecto del aspirador, etc. Sin embargo, la forma de saber exactamente cuándo utilizar un filtro adecuado para pesar el polvo recogido en la muestra de aire. La parte inhalable se separa y su masa (en mg / m³) se mide mediante un método llamado gravimetría, que puede realizarse por muestreadores individuales o por muestreo fijo.

La medición de la concentración de polvo generalmente significa 8 horas / día, por lo que, si el tiempo de exposición es más largo o corto, el cálculo debe ajustarse de acuerdo con la situación real. También debe tenerse en cuenta que las condiciones de trabajo que conllevan a un aumento de la respiración aumentan el riesgo de exposición al polvo: alta temperatura, trabajo físico, estrés, etc. Si hay gases o vapores en el ambiente además del polvo, estos gases o vapores impregnarán las partículas y aumentarán sus peligros. De manera similar, debido al procesamiento de materiales (como fibras textiles con tintes o materiales de asbesto), puede ocurrir contaminación química adicional por polvo. Por último, es necesario considerar las características individuales de los expuestos, que pueden tener antecedentes de enfermedades pulmonares y hábitos de consumo de tabaco.

Así mismo, el ISTAS (18) destaca que ninguna exposición al polvo puede clasificarse como segura, razón por la que deben estimarse límites técnicos por parte de la industria. Estas restricciones determinan qué valores de la fracción respirable se consideran “polvo excesivo” para diferentes tipos de polvo; algunas de estas restricciones ya están incluidas en la legislación, lo que las convierte en una obligación para los empleadores, otros pueden usarse como valores de referencia que no deben excederse. Sin embargo, en términos generales, cualquier restricción que no pueda garantizar plenamente la salud de los trabajadores puede y debe reducirse mediante la negociación colectiva; por consiguiente, es inaceptable utilizar los límites de exposición de la fracción inhalable y la fracción respirable como la línea divisoria entre la seguridad absoluta y las condiciones inseguras, y mucho menos el límite como excusa para no mejorar las condiciones de trabajo o negar la relación entre la exposición y las condiciones inseguras que puedan propiciar una enfermedad.

En general, se cree que nadie debe exponerse a polvo con una concentración superior a 10 mg / m³ de la fracción inhalable (un grupo de partículas insolubles en agua que no contienen amianto y cuya concentración en sílice cristalina es inferior al 1%). (parte inhalable = afectada Un grupo de partículas inhaladas por toda la materia en suspensión en el aire) o 3 mg / m³ de la parte inhalable (parte inhalable = fracción inhalable que llega a los alvéolos) durante 8 horas de trabajo; es decir, igual o mayor a 50 micras, este tipo de polvo no puede inhalarse, así como aquel que mide de 10-50 micras, el cual se queda atrapado en fosas nasales y faringe, mientras que aquel que mide 5 micras o menos, pueden afectar severamente el alveolo pulmonar.

Por ende, la exposición al polvo en el lugar de trabajo es un problema que afecta a múltiples sectores (minería, fundición, cantera, textil, panadería, agricultura, etc.). Tradicionalmente, la neumoconiosis (enfermedad causada por la exposición al polvo) se considera un problema de salud laboral; es decir, la

exposición ocupacional al polvo juega un papel importante en muchos casos de otras enfermedades respiratorias (asma, bronquitis crónica, enfisema), pero se consideran enfermedades comunes. En estos casos, la intervención sindical debe basarse en la comprensión del problema, especialmente a nivel colectivo a los trabajadores con condiciones de exposición similares, según los índices promedio que deben considerarse para saber de qué forma se afecta el bienestar laboral, basados en los datos que aparecen como límite de exposición ocupacional, en los Threshold Limit Values for Chemical substance and Physical Agents & Biological Exposure Indices (62) para las sustancias Sílice cristalina, Cuarzo y Cristobalita con un valor de $0,025 \text{ mg}/\text{m}^3$, así como los valores para partículas respirables por debajo de $3 \text{ mg}/\text{m}^3$, y para partículas inhalables con valor de $10 \text{ mg}/\text{m}^3$.

2.3 Aplicaciones móviles

La innovación hoy en día es parte de las dinámicas cotidianas y a cada vez toma mayor fuerza, ingresando a otros sectores como los empresariales, en las cuales se pretende optimizar los procesos desde la accesibilidad y distribución de la información de forma masiva, para garantizar que exista un puente de información y conocimiento entre los clientes, proveedores y las diversas áreas que deben converger en procesos vinculados para garantizar su éxito. Enríquez y Casas (19), determinan que las aplicaciones son lanzadas al público con el fin de que tengan cierto grado de aceptación entre los usuarios, de acuerdo con sus características particulares, puesto que la Ingeniería de Software, define que para que una aplicación sea práctica para los usuarios debe poseer un estándar de calidad.

Filippi et al. (20) argumentan que la disponibilidad de nuevas herramientas tecnológicas accesibles desde la web, posibilita una accesibilidad más directa de la información y de forma colaborativa, publicando actualizaciones en el preciso instante que está disponible para los dispositivos móviles que

poseen conectividad a internet que permite a la comunidad en general acceder a estas novedades en cualquier espacio y en cualquier instante. Por otro lado, Alonso & Mirón (21), manifiestan que se deben analizar las implicaciones y potencialidades de las aplicaciones móviles desde las normativas y regulaciones de seguridad, para que se pueda tener un uso confiable de estas. No obstante, estos avances tecnológicos aún están en una dudosa fiabilidad y aun se desarrollan mejoras para su debido funcionamiento; por otro lado, se ha evidenciado el desarrollo de aplicaciones en el área de la salud, pero aún no se han integrado totalmente en el sistema sanitario, puesto que falta establecer mecanismos que garanticen su correcto y adecuado uso.

Según Blanco et al (22), las aplicaciones deben cumplir con unas características básicas, tales como:

- a) agilidad para mejorar flexibilidad y productividad de la misma aplicación; b) conciencia de mercado que esté orientada hacia los productos o procesos para los cuales se requiere esta tecnología; c) Desarrollo en su arquitectura frente a la organización y configuración de los componentes que contendrá el software;
- d) Soporte de reusabilidad como parte de una verificación de que cuente con los menos errores posibles;
- e) Sesiones de revisión que aseguren el análisis del producto.

Ahora bien, Carrasco (23) señala que las aplicaciones móviles son uno de los sectores que ha tenido un mayor impacto en la sociedad, puesto que se han visto vinculadas a las empresas frente a la relación y expansión de sus oportunidades de negocios. Así mismo, las aplicaciones pueden mejorar aspectos como la productividad, creando una conexión que logra mejorar las relaciones laborales y un canal de conocimiento de potencial empleo en el ambiente laboral. Adicional a esto, se puede destacar dentro de sus bondades, algunos atributos como el uso personal, disponibilidad, medición de resultados, bidireccionalidad, inmediatez y sobre todo precisión de acuerdo con la intencionalidad y programación asignada.

De ahí, que sea primordial la elaboración de aplicaciones móviles en ámbitos empresariales, donde dichas tecnologías posean las características idóneas y adecuadas, aún más cuando se trata de optimizar o participar en los procesos internos de este tipo de industrias, no solo como un medio de contacto con el cliente, sino como parte de las herramientas que se utilizan para mejorar o prevenir aspectos como las que le compete a la Higiene Industrial, que beneficiaría no solo la empresa en su productividad, sino que también velará por la protección de la salud, bienestar e integridad de los empleados dentro del ambiente laboral.

2.2.1 Aplicaciones móviles y la seguridad del trabajador

Las aplicaciones ligadas a la seguridad en el trabajo han tomado un auge importante a nivel empresarial, integrando componentes que permitan la optimización de procesos y herramientas que puedan destacar situaciones que puedan afectar la salud de las personas que por cualquier motivo o razón deban exponerse a ambientes laborales donde aparentemente no existen mayores riesgos frente a agentes que los puedan afectar. Alonso y Mirón (1) exponen que los parámetros de salud que se sostienen a través de las aplicaciones móviles promueven la vigilancia tanto de las personas involucradas, como de aspectos que puedan propiciar incomodidad en su entorno, facilitando una recolección integral de los datos, lo cual también permite a las personas interesadas obtener información específica.

Como se puede observar, dentro de los alcances que puede promover este tipo de herramientas, la Universidad de Valencia (24) estipula que este tipo de tecnologías, no solo permiten que exista una política relacionada a la prevención de riesgos laborales, sino también permiten el acercamiento al trabajador de manera más directa e inmediata a la información, para hacer un análisis a profundidad de posibles soluciones inmediatas, entre las cuales destacan programas relacionados con la estimación de

ruido, la protección auditiva, la medición de vibraciones, simuladores de primeros auxilios, entre otros. Dentro del panorama colombiano, frente a lo señalado por el Ministerio de Trabajo (Mintrabajo) con el Decreto 1072 de 2015, se establece la necesidad de cumplir unos mínimos necesarios para garantizar la seguridad y salud de los trabajadores, implementando mecanismos y estrategias que ponderen la integridad de los servicios y prestaciones a los que puede acceder el empleado. (2)

Este tipo de estamentos decretados, propiciaron una serie de tareas que obligaron a realizar medidas que pudieran garantizar la integridad del trabajador, permitiendo la integración de programas que permitieran trabajar sobre ello; por ende, haciendo uso de la nube *Microsoft Azure*, News Center Latam (25) se generó un software para monitorear por parte de las empresas el cumplimiento de las exigencias mínimas encaminadas a proteger la salud de las personas que trabajan allí. Además de controlar los riesgos del personal trabajador, también evita la generación de posibles sanciones tanto a trabajadores como empresas, ya sean de carácter económico, cierre de algunas áreas de la empresa hasta posible clausura de la compañía; por ello, al ser consciente de estas condiciones, se ha visto la gran necesidad en estos escenarios de generar innovación alrededor de la gestión de riesgos laborales, dando prioridad a la vigilancia constante que ponderan estas aplicaciones.

Por consiguiente, se ha posicionado en el mercado colombiano una serie de aplicaciones y plataformas que, según lo señalado en el Decreto 1072 de 2015, aprovechan esta oportunidad para ofrecer servicios integrales que van desde el carácter organizacional, gerencial, e incorporando todo lo relacionado con sistemas de seguridad y salud en el trabajo, con la construcción de informes a través de observaciones generales que analizan el rendimiento de la empresa, con el fin de brindar y mantener más seguras y saludables las diferentes áreas que la conforman. Es por ello que algunas aplicaciones e iniciativas como la App “SGS-SST S.A.S Ingeso” han buscado consolidarse como aliados estratégicos en la solución

frente a una cobertura óptima y práctica de todos los aspectos que puedan generar afectaciones en la salud de los trabajadores.

Sin embargo, Alonso y Mirón (1) exponen que el rápido crecimiento de este mercado no ha sido regulado con mayor precisión por organismos que puedan legitimar, tanto su funcionalidad y pertinencia; por tal motivo existe una alta gama de aplicaciones ligadas al SG-SST exponiendo un riesgo aún vigente; en cuanto a que dichas aplicaciones y sus posibles beneficios ofrecidos, requieren de muchas precisiones para evitar posibles desaciertos que afecten finalmente la salud de los trabajadores.

2.2.2 Industria Cementera en Colombia

Latorre (26) señala que la historia de la industria cementera colombiana empezó a tener forma desde 1905, cuando las Industrias e Inversiones Samper abrieron la primera planta cementera e inició operaciones en 1909, la cual estaba cerca de la ciudad de Bogotá. Con el tiempo, se empezaron a posicionar en el mercado: Cementos Diamante (Cundinamarca) y Cementos Argos (Antioquia). Posteriormente en los años 40 se fundaron fábricas en Valle del Cauca (Cementos del Valle), Santander (Cementos Diamante), Magdalena (Cementos Nare), y Costa Atlántica (Cementos Caribe). Posteriormente surgen Cementos el Cairo y Hércules (1955), Cementos Río Claro (1986), Cementos Andino (1998), Concrecem (2003), y Cementos Tequendama (2008). Actualmente son tres las empresas más destacadas en el mercado, las cuales abordan el mercado internacional ya que han estado adquiriendo muchas de las empresas mencionadas; como el caso de CEMEX (Cementos Diamante y Samper), Grupo ARGOS (Cementos Argos, Cementos El Cairo, Cementos Caribe, Cementos Paz del Río, Cementos Nare, Cementos Río claro, Tol cemento, Cementos Andino, Concrecem y Cementos del valle), y El Grupo HOLCIM (propietario de Cementos Boyacá).

La industria colombiana según Cárdenas et al (27), igual que en la mayoría de las regiones del mundo, solo se establece en un número limitado de empresas que producen bienes diferenciados; es decir, tiene un sentido oligopólico para productos homogéneos. El resultado de esta estructura es el crecimiento de economías de escala, barreras de entrada (debido a la gran escala de inversión inicial), mayores costos de distribución y menores capacidades de acumulación de inventarios. En este caso, el grado de concentración del mercado y la interacción entre los participantes son los elementos básicos para comprender el comportamiento de precios y cantidades de cada periodo. Además, bajo este tipo de estructura, el estado de la demanda (es decir, si es en horas pico) puede afectar directamente el precio de los bienes. Respecto a la dinámica del mercado cementero colombiano en las últimas dos décadas, el anterior estudio encontró que existe una relación positiva entre el precio real del cemento, el precio público (para que se muevan en la misma dirección) y una relación estable a largo plazo.

Así mismo, señalan que cuando el país atravesó una profunda crisis económica, esta relación equilibrada se derrumbó en 1998, afectando profundamente al sector de la construcción, el sector que marcaba la demanda de cemento. En ese momento, debido a la reducción de la demanda, la cantidad producida se redujo considerablemente y contrariamente a su comportamiento de equilibrio, los precios subieron en lugar de bajar. La explicación de esto es que las empresas productoras de cemento enfrentan una fuerte caída de la demanda, que se debe a que las economías de escala conducen a un aumento de los costos unitarios de producción, lo que las lleva a subir los precios para evitar mayores márgenes de pérdida.

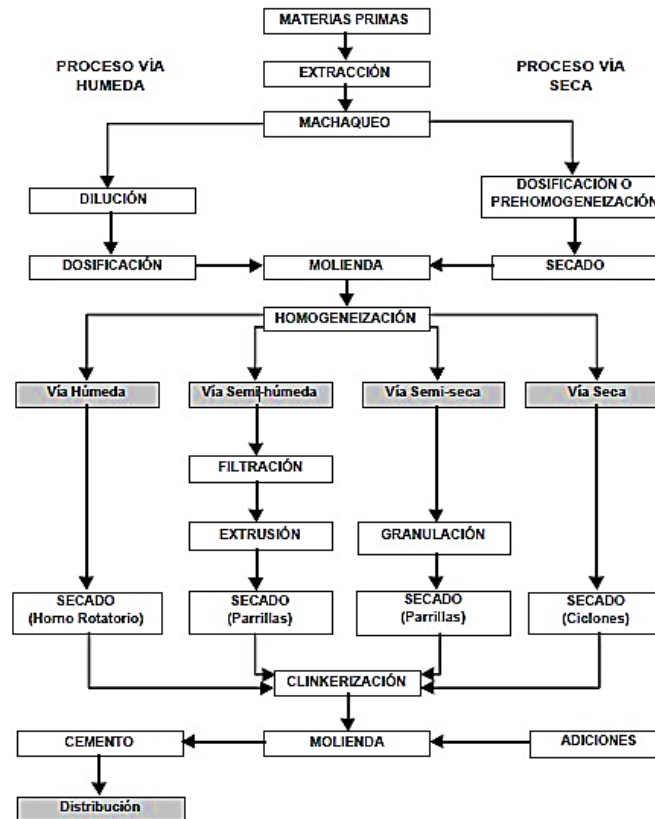
De igual forma, Salamanca (28) expone que la industria de la construcción de Colombia se sustenta en su participación en el PIB, que ha tenido un impacto profundo en la economía del país. En los últimos años, los proyectos de infraestructura y vivienda impulsados por los gobiernos han determinado su

desempeño. Por otro lado, también se están desarrollando otro tipo de industrias en torno a la construcción, que pueden verse afectadas por el comportamiento de la misma. Este es el caso de la industria del cemento, que se manifiesta como un oligopolio, con tres actores principales (como Argos, Cemex y Holcim) que representan el 75% de las ventas de cemento gris, mientras que siete actores independientes participan en el 25% restante.

Así mismo, destaca que, con respecto al sector de la construcción en Colombia, la producción de cemento gris aumentó un 15% en 2016 y 2017, mostrando resultados negativos de manera inconstante. En cuanto a la superficie censal de edificaciones, se han comprobado las actividades de construcción, con un trimestre promedio anual de 40 millones de metros cuadrados para 2018, que se incrementará en alrededor de un 75%. Sin embargo, el crecimiento interanual refleja la desaceleración de la industria de la construcción en diferentes etapas, como una disminución del -3,4% entre 2017 y 2018. Por otro lado, es importante enfatizar que el área inicial de edificaciones en 2017 fue 1 millón de metros cuadrados menos que el área de construcción terminada; esto afectó directamente las actividades de construcción de la industria.

2.2.3 Cadena de Elaboración del Cemento

De acuerdo con la Unidad de Planeación Minero-Energética de Colombia (UPME) y el Instituto Colombiano para el desarrollo de la Ciencia y la Tecnología. “Francisco José de Caldas” COLCIENCIAS (2010), las operaciones básicas para la fabricación del cemento son las siguientes: extracción y trituración, dosificación y prehomogenización, secado y molienda del crudo, homogenización, fabricación del clinker, molienda y acabado y por último la expedición, cuyas fases pueden observarse en la figura 2.

Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de producción del cemento

Nota: Tomado de “Diagrama de flujo del proceso de producción del cemento”, 2013,
<https://cemento.ind.com.bo/2013/07/diagrama-de-flujo-del-proceso-de.html>

2.2.3.1 Extracción y trituración

Actualmente, en las operaciones de perforación se utilizan máquinas perforadoras de alto rendimiento, y las operaciones de estas máquinas se realizan en voladuras a gran escala con agujeros en la superficie. Considerando la diversidad y complejidad de los diferentes depósitos, es difícil sacar conclusiones prácticas sobre el método de minería más adecuado, que puede reducir el consumo de energía y explosivos en esta etapa del proceso. Hay muchas máquinas que pueden realizar este tipo de trituración, sumado a la elección depende de las características de las materias primas, principalmente su dureza,

humedad y grado de desgaste. El grado de fragmentación que se debe lograr durante el proceso de equilibrado y el costo de abrasión de la máquina generalmente una mayor inversión y por tanto, se reduce el coste energético de la molienda posterior.

2.2.3.2 Dosificación y prehomogenización

Los materiales triturados pasan por varios procedimientos y almacenados en el silo correspondiente en el hangar preparado para esto. Las restantes materias primas necesarias en el proceso se almacenan en el hangar anterior al salir de fábrica. Se continua con las dosis de los componentes, aquí se debe hacerse una diferencia entre la vía húmeda y seca, puesto de acuerdo con esto se le adiciona una cantidad de agua para la formación de la pasta apta que se conducirá por bombas y tuberías, para proseguir en el proceso de dilución de la molienda.

2.2.3.3 Secado y Molienda del Crudo

Dependiendo del proceso utilizado, puede ser seco o húmedo. En el caso de ruta seca, la humedad del crudo, es decir para la molienda es necesario pre-secar el crudo. El gas necesario para el secado puede provenir de diversas fuentes dentro del sistema de secado generalmente, los gases de escape del horno se secarán o todos están bien sostenidos por el gas del hogar auxiliar, cuando la humedad del aceite lo haga necesario. Sin embargo, en algunas instalaciones que sufrieron grandes pérdidas con el tiempo, el gas del horno continúa descargándose para después de pasar por el filtro eléctrico, directamente a la atmósfera. Todo el calor necesario para el secado se genera en la chimenea auxiliar, el desbaste se puede hacer en varios pasos o en un molino con varios compartimentos.

2.2.3.4 Homogenización

Dado que las materias primas utilizadas para la elaboración del clínker provienen del cemento debe cumplir con las especificaciones antes de que pueda realizarse. En esta etapa del proceso, se determina la composición elemental del petróleo crudo, para encontrar resultados establecidos y relaciones numéricas entre componentes químicos. La eficiencia de la homogeneización depende en gran medida del progreso en un horno ordinario, por lo que tiene una gran influencia en el consumo.

2.2.3.5 Fabricación del Clínker

En el proceso húmedo, se alimenta pasta homogénea directamente al horno así mismo, el aceite crudo (harina) se descarga por la salida de manera seca. La homogeneización ingresa al sistema de alimentación y luego ingresa al precalentador desde el sistema que consta de al menos una etapa ciclónica. El proceso físico y químico por el que pasa el cemento es el siguiente: secado a una temperatura cercana a los 150°C, elimina el componente arcilloso del agua hasta 500°C, descarburación desde 850°C hasta aproximadamente 1100°C y maduración entre 1.250 y 1.475 ° C.

2.2.3.6 Molienda y Acabado

El clínker que sale del enfriador se envía al silo correspondiente, la calidad después de la extracción mezclada con yeso y otros aditivos para la proporción adecuada para el cemento a fabricar. La molienda de los componentes debe someterse a un análisis del tamaño de partículas. Durante esta fase, la entrada de energía térmica es necesaria debido a su propio calor residual en el clínker y el calor generado por la fricción son suficientes para eliminar la humedad del aditivo. La molienda se puede efectuar por circuito abierto y circuito cerrado. La primera consiste en la remolienda y refinado en un molino, Generalmente

dividido en dos cámaras, esta última está equipada con un clasificador. La dificultad de este sistema es que el calor latente del clinker que se emite en la molienda, requiere una buena ventilación del molino, incluso inyección de agua y la dificultad de cambiar rápidamente a otra finura. Y la segunda, la instalación posee un separador que es similar a la de molienda de crudo.

2.2.3.7 Expedición

Posee un almacenamiento temporal y esto facilita la clasificación por lotes de producción para su eventual despacho, que puede ser a través de granel en camiones con contenedores especiales o en bolsas de cementos que son propicias para la entrega a los clientes.

2.3 Problemas relacionados con la salud dentro de la industria cementera

Es importante mencionar dentro de este apartado que en la industria cementera y debido a la implementación de equipos y elementos de gran peso que producen altos índices de ruido, desechos y los cuales cuentan con una complejidad alta de manejo, además de propiciar ejercicios repetitivos, Sánchez et al. (30) sostienen (aunque este estudio haya sido en México, estas dificultades pueden observarse dentro de un plano global) que éstos generan problemas referentes a la salud a largo plazo.

2.3.1 Enfermedades Musculoesqueléticas

Las enfermedades musculoesqueléticas relacionadas con el trabajo se definen como daños musculoesqueléticos causados por eventos relacionados con el trabajo. Esto puede resultar en horas de trabajo reducidas, trabajo restringido o transferencia a otros trabajos. Las enfermedades

musculoesqueléticas relacionadas con el trabajo se refieren a una serie de enfermedades dolorosas de músculos, nervios, tendones, ligamentos, articulaciones, cartílagos o discos intervertebrales causadas por malas condiciones de trabajo.

Los factores físicos de riesgo de estas enfermedades incluyen: esfuerzo repetido, esfuerzo prolongado, levantar objetos pesados, tirar, empujar o cargar objetos pesados con frecuencia o, vibraciones y posturas incómodas prolongadas. El trabajo o las condiciones laborales que incorporan factores de riesgo aumentan el riesgo de desarrollar estas condiciones. Si bien los factores de riesgo físicos son importantes, también existen factores razonables que pueden causar enfermedades o afectar indirectamente a otros factores de riesgo, como organizacionales y psicosociales.

Los movimientos repetitivos se encuentran a menudo en la industria, lo que es obvio en el diagnóstico de la situación. En las manos y muñecas se pueden diagnosticar tendinitis, tenosinovitis de quervian y síndrome del túnel carpiano. Según los informes, la carga mecánica en la muñeca puede ser un factor en el desarrollo de tendinitis. Según el último modelo biomecánico, la carga mecánica es el producto de la intensidad de la mano, expresada como porcentaje del tiempo de descanso y factores ergonómicos (número de ejercicios), y la fuerza involucrada.

Estos factores no pueden ignorarse en el diagnóstico de estas enfermedades. Los factores físicos ocupacionales involucrados incluyen repetición, fuerza, postura, presión externa y vibración. En los estudios epidemiológicos, las altas tasas de repetición se definen por la frecuencia de las tareas y el porcentaje de tiempo dedicado a tareas repetitivas. El trabajo repetitivo se refiere a realizar ejercicios de muñeca el 50% del tiempo que se realiza la actividad. La fisiopatología menciona las tres teorías más reconocidas: la teoría de la compresión mecánica de los nervios; el suministro sanguíneo insuficiente de los capilares produce neuroedema; además pueden aparecer síntomas de parestesia nocturna.

2.3.2 *Enfermedades Respiratorias*

En México, López (31) señaló que la frecuencia de diagnóstico de enfermedades ocupacionales relacionadas con la influencia del material particulado inorgánico es relativamente baja, destacando que en el 2004 el IMSS clasificó 7.811 enfermedades profesionales, de las cuales 662 fueron neumoconiosis, en parte porque el desarrollo natural de la enfermedad fue lento: después de cinco años de exposición, aparecieron manifestaciones clínicas, y puede tardar más cuando los niveles de exposición son bajos. Si consideramos que solo se han reportado 69 casos en las industrias de construcción y fabricación de minerales y la población expuesta supera las 800.000, entonces estos 662 casos se consideran bajos.

Es importante señalar que este estudio expuso que más del 98% de los casos de neumoconiosis desarrollan discapacidad permanente, lo que indica que el diagnóstico de esta patología es tardío. Las cifras divulgadas en este artículo son inconsistentes con otro informe en México del mismo año, que reportó 776,020 afiliados de 12.418.761 trabajadores que recibieron seguro de riesgo ocupacional; 5.557 casos fueron clasificados como enfermedades ocupacionales; la tasa de incidencia fue de 4.5 casos por cada 10.000 trabajadores, de los cuales 2.270 casos fueron relacionados con enfermedades pulmonares, que representan el 41% de todas las enfermedades ocupacionales elegibles en el país; El 10% de otros tipos de sílice y silicato son neumoconiosis.

Neguab y Choobineii (32) sostienen que el cemento es un material particulado fino de color gris verdoso con un diámetro aerodinámico en el rango de 0.05 a 5.0 micrones. Se produce calentando piedra caliza. Está compuesto de óxido de aluminio, cal, dióxido de silicio y óxido de hierro, como ferrato de calcio y aluminio, aluminio tricálcico, silicato tricálcico y silicato dicálcico; también hay pequeñas cantidades de magnesio, sodio, potasio y azufre. Agrega arena para hacer concreto. Así mismo, teniendo

en cuenta esta composición, exponen que el principal riesgo laboral en el procesamiento del cemento es el material particulado. Los sujetos estudiados en este artículo muestran que la incidencia de síntomas respiratorios (tos productiva, sibilancias y disnea) es alta entre los trabajadores expuestos, de igual forma estipulan que la bronquitis crónica, a menudo asociada con enfisema, es la enfermedad respiratoria notificada con mayor frecuencia.

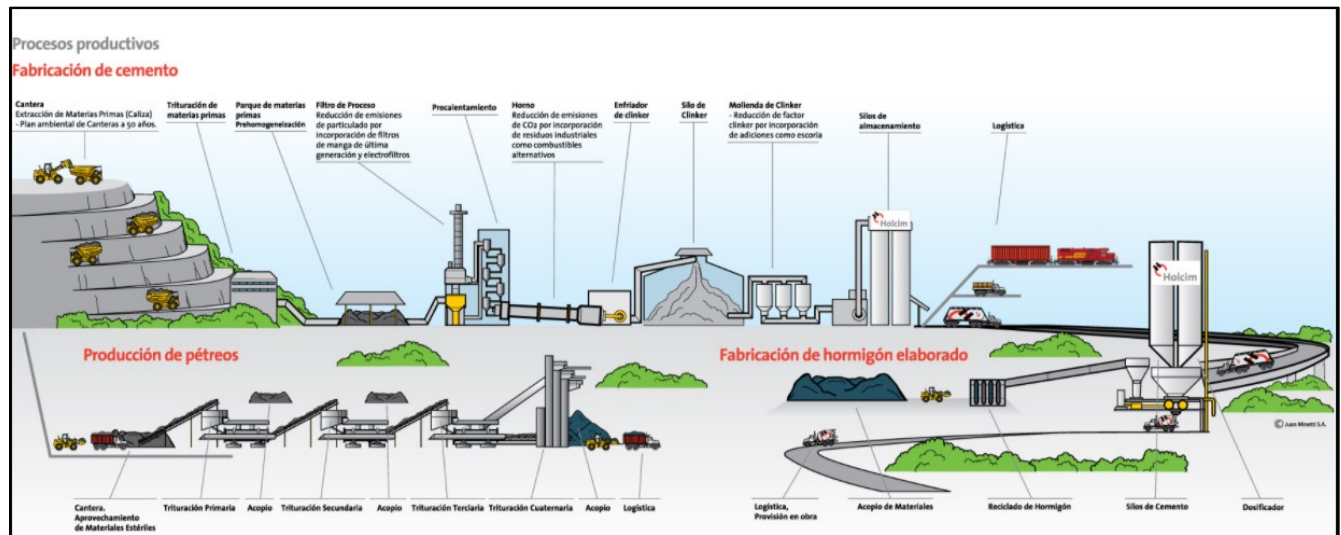
Por tanto, se muestra que los parámetros respiratorios también cambian con la posterior disminución de la capacidad ventilatoria (capacidad vital, capacidad vital forzada, volumen espiratorio forzado, flujo espiratorio forzado y flujo espiratorio máximo). Hoy en día, la exposición al asbesto continúa, especialmente en la demolición de edificios. El asbesto tiene dos efectos biológicos diferentes: fibrosis y carcinogenicidad. Organizaciones internacionales como la Organización Internacional del Trabajo y la Organización Mundial de la Salud han logrado reducir el asbesto. Las consecuencias nocivas para la salud son: cáncer de pulmón y mesotelioma pleural. Se ha demostrado una relación lineal entre dosis y riesgo: los trabajadores expuestos al amianto pueden desarrollar cáncer bronquial. Las personas con menos exposición desarrollarán mesotelioma pleural después de la incubación durante 20 a 40 años.

2.4 Segmentación de Zonas con Mayor Producción de Material Particulado

A través del esquema de una cementera en Bogotá tal y como puede apreciarse en la figura 3, se determina que la producción de material como el cemento, el hormigón, entre otros, consta de una serie de implicaciones físicas que involucra el traslado de material en diversas localizaciones, donde se pueden elaborar los diversos procesos de extracción, filtración, calentamiento, enfriamiento, molienda y almacenamiento que comprende esta actividad. Es necesario destacar este tipo de acciones porque

representan una serie de traslados que ponderan la producción de material particulado a través de diversos espacios donde, ya sea de manera directa o indirecta, los trabajadores están expuestos a su inhalación.

Figura 3. Proceso de fabricación del cemento



Nota: Tomado de *Proceso de Fabricación*, en Holcim. 2021, <https://www.holcim.com.ar/productos-y-servicios/proceso-de-fabricacion>

Por medio de los procesos estimados alrededor de la producción del cemento, así como la observación general de las instalaciones que pueden ser abordadas para la medición del material particulado, desestimando los procesos de extracción, los cuales se harían en zonas distantes de la industria, se han seleccionado los siguientes espacios para la recolección de la información:

- Trituración de material primas: En este espacio es donde se pulveriza la materia prima extraída de la cantera, lo cual entraña que la producción de polvo es muy amplia por el proceso que deben realizar las máquinas al triturar los elementos, dejando halos de material particulado, producto de la fuerza implementada por los instrumentos.

- Filtro de Proceso: La selección de esta zona se sustenta al establecerse que aquí se utilizan mecanismos enfocados en separar los residuos del material que se procesará, lo cual puede dejar estelas de polvo en la zona donde trabajan los operarios.
- Horno: Al calentarse el material filtrado para quitar las emisiones de CO², se estima que, gracias al calor, se pueden desprender materiales nocivos para la salud alveolar del trabajador; sin embargo, se hace uso de equipos adecuados para protegerse de las emanaciones, pero también resultaría necesario evaluar las medidas tomadas por la cementera para proteger a los operarios de esta zona.
- Silo de Clínter: Este sitio puede representar una gran emisión de material particulado al momento de descargar el material filtrado, representando una zona prioritaria para la recolección de datos.
- Molienda de Clínter: Es la zona de mayor interés para la investigación, puesto que a simple vista resulta ser el sitio donde más desechos pulverizados se producen, por ello resulta importante analizar el funcionamiento de las máquinas de la cementera, así como estimar si existen filtraciones de material durante la ejecución de este proceso, además de observar si los trabajadores cuentan con la seguridad necesaria para operar dentro de este sitio.
- Silo de Almacenamiento: En esta zona lo que se buscaría es estimar si está asegurado todo el contenido, estimando la existencia de filtraciones o defectos que expongan parte del contenido que está allí resguardado.

2.5 Evaluaciones de Material Particulado-Polvo

COSHH

El *Control of Substances Hazardous to Health Regulations* (33) es una metodología encargada de evaluar, fundamentada en el *Control Banding*, el control de riesgos que existe dentro de un determinado

contexto laboral. Este método se enfoca en establecer una serie de fases que componen una clasificación que determina el nivel de peligro que representa para la salud del trabajador, realizado a través de cuatro factores: Salud; determinado a través del nivel de peligro, asignado a un nivel considerado potencial para vulnerar su bienestar, exposición; referente sustancias o elementos que se encuentran frecuentemente en el entorno laboral, determinado estándares de volatilidad y vulnerabilidad, y por último, control y evaluación; comprendida al combinar los factores de exposición y peligro, para la clasificación de riesgos que se asocian con las condiciones laborales, con el fin de establecer mecanismos y estrategias requeridas para la gestión de riesgos que existen dentro de una empresa/industria.

Con respecto al control de material particulado; en primer lugar, se debe aclarar que el *COSHH* clasifica las propiedades que tienen las sustancias, alrededor del potencial peligro que supone para los trabajadores, por medio de símbolos y frases H que deben aparecer en las etiquetas y en fichas de gestión que deben manejar las empresas. De igual forma, aclara que este tipo de niveles H, se jerarquizan según los peligros toxicológicos que más damnifican el entorno, asignándose en 5 grupos que van desde la letra A, hasta la E, según puede apreciarse en la tabla 1. Estos grupos se relacionan con un rango de concentración, según su nivel presente en el aire, estimados desde materiales como el valor y el polvo.

Tabla 1. Asignación de frases H a grupos de peligro y los rangos de concentración asociados en el aire que se considera que representan un riesgo control adecuado

Hazard group	Type	Acceptable concentration range	Units	H-statements
A	Dust	>1 to 10	mg/m ³	H304, H315, H319, H336, EU66
	Vapour	>50 to 500	ppm	
B	Dust	>0.1 to 1	mg/m ³	H302, H312, H332, H371
	Vapour	>5 to 50	ppm	

C	Dust	>0.01 to 0.1	mg/m ³	H301, H311, H314, H317, H318, H331, H335, H370, H373, EU71
	Vapour	>0.5 to 5	ppm	
D	Dust	<0.01	mg/m ³	H300, H310, H330, H351, H360, H361, H362, H372
	Vapour	<0.5	ppm	
E	Dust	-	mg/m ³	H334, H340, H341, H350, EU70
	Vapour	-	ppm	

Nota: Tomado de *COSHH essentials: Controlling exposure to chemicals – a simple control banding (p.2)*, por Control of Substances Hazardous to Health Regulations (*COSHH*)(33), 2017. <https://www.hse.gov.uk/pubns/guidance/coshh-technical-basis.pdf>

Los rangos exhibidos en la anterior tabla dejan ver los diversos rangos que se presentan al agrupar las declaraciones H, en las cuales se determinan los niveles de peligros que representan a ciertos niveles que van ligados a la exposición de polvo (Dust) y vapor (Vapour), estableciendo la exposición mínima a la que debe estar un trabajador bajo este tipo de condiciones. De igual forma, se determina el límite superior, el cual se encuentra dentro del rango A; puesto que van de forma decreciente el nivel de peligro que representan estos elementos en el ambiente laboral, estimando que esta cantidad de sustancias no deben excederse, con la finalidad de mantener las buenas prácticas de control, aproximadamente en 500 partes por millón (ppm) para vapores y 10 miligramos por metro cúbico (mg / m³) para polvos.

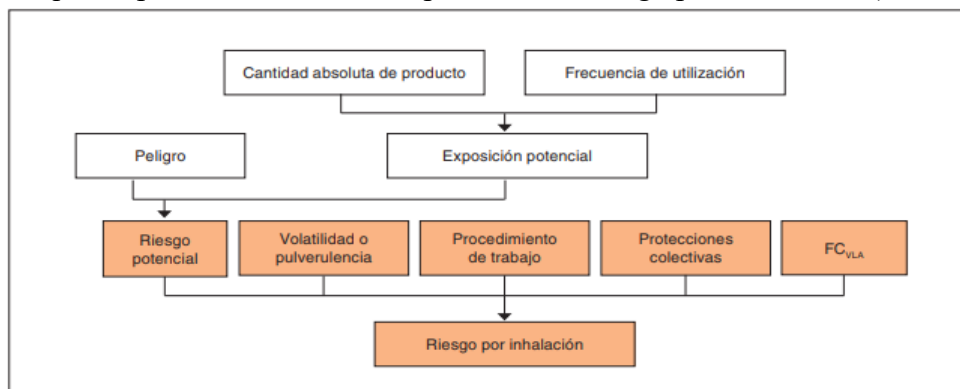
INRS

El *Institut National de Recherche et de Sécurité* (34) es una asociación francesa enfocada en prevenir accidentes laborales, además de comprender una serie de manuales, guías y recomendaciones que buscan optimizar las maneras y prácticas realizadas dentro del campo laboral, según las condiciones estimadas por la normatividad francesa para estimar los riesgos existentes dentro del contexto empresarial e

industrial, los cuales pueden adaptarse perfectamente en cualquier legislación relacionada a la seguridad laboral a nivel mundial.

A través de las Notas Técnicas de Prevención (NTP), realizada por la Institución Nacional de Trabajo e higiene en el Trabajo (35) señala que la norma determina inicialmente el peligro inmediato del agente químico, pero no examina su riesgo potencial, puesto que su cantidad y la frecuencia se consideran dentro de un procedimiento anterior determinado desde una jerarquía de riesgos. No obstante, este mecanismo, al referirse desde el riesgo por inhalación, el INSST (35) ha determinado medidas para determinar los riesgos posteriores que pueden generarse por la inhalación de ciertas sustancias, así como la cantidad y su frecuencia máxima con estos elementos. Además, para reactivos químicos con VLA muy bajos (menos de 0,1 mg / m³), se ha introducido un factor de corrección basado en VLA (este factor de corrección no se utiliza en el programa INRS), porque en estos casos, aunque su tendencia a entrar en el medio ambiente es bajo, pero la concentración está cerca del valor de referencia que se debe alcanzar en el medio ambiente y puede subestimar el riesgo, el esquema para establecer los procesos relacionados al riesgo por inhalación se pueden observar en la figura 4.

Figura 4. Esquema para la evaluación simplificada del riesgo por inhalación (Basado en el INRS).



Nota: Tomado de *Agentes químicos: evaluación cualitativa y simplificada del riesgo por inhalación (III). Método basado en el INRS (p. 2)*, por INSST (2012), <https://www.insst.es/documents/94886/326879/937w.pdf/9f3ff227-acfa-46b2-8613-355f5d057ad7>

Frente a los peligros que representa la emisión de este tipo de sustancias; es decir, material particulado, el INSST (35), a través de los datos sustentados por parte del INRS (36), se determina que pertenece a la clase de peligro nivel 2-3; considerando que el índice máximo oscila en el grado 5, en los cuales se estiman materiales derivados de construcciones, madera, cemento, plásticos, entre otros. Frente a esta medida, también se estima que el Valor Límite Ambiental (VLA) es decir, la exposición límite que puede experimentar el trabajador de miligramos por metro cúbico se calcula desde un rango menor a 1 (1mg), pero que no debe sobrepasar los índices de 10mg, mientras que en el nivel 2, los índices pueden ser más altos, con respecto a su exposición, bajo un índice mínimo de 10mg, pero sin sobrepasar los 100mg, tal y como se observa dentro de la tabla 2.

Tabla 2. Clases de peligro en función de las frases R o H basado en el índice del INRS

Clase de peligro	Frases R	Frases H	VLA mg/m ³ (1)	Materiales y procesos
1	Tiene frases R, pero no tiene ninguna de las que aparecen a continuación	Tiene frases H, pero no tiene ninguna de las que aparecen a continuación	> 100	
2	R37 R36/37, R37/38, R36/37/38 R67	H335 H336	> 10 ≤ 100	Hierro / Cereal y derivados / Grafito Material de construcción / Talco Cemento / Composites Madera de combustión tratada Soldadura Metales-Plásticos Material vegetal-animal
3	R20 R20/21, R20/22, R20/21/22 R33 R48/20, R48/20/21, R48/20/22, R48/20/21/22 R62, R63, R64, R65 R68/20, R68/20/21, R68/20/22, R68/20/21/22	H304 H332 H361, H361d, H361f, H361fd H362 H371 H373 EUH071	> 1 ≤ 10	Soldadura inoxidable Fibras cerámicas-vegetales Pinturas de plomo Muelas Arenas Aceites de corte y refrigerantes

Nota: Tomado de *Agentes químicos: evaluación cualitativa y simplificada del riesgo por inhalación (III). Método basado en el INRS* (p. 3), por INSST (2012),

<https://www.insst.es/documents/94886/326879/937w.pdf/9f3ff227-acfa-46b2-8613-355f5d057ad7>

Frente a las actualizaciones que ha realizado este mecanismo de seguridad, a través de una investigación realizada durante el periodo 2014-2018 (36) se estimó que el material particulado con el

que puede estar expuesto un trabajador que desarrolla sus labores en espacios que producen este tipo de sustancias y materiales de construcción, entre los cuales están el cemento, metales/hierro, compuestos y material vegetal/animal, deben estar aproximadamente bajo un máximo de 4mg/m, estimando que deben reducirse las medidas estandarizadas a nivel general, con la finalidad de prevenir enfermedades de carácter respiratorio o de afección alveolar. En las últimas investigaciones se sostiene que se ha generado una evolución con respecto al nivel de exposición de los empleados aumentando considerablemente, acciones que demuestran un destacado fomento hacia promulgación de normas determinadas para fortalecer la higiene laboral.

EMKG

El German Federal Institute For Occupational Safety And Health – BauA, es una organización de la República Federal Alemana que en sus divisiones científicas asignadas, presenta las sustancias y agentes biológicos peligrosos, así como el trabajo y la salud de los trabajadores. También establece la oficina federal para químicos, la cual se enfoca a la legislación con respecto a la producción, la manipulación y tratamiento de los productos químicos.

La BauA, presenta el modelo Easy-to-use Workplace Control Scheme for Hazardous Substance *EMKG*, como una ayuda a la evaluación cualitativa del riesgo químico direccionado como alternativa para las medianas y pequeñas empresas; se fundamenta en la información de las hojas de seguridad y las prácticas de los lugares de trabajo; su aplicabilidad es para cualquier sector de la industria y fue socializada en el año 2005 con alternativa de descarga para equipos de cómputo y aplicación para teléfonos móviles.

El *EMKG*, se encuentra dividido en ocho pasos, del paso número uno al cuatro es una relación con los riesgos resultados de la inhalación, del paso número cinco al paso número siete con los riesgos presentados por el contacto dermal; el paso final es la revisión de las medidas de protección. (63)

REGETOX

El mecanismo *REGETOX* fue ideado como un método de evaluación que se enfoca en brindar una mirada global los posibles riesgos químicos que podrían afectar la salud de los empleados. Balsat et al. (37) señalan que el enfoque se sostiene a través de dos métodos que permiten abarcar con mayor precisión las dificultades existentes en la empresa: El manual que comprende al *INRS* (36), y la medición señalada por medio del *COSHH* Essentials al definir las señales de riesgo.

Esta estrategia, al integrar dos métodos de evaluación, es conformada por 2 etapas, en las cuales se brinda mayor prioridad a cada enfoque, sin descuidar sus componentes, con la finalidad de aprovechar de la mejor manera posible sus características. Los autores señalan que, durante la primera etapa, debe existir un nivel mínimo de experiencia en la implementación del *INRS*, los cuales deben proporcionar los elementos que sustenten los pasos venideros, liderados por asesores de prevención.

En la primera etapa se implementa el método de cálculo del riesgo potencial elaborado por el *INRS*, enfocado en la recuperación de información esencial (inventario de productos, cantidades anuales utilizadas y frecuencia de uso) desarrollada y regulada por los empleados; por consiguiente, el rol de los asesores de prevención está ligado a organizar esta recopilación de datos y recuperar los *Material Safety Data Sheet* o la hoja de seguridad de materiales (MSDS) con el fin de señalar potenciales valores R. Es decir, cada elemento es calculado, según el nivel de prioridad que represente (alto, medio o bajo) estableciendo una puntuación de peligro que vaya acorde con la naturaleza de las frases R asignadas por los distribuidores y fabricantes, además de considerar el nivel de exposición, dentro de la cantidad y la

frecuencia en la que regularmente se implementa, obteniendo así, una clasificación de los elementos en orden decreciente de prioridad que se presenta a las directivas y administradores, representando de esta manera, la medición inicial de los riesgos.

Durante la segunda etapa, los autores destacan que el método elegido para complementar los datos extraídos por el *INRS* tiene la obligación de considerar los mínimos de exposición ocupacional, tanto en condiciones vigentes, así como en las proyecciones laborales que respectan a nuevos procedimientos, estimando información que abarque estas posibilidades; no obstante, establecen que no todos los métodos evaluativos tienen en consideración este tipo de aspectos, limitando sus alcances de medición, puesto que se enfocan solo en las dificultades actuales, argumento que dio forma a la integración del método *COSHH*, porque se encarga de comprender el tiempo que representa su implementación, por lo tanto, la evaluación de riesgos se reduce a evaluar y analizar los elementos que fueron señalados dentro de los niveles medios y altos que se designaron en la fase previa.

Al establecer que el método *COSHH* se enfoca esencialmente para sustancias puras, se recomienda su uso para la evaluación de mezclas, ya que sus herramientas permiten la evaluación de los riesgos señalados por cada uno de los componentes estimados por la fase *INRS*, según su índice de peso y frecuencia de uso; por ende, es necesario integrarlas dentro de las frases R determinadas por el sistema europeo de clasificación que considera especialmente el *INRS*, así como el riesgo que representa la temperatura de ebullición en el caso de los líquidos, los cuales se deben considerar dentro de la bases de datos, así como la cantidad utilizada durante cada operación, el estado físico de polvo para los sólidos, la temperatura del proceso para los líquidos y el nivel de la estrategia de control.

Como se ha mencionado, el método *REGETOX* requiere de metodologías complementarias que permitan la evaluación integral de los espacios laborales, abarcando una serie de pasos que deben

considerarse al momento de evaluar los riesgos y los posibles peligros que puede representar la actualización de herramientas y mecanismos dentro del entorno industrial; de igual forma, se ha estimado que su implementación, a nivel general, debería ser enfocada en la medición de mezclas, también se debe considerar que métodos como el *INRS* ha presentado actualizaciones notorias sobre la medición de estos factores, así como los determinados por parte del *COSHH*; por ende, elegirlo para la analizar los índices de material particulado, es igual a considerar los métodos que lo van a complementar, considerando si estos integran una medición previa de los MSDS, como también las proyecciones de riesgos que pueden representar instrumentos, espacios y adecuaciones.

Stoffenmanager

Este mecanismo, según lo que expone la página principal de Stoffenmanager (38), se comprende como una herramienta web desarrollada por TNO, Arbo Unie y BECO, la cual fue financiada y mediada por el Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de Holanda, razones por las cuales se consolida con una licencia gratuita en sus implementos generales, enfocada en ayudar a las organizaciones o empresas a cumplir normas mínimas de carácter ético y sostenible, con la capacidad de señalar los riesgos químicos, así como el nivel de exposición laboral de manera entendible y transparente al personal que comprende el clima laboral de la empresa.

Diversos autores han destacado las funcionalidades de esta herramienta; un ejemplo sobre las funcionalidades de este mecanismo lo expone Miraz (39) quien sostiene que al enfocarse en la medición de diversos sólidos, como es el caso de diversos procesados, alimentos, líquidos y componentes, han generado instrumentos que han podido mediar con bastante precisión el índice de riesgos que éste representa; así mismo, ha generado maneras de poder analizar y medir nano partículas, a través de

estrategias virtuales anexas, como es el caso de *Stoffenmanager Nano*, implementando los principios y normas básicas que regulan los *Control Banding* más esenciales.

Sin embargo, es importante aclarar que el polvo de cemento y derivados comunes de la construcción varían entre 5 a 25 micras, por lo que su medición no resulta adecuada dentro de los estándares nano que maneja la aplicación. No obstante, dentro de la actualización 6.5, realizada en el año 2016, se comprendió riesgos aeróbicos, referentes a la medición y riesgos que pondera la exposición constante a determinados componentes; además se estableció índices de concentración de mezclas derivadas de polvo compuesto en dos o más elementos, a través de las aplicaciones ISAB y *Cosanta*.

Frente al ámbito de aplicación para la medición de material particulado, se establece que deben implementarse los indicadores de peligro H que son delimitados por el *COSHH*, calculando los alcances y peligros que representa la exposición a polvos y otras sustancias volátiles, los cuales se estiman en un modelo estandarizado, según la figura 5, donde se describen los elementos que se pueden medir y homogenizar en el esquema general del programa.

Figura 5. Ámbito de aplicación para el modelo de exposición cuantitativa por inhalación.

Producto Actividad	Gas	Líquidos volátiles	Líquidos no volátiles	Polvos	Fibras	Objetos
Movimiento y agitación						No aplicable (n.a.)
Transferencia gravitacional						No aplicable (n.a.)
Propagación e inmersión						No aplicable (n.a.)
Técnicas de dispersión del aire			!			No aplicable (n.a.)
Técnicas de trabajo en caliente						No aplicable (n.a.)
Abrasión e impacto: madera y piedra	No aplicable (n.a.)	No aplicable (n.a.)	No aplicable (n.a.)	No aplicable (n.a.)	No aplicable (n.a.)	
Abrasión e impacto: otras actividades como plástico, vidrio o metal	No aplicable (n.a.)	No aplicable (n.a.)	No aplicable (n.a.)	No aplicable (n.a.)	No aplicable (n.a.)	

 Cae dentro del ámbito de aplicación de Stoffenmanager®

 No dentro del ámbito de aplicación de Stoffenmanager®

 No No aplicable, esta situación no puede ocurrir

 La exposición a sustancias poco volátiles, liberadas de las actividades de pulverización (formación de aerosoles - PROC7 and PROC11; 'manipulación de líquidos a alta presión que da como resultado que da como resultado una generación sustancial de niebla o aerosol/haze'), es posible que se subestime (Tongeren van et al (2017). para tales actividades se recomienda utilizar la estimación del percentil 95 o cumplir con un ICR = 0.5 (en lugar de ICR= 1).

Se brinda orientación adicional en [Guía REACH R.14](#) (A.14-1.4.1.1. Ámbito de aplicación, actualizado hasta Stoffenmanager® 6.4). Aquí se enumeran los PROCs que NO se pueden usar en Stoffenmanager®.

Nota: Tomado de *What is Stoffenmanager*, por Stoffenmanager, 2021,
<https://stoffenmanager.com/what-is-stoffenmanager/>

2.6 Marco Normativo

En primer lugar, la **Ley 9 de 1979** enfocada en establecer las normas generales que servirán de base a las disposiciones y reglamentaciones necesarias para preservar, restaurar o mejorar las condiciones necesarias en lo que se relaciona a la salud humana; los procedimientos y las medidas que se deben

adoptar para la regulación, legalización y control de los descargos de residuos y materiales que afectan o pueden afectar las condiciones sanitarias del Ambiente. Entendiendo por condiciones sanitarias del ambiente, las necesarias para asegurar el bienestar y la salud humana, teniendo en cuenta el artículo, en donde se prohíbe descargar en el aire contaminantes en concentraciones y cantidades superiores a las establecidas en las normas que se establezcan al respecto. Además, se comprende con el artículo 45, que cuando las emisiones a la atmósfera de una fuente sobrepasen o puedan sobrepasar los límites establecidos en las normas, se procederá a aplicar los sistemas de tratamiento que le permitan cumplirlos. (40)

Por otro lado, se encuentra la **Resolución 2400 de 1979**, entendida como aquella que se encargó de manera inicial, al cubrimiento de disposiciones alrededor de la vivienda, higiene, seguridad en el ámbito laboral y para la prevención de accidentes, enfermedades y otras circunstancias que afecten seriamente la salud del trabajador. (3)

Así mismo, hace parte de la normatividad que sustenta la construcción de la herramienta, la **resolución 2013 de 1986**, en la que se reglamenta la organización y funcionamiento de los comités de medicina, higiene y seguridad industrial en los lugares de trabajo, comprendiendo a las empresas e instituciones, públicas o privadas, que tengan a su servicio diez (10) o más trabajadores y que están obligadas a conformar un Comité de Medicina, Higiene y Seguridad Industrial. (4)

De igual modo, se encuentra el **Decreto Ley 1295 de 1994**, enfocado en establecer las actividades de promoción y prevención tendientes a mejorar las condiciones de trabajo y salud de la población trabajadora, protegiéndola contra los riesgos derivados de la organización del trabajo que puedan afectar la salud individual o colectiva en los lugares de trabajo tales como los físicos, químicos, biológicos, ergonómicos, psicosociales, de saneamiento y de seguridad. Además, estableció un índice de

Clasificación de Empresa en cinco clases de riesgo: Clase I: Riesgo Mínimo; Clase II; Riesgo Bajo; Clase III: Riesgo Bajo; Clase IV: Riesgo Alto, y Clase V: Riesgo Máximo. Corresponde al Gobierno Nacional expedir las normas reglamentarias técnicas tendientes a garantizar la seguridad de los trabajadores y de la población en general, en la prevención de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales. Igualmente le corresponde ejercer la vigilancia y control de todas las actividades, para la prevención de los riesgos profesionales.

Además, los empleadores tienen la obligación de establecer y ejecutar en forma permanente el programa de salud ocupacional, según lo establecido en las normas vigentes, porque son los responsables de los riesgos originados en los ambientes de trabajo. Las entidades administradoras de riesgos profesionales, por delegación del estado, ejercen la vigilancia y control en la prevención de los riesgos profesionales de las empresas que tengan afiliadas, a las cuales deberán asesorar en el diseño del programa permanente de salud ocupacional. (41)

El Documento **CONPES 3344** del Departamento Nacional de Planeación se enfocó en determinar que los modelos de difusión y calidad del aire son herramientas necesarias para fortalecer el proceso de recolección y análisis de información para comprender la relación entre emisiones contaminantes, calidad del aire y salud. (42)

El **Decreto 02 de 1982**, mediante el artículo 126, estipula que el modelo de dispersión se utiliza para estimar el promedio anual y la concentración promedio de 24 horas de emisiones contaminantes, y se instala una escala de fuente de contaminación atmosférica artificial fija en la dirección del viento a favor de la dirección del viento predominante que se encarga de afectar a las zonas con estos elementos. (43)

Mediante el **Decreto 948 de 1995** se consolida el Reglamento de Protección y Control de Calidad del Aire, de alcance general y aplicable en todo el territorio nacional, en el cual se formulan estándares y

principios generales de protección del aire, mecanismos para prevenir, controlar y prestar atención a incidentes de contaminación del aire de fuentes de contaminación fijas y móviles, formular pautas y capacidades para estándares de calidad del aire o niveles de emisión, y formular estándares de emisión y emisión de contaminantes atmosféricos, ruido y olor, a su vez se gestionó la emisión de permisos de emisión, las herramientas y medios de control y fiscalización, el régimen de sanciones por infracciones y la participación de la ciudadanía en el control de la contaminación atmosférica. (44)

A través del **Decreto 979 de 2006** se han modificado las categorías de estándares de calidad del aire o diferentes niveles de emisión regulares. Los estándares de calidad del aire o niveles de emisión se establecerán en tiempos de exposición anuales, diarios, ocho horas, tres horas y una hora. El estándar de calidad anual, es decir, el nivel de emisión anual, se expresa mediante la media aritmética diaria anual de la concentración de gas y material particulado PM10 y la media geométrica diaria anual de la concentración total de material particulado en suspensión. El estándar de calidad diario, o nivel de emisión diario, se expresará en términos de concentración de gas y material particulado dentro de las 24 horas. El estándar de calidad de ocho horas, o el nivel de emisión de ocho horas, se expresará sobre la base del valor de concentración de gas de ocho horas. El estándar de calidad de tres horas, o el nivel de emisión de tres horas, se expresará como el valor de concentración de gas de tres horas. El estándar de calidad por hora, o el nivel de emisión por hora, se expresará en función del valor de concentración de gas durante este tiempo. (45)

La **Resolución 619 de Julio 7 de 1997** en la que se determinó parcialmente los factores que requieren permisos de emisión atmosférica para fuentes estacionarias. El Ministerio del Ambiente tiene la responsabilidad de regular las condiciones generales de saneamiento ambiental y el uso, manejo y desarrollo de los recursos naturales con el fin de reducir o eliminar el impacto de las actividades de

contaminación en el medio ambiente., estimando las normas ambientales mínimas y la normativa general aplicable a todas las actividades que puedan ocasionar directa o indirectamente daños ambientales. (46)

Por otro lado, se considera la **Resolución 1401 de 2007**, por la cual se reglamenta la investigación de incidentes y accidentes de trabajo, busca definir políticas y programas de prevención en materia de riesgos profesionales, para lo cual se requiere contar con información periódica y veraz, sobre las contingencias de origen profesional ocurridas a los trabajadores dependientes e independiente. (5)

Así mismo, a través de la **Ley 1562 de 2012** se establecen mediante el artículo 11 los servicios de promoción y prevención Actividades básicas programadas y evaluadas conforme a los indicadores de Riesgos Laborales para las empresas correspondiente al cinco por ciento (5%) del total de la cotización, como mínimo serán las siguientes: Programas, campañas y acciones de educación y prevención dirigidas a garantizar que sus empresas afiliadas conozcan, cumplan las normas y reglamentos técnicos en salud ocupacional, expedidos por el Ministerio del Trabajo. Apoyo, asesoría y desarrollo de campañas en sus empresas afiliadas para el desarrollo de actividades para el control de los riesgos, el desarrollo de los sistemas de vigilancia epidemiológica y la evaluación y formulación de ajustes al plan de trabajo anual de las empresas, estableciéndose que los dos objetivos principales de esta obligación son: el monitoreo permanente de las condiciones de trabajo y salud, y el control efectivo del riesgo. (47)

Mediante el **Decreto 1443 de 2014**, el cual tiene por objeto definir las directrices de obligatorio cumplimiento para implementar el Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo - SG-SST, que deben ser aplicadas por todos los empleadores públicos y privados, los contratantes de personal bajo modalidad de contrato civil, comercial o administrativo, las organizaciones de economía solidaria y del sector cooperativo, las empresas de servicios temporales y tener cobertura sobre los trabajadores dependientes, contratistas, trabajadores cooperados y los trabajadores. Estableciéndose desde el artículo

4 que el empleador o contratante debe abordar la prevención de los accidentes y las enfermedades laborales y también la protección y promoción de la salud de los trabajadores y/o contratistas, a través de la implementación, mantenimiento y mejora continua de un sistema de gestión cuyos principios estén basados en el ciclo PHVA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar). (48)

El **Decreto 1072 de 2015**, encargado de estipular el Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo, también se encargó de concretar la consolidación del Consejo Nacional de Riesgos Laborales, estableciendo obligaciones más concretas que las anteriormente estipuladas en otras legislaciones alrededor del cubrimiento del personal laboral, especialmente si desarrolla tareas que puedan poner su vida en riesgo constantemente. (65)

Este se vincula directamente con la **Resolución 0312 de 2019**, el cual determina a quienes deben ser responsables de diseñar estrategias que puedan cubrir los diversos riesgos que existen, según la clasificación que se ha presentado para proteger la seguridad y la salud de los trabajadores. Por ello mismo, se concretan una serie de procedimientos a lo largo de la normativa para establecer la implementación por parte de profesionales, basados en responsabilidades específicas delimitadas desde el SG-SST, desde aspectos que se concretan bajo el desarrollo y la mejora continua de los sistemas y estrategias que se determinan en los espacios laborales. (49)

Así mismo, también existe una relación directa con las directrices delimitadas desde el **Decreto 2090 de 2003** (50), por la cual se definen las actividades de alto riesgo para la salud del trabajador y se modifican, y señalan las condiciones, requisitos y beneficios del régimen de pensiones de los trabajadores que laboran en dichas actividades, previa definición de actividad de alto riesgo, relacionada como toda labor en la que se disminuya la expectativa de vida saludable, estableciendo en su artículo segundo numeral cuarto trabajos con exposición a sustancias comprobadamente cancerígenas, ratificada en la

Decreto 1477 de 2014, categorizando la Asbestosis como enfermedad laboral directa, donde las empresas deberán ejecutar los programas de gestión de la exposición, desarrollar las acciones necesarias para reducir la exposición. En el mismo sentido, desde el año 2012 en su monografía 100C (63), la IARC ha clasificado el polvo de sílice cristalina (en forma de cuarzo o cristobalita), como agente carcinogénico del Grupo 1 confirmado en seres humanos, y vinculada en Colombia por el **Decreto 1075 de 2012** (65), de tal forma que, en el ámbito de la seguridad y salud en el trabajo, el control de la exposición ocupacional a esta sustancia química deberá considerarse como prioritaria, independientemente de la dosis y del nivel de exposición propiamente dicho.

De igual forma, se menciona la **Resolución 0312 de 2019**, enfocada en determinar los Estándares Mínimos del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo SG-SST para las personas naturales y jurídicas señaladas en el artículo 2° de este Acto Administrativo. (7)

Bajo los estándares que ha determinado a nivel general las regulaciones que se tuvieron en cuenta dentro del presente marco, se puede comprender que existen una serie de responsabilidades y obligaciones que no solo respectan al Estado para ejecutar y asegurar la seguridad de los trabajadores, puesto que se estiman una serie de labores que deben tener en cuenta los empleadores, como es el caso de construir estrategias que fomenten no solo la gestión de riesgos, también bajo lineamientos que van vinculados hacia la mejora continua de los diversos mecanismos que se gestionan en un entorno laboral con un riesgo medio y alto, donde el SG-SST debe ser la base específica donde se posicionen los diversos planes y actualizaciones que se realicen en los espacios laborales para asegurar el bienestar del trabajador, prevenir las enfermedades y los accidentes laborales haciendo necesario que los empleadores mantengan estos factores en un campo vigente, detectando diversos peligros que pueden aparecer y emitirse en diversas zonas industriales.

3 Estado del Arte

Frente a estas necesidades mencionadas con anterioridad, se han desarrollado otros tipos de programas que buscan de alguna manera garantizar que este tipo de tecnología pueda contribuir a la salud y seguridad de los trabajadores. En primer lugar, Ávila y Rivera (51) con su trabajo ***“Aplicativo para control de personal en obras de construcción para la empresa Securus Ingeniería SAS”***, generaron una App para la gestión del personal, enfocado en facilitar el trabajo de los inspectores de SST de la empresa y los diferentes controles estipulados desde la normatividad vigente alrededor de estas medidas.

De igual manera, esta aplicación buscó disminuir los accidentes laborales, al fortalecer la vigilancia de las redes y espacios de manera integral, sin requerir la contratación de personal extra para la realización de dichas tareas, lo cual significó un ahorro considerable hacia la empresa. En este trabajo, se estableció que, el factor humano es fundamental para el desarrollo de esta herramienta, ya que depende de la constante actualización de la normatividad vigente para su adecuado funcionamiento, esto último con el fin de generar informes y generar acciones tendientes al mejoramiento y optimización de espacios para evitar accidentes laborales, quedando pendiente un sistema de alarma ante cualquier eventualidad que la misma pueda llegar a detectar.

Con respecto al sistema de alertas, Beltrán (52) con su proyecto ***Desarrollo de una App piloto usando tecnología Open Source para el registro y monitoreo de alertas de emergencia en los parques del sector de Saucos II en la ciudad de Guayaquil***, buscó cubrir necesidades de los encargados de seguridad y socorro para la realización de servicios de resguardo, primeros auxilios y apoyo policial, generando un alcance más amplio, con respecto a otros sistemas que existían en el sector, permitiendo el posicionamiento de estrategias para combatir la delincuencia y cualquier otra situación que requiera

acciones oportunas y ágiles. Esta App no solo permitió respuestas rápidas por parte de las autoridades, también representó una participación importante de la población que habita la zona, ponderando la gestión de emergencias en los lugares más transitados. Su desarrollo, a través del open source permite cambios rápidos en su arquitectura, según los requerimientos que sean necesarios para garantizar su optimización y funcionalidad.

Por otra parte, Armas (53) con su propuesta: *Identificación y seguimiento de la actividad física en personas de la tercera edad, mediante el uso de teléfonos móviles*, tras implementar el protocolo en tiempo real del teléfono móvil, concluye que es posible optimizar el consumo de datos, ya que se proporciona un método de transmisión para lectura remota, que incluye las variables del sensor recuperadas por el Smartphone. De manera similar, se ha determinado que no todas las bases de datos del mercado pueden utilizar MySQL porque no está diseñado para este tipo de aplicaciones y no admite consultas de informes complejas. La creación de la página web aporta un valor agregado al proyecto, ya que se puede controlar a múltiples pacientes al mismo tiempo, y el informe se personaliza según el médico tratante para traer beneficios a las personas mayores. Mediante el uso de protocolos adecuados en el proyecto, se puede evitar fácilmente la pérdida de datos en dispositivos móviles, utilizando el administrador de base de datos SQL y se ha implementado una página web para la interacción entre pacientes y médicos tratantes.

Ortiz y Raquel (22) desarrollaron *Dome para la investigación de accidentes laborales en la fábrica de calzado LEXMAX*, en conjunto con la plataforma de red, que ejecuta el proceso de investigación de accidentes laborales, mejorando así la precisión del informe con una eficiencia 100% real. Asimismo, concluyó que, la implementación de esta herramienta puede incrementar el número de reportes correctos de accidentes laborales para no generar multas, por incumplimiento legal. En este sentido, la aplicación

del software Dome ayuda a determinar que el 46,1% de los accidentes ocurrieron en el área de corte, y luego el área de montaje (15,3%), es decir, el 7,7% del área de pegado. El área de terminación representa el 7.7%. Por tanto, se analiza el área de producción, pero no se analiza el área de gestión o soporte, que también es importante en las empresas dedicadas a esta área.

Por su parte, Roa y Montañez (54) con su proyecto *Prototipo de aplicación móvil como herramienta de apoyo para la prevención de riesgos y guía de operación en el acontecimiento de siniestros mediante el uso de realidad aumentada y geoposicionamiento*, desarrollaron una aplicación para ayudar a empresas encargadas de atender accidentes o desastres naturales, con el objetivo principal de incluirla en la planificación de emergencias y la gestión de riesgos. La propuesta ayudó a reducir el impacto negativo de los desastres naturales (como los terremotos que causaron lesiones personales), e implementó un módulo para la ubicación de las salidas y puntos de reunión para orientar a las personas que necesitan ser desalojadas de los edificios y mantener la calma. También se proporciona una guía audiovisual rápida, ponderando el uso de elementos de seguridad. Así mismo se integra un módulo de geolocalización de los edificios afectados para proporcionar posibles ubicaciones de personas desaparecidas.

El autor concluye que, ante la peligrosa situación de la simulación de desastres naturales, es imposible determinar con precisión el proceso de prueba y soporte inmediato posterior a la emergencia, pero la aplicación móvil es una herramienta útil para atender emergencias para adquirir y desarrollar planes de emergencia. El plan de contingencia ante incidentes es una herramienta auxiliar para responder a las necesidades de gestión de riesgos; sin embargo, también señalaron que la aplicación móvil en el estado actual no se ha completado y no puede alcanzar el 100% de funcionalidad, pero si integra los módulos propuestos al inicio del proyecto, su estructura presentará una aplicación potente y flexible, esto permite la reutilización, la escalabilidad y el fácil mantenimiento del código fuente.

Igualmente, Oporto (55) con su propuesta denominada *Diseño de un sistema inalámbrico de detección de caídas aplicado a personas de la tercera edad basado en acelerómetro y teléfono móvil*, resalta una solución que pueda minimizar el impacto de las caídas de ancianos a través de sistemas portátiles con la implementación de dispositivos portátiles de fácil acceso en el mercado, en comparación a otros mecanismos, con respecto al precio y calidad. El sistema propuesto detecta problemas e informa rápidamente a los teléfonos móviles cercanos, además de activar una alarma para gestionar acciones inmediatas y obtener la ayuda y atención de los ancianos. El desarrollo del sistema también incorpora el uso de dispositivos móviles actuales, como sensores de aceleración microelectromecánicos, microcontroladores con interfaces seriales, módulos Bluetooth para conexión inalámbrica y comunicación con microcontroladores, generación y transmisión de alarmas.

La red de telefonía móvil GSM utiliza mensajes de texto muy cortos. El uso de la tecnología móvil para estos casos promueve acciones que puedan ayudar a los adultos mayores con accidentes que, debido a sus condiciones, le son muy difíciles de solventar, incluso poniendo en riesgo su vida; por ello estas pruebas en el sistema de generación de alarmas pueden funcionar con normalidad y pueden enviarse a cualquier teléfono móvil en caso de caída. La red telefónica pública GSM envía el mensaje corto al número preconfigurado en el programa del sistema del procesador ATMMEGA88. Este tipo de solución móvil puede aportar tranquilidad a la familia, lo que merece la pena porque también puede realizar un seguimiento permanente y fiable.

Manzano y Vallejo (25) con su iniciativa *Sistema de monitoreo de signos vitales y alerta de accidentes para personas con problemas de movilidad*, probó que la aplicación sugerida permite el uso de Arduino para realizar una llamada cuando se detecta una caída del paciente, el dispositivo unificará la conexión con el sensor y el módulo GSM, y luego se enlazará a la red de telefonía móvil, y utilizará esta red para

enviar alarmas, registrando información alrededor de los signos vitales, especialmente si están más allá del rango normal, haga un sonido que le recordará que debe recibir tratamiento de manera rápida e inmediata. Los factores que pueden medir los equipos de construcción son la presión arterial, la temperatura corporal y pueden detectar golpes o impactos al paciente; el algoritmo desarrollado depende de las principales variables a través de las cuales se puede calibrar el sistema.

Esta herramienta se programó para cubrir todas las necesidades del sistema de monitorización de constantes vitales del paciente, así como la configuración del protocolo adecuado para la conexión con el módulo GSM del teléfono móvil. Por tanto, con base a todo el contenido de esa investigación, sugirieron diseñar una aplicación móvil que pudiera comunicarse lo antes posible en caso de accidente para enfocarse en las necesidades de la empresa constructora, alertando sobre la ocurrencia del mismo en el menor tiempo posible para evitar daños más graves o incluso la muerte de los implicados en una determinada obra. Por ende, el soporte de la tecnología móvil para la mensajería instantánea es un tema que requiere más investigación y mucho esfuerzo. El diseño de la aplicación móvil permite extraer los últimos conocimientos técnicos relacionados con la telefonía móvil, cubriendo y protegiendo información importante sobre el éxito del proyecto, así como de infraestructura, tecnología informática, software, diseño y base de datos, etc.

La sistematización de los estudios que fueron referenciados en el presente apartado se concretan con una pequeña matriz que permite visualizar los diversos avances que cada uno representó y que pueden observarse en la tabla 3, donde no solo se caracteriza el tipo de trabajo que se realizó, también da espacio a una serie de observaciones en forma de comentarios que buscan establecer lo que han representado estos trabajos alrededor de la implementación de aplicaciones industriales y demás prestaciones ligadas

a la higiene industrial dentro de la empresa cementera, así como la medición de diversos factores, como el sonido y en algunos casos, el material particulado.

Tabla 3. Matriz del Estado del Arte

Tipo de trabajo	Nombre del trabajo	Autor	Aportes	Comentarios
TG	<i>Aplicativo para control de personal en obras de construcción para la empresa Securus Ingeniería SAS (2016) (51)</i>	Ávila, M; Rivera, J	Generar una App para la gestión del personal, enfocado en facilitar el trabajo de los inspectores de SST de la empresa y los diferentes controles estipulados las regulaciones nacionales	El trabajo brindó aportes que permitieron organizar de manera precisa al personal, los espacios y diversos factores que podrían generar accidentes laborales, demostrando que estas actualizaciones son vitales para agilizar procesos empresariales.
TG	<i>Desarrollo de una app piloto usando tecnología open source para el registro y monitoreo de alertas de emergencia en los parques del sector de Saucos II en la ciudad de Guayaquil. (52)</i>	Beltrán, M	Construcción de una App para brindar respuestas rápidas por parte de las autoridades sobre situaciones de emergencia, ponderando la gestión en los lugares más transitados	El desarrollo de aplicaciones que estén al alcance del personal a nivel general habla de una practicidad y un mecanismo fácil de usar, además de generar un sentido de responsabilidad sobre lo que representa la empresa
TG	<i>Identificación y seguimiento de la actividad física en personas de la tercera edad, mediante el uso de teléfonos móviles (53)</i>	Armas, R	Desarrollo de una App que pueda realizar una actualización del estado físico de los pacientes dentro de un espacio clínico, haciendo uso de un mecanismo MySQL	La implementación de las aplicaciones se vuelve un complemento que puede ayudar a trabajar áreas de manera casi inmediata, aspecto que se pondera dentro de <i>Quali-Apps</i>

TG	<i>Software DOME para la investigación de accidentes laborales en la Fábrica de calzado LEXMAX (22)</i>	Ortiz, A; Raquel, M	Aplicación del software <i>Dome</i> para investigar con precisión los diversos accidentes laborales que se presentan dentro de una empresa de calzado	El factor que ofrecen las aplicaciones dentro de un marco generalizado es la precisión de medidas y variables alrededor de varios parámetros que se desarrollan en una empresa, generando un alcance más profundo para asegurar a los trabajadores.
TG	<i>Prototipo de aplicación móvil como herramienta de apoyo para la prevención de riesgos y guía de operación en el acontecimiento de siniestros mediante el uso de realidad aumentada y geoposicionamiento (54)</i>	Roa, F; Montañez, G	Aplicación para ayudar a empresas encargadas de atender accidentes o desastres naturales, con el objetivo principal de incluirla en la planificación de emergencias y la gestión de riesgo	Las aplicaciones facilitan la gestión de riesgo, así como para gestionar la planificación de un determinado proyecto que pueda ayudar a mejorar los estándares de calidad y seguridad en el trabajo.
TG	<i>Diseño de un sistema inalámbrico de detección de caídas aplicado a personas de la tercera edad basado en acelerómetro y teléfono móvil (55)</i>	Oporto, E	Diseño de un sistema para detectar problemas que puedan sufrir pacientes de edad avanzada, además de activar una alarma para gestionar acciones para brindar ayuda.	La acción inmediata es otro factor que favorece el desarrollo de aplicaciones industriales, las cuales pueden ayudar a gestionar una serie de mecanismos que permitan atender emergencias de manera precisa.
TG	<i>Sistema de monitoreo de signos vitales y alerta de accidentes para personas con problemas de movilidad (25)</i>	Manzano, V; Vallejo, E	Desarrollo de una App basada en una estructura Arduino, mediante un sensor GSM enlazado a una red local que pueda	el diseño de la aplicación móvil permite extraer los últimos conocimientos técnicos relacionados con la telefonía móvil, cubriendo y protegiendo

			informar sobre el estado de los signos vitales, además de implementar variables que fomenten las necesidades de los pacientes	información importante sobre el éxito del proyecto, así como de infraestructura, tecnología informática, software, diseño y base de datos, etc.
--	--	--	---	---

Nota: Elaborado por los autores

4 Objetivos

4.1 Objetivo General

- Diseñar una herramienta tecnológica de evaluación cualitativa sobre material particulado en Colombia para empresas Cementeras.

4.2 Objetivos Específicos

1. Identificar metodologías evaluativas de riesgo frente a material particulado.
2. Establecer los mecanismos que requiere la aplicación para evaluar cualitativamente el nivel de material particulado para empresas cementeras.
3. Diseñar la arquitectura de la App, considerando funcionalidades esenciales para la medición de material particulado en las empresas cementeras.

5 Metodología

5.1 Tipo de Estudio

En primer lugar, la investigación se realizó bajo un enfoque de tipo descriptivo. Sampieri et al (56) estipulan que para la construcción de este tipo de investigaciones se deben considerar dos o diversas variables de investigación, las cuales permitan responder las cuestiones sobre un fenómeno en concreto, desde una realidad objetiva. Para este caso se buscó responder preguntas alrededor de la medición de polvo y posibilitar la construcción de la App para determinar su funcionalidad y pertinencia en el sector cementero.

El alcance de la presente investigación es de corte exploratorio, Sampieri et al (56) argumentan que este alcance se implementa para examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes. Es necesario considerar que este campo ya ha sido explorado con anterioridad en diversos campos, pero dentro del mercado colombiano no se considera un estándar de producción de este tipo de herramientas que se sustentan dentro de la seguridad laboral.

5.2 Técnica de recolección de información

El proceso de la investigación se realizó desde una revisión documental la cual fue adaptada a la realidad de una industria cementera, y sobre todo a las características de la industria en Colombia sustentada en la experiencia en el sector de los investigadores. La finalidad de la obtención de la mayor cantidad información de métodos evaluativos cualitativos de la exposición a agentes químicos, además de ser relevante y pertinente para el tema a investigar.

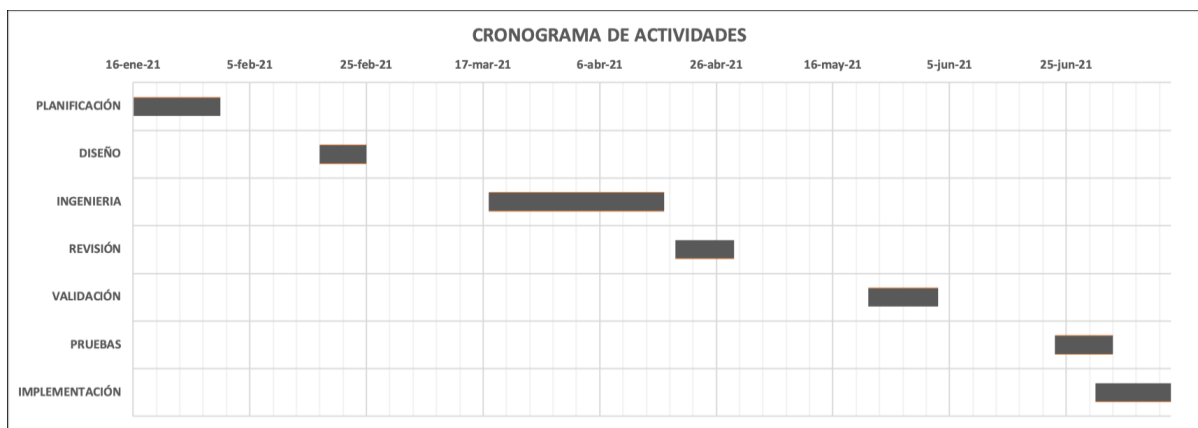
Para el caso de la presente investigación, este mecanismo se implementó con un registro de aspectos que se presentan en la industria cementera para analizar dónde se produce el mayor índice de polvo en estos espacios; de igual forma, mediante esta herramienta se fundamentó la construcción de la arquitectura de la App, así como de su intervención en las zonas concretadas para su aplicación, lo cual permite una serie de retroalimentaciones que puedan darle forma de manera integral a la propuesta que sustenta al presente proyecto.

5.3 Cronograma de actividades

Tabla 4. Cronograma de actividades

ACTIVIDADES	FECHA DE INICIO	DURACIÓN DIAS	FECHA FIN	% COMPLETADO	DIAS COMPLETADOS
PLANIFICACIÓN	16-ene-21	15	31-ene-21	100%	15,00
DISEÑO	17-feb-21	8	25-feb-21	100%	8,00
INGENIERIA	18-mar-21	30	17-abr-21	100%	30,00
REVISIÓN	19-abr-21	10	29-abr-21	100%	10,00
VALIDACIÓN	22-may-21	12	3-jun-21	100%	12,00
PRUEBAS	23-jun-21	10	3-jul-21	100%	10,00
IMPLEMENTACIÓN	30-jun-21	13	13-jul-21	100%	13,00

INICIO PROYECTO	16-ene-2021
FIN PROYECTO	13-jul-2021



Nota: Elaborado por los autores

5.4 Presupuesto

Tabla 5. Recursos Físicos

CONCEPTO	CARACTERISTICA	CANTIDAD	DISPOSICION REQUERIDA
Cámara Fotográfica	Cámara con lente angular Ultra, con 18 Mm, resolución mínima de 16 megapíxeles (Características presentes en los equipos celulares del grupo de trabajo)	2	Fotografía de espacios intervenidos, detección inicial del material particulado detectado por el medidor, registro de lugares intervenidos antes y después.
Bitácora	Cuadernos medianos (20X20cm) hojas cuadrículadas.	3	Requerido para apuntes sobre las intervenciones realizadas dentro del grupo focal para establecer los aspectos que deben cubrirse con la aplicación
Esferos	Elemento para escribir en la bitácora	10	La cantidad se estableció de ese tamaño por si algún esfero se extraviaba o llega a dañarse.
Computador Portátil	Equipo con mínimo 500 gb de disco duro, Inter Core I5-8250U o Ryzen 5, con 2.6 GHz, pantalla de 1920x1080 full HD y memoria Ram de 8gb	2	Herramienta central para la elaboración de la investigación, para la sistematización de datos, construcción de la arquitectura, gestión de grupos focales y construcción del trabajo de grado.
Microsoft Azure	Afiliación	1	Despliegue y control de la App
Android Studio	Plataforma de programación de aplicaciones	1	Requerido para soportar la arquitectura de la App, además de complementar y probar integralmente los componentes de la herramienta.

Tabla 6. Recursos Financieros

Lenovo Legion Y530 - Portátil para juegos Full HD de 15,6", Intel Hexa- Core i7-8750H, 8 GB/16 GB DDR4, NVIDIA GeForce GTX 1050 Ti, 1 TB HDD/512 GB SSD, Harman	1	\$4'500.000	\$4'500.000
Microsoft Azure	1	\$750.000	\$750.000
Desarrollador de Android Studio	1	\$1'200.000	\$1'200.000
TOTAL		\$6'450.000	\$6'450.000

Nota: Elaborado por los autores

5.5 Consideraciones Éticas

De acuerdo con los principios establecidos en el Código de ética para profesionales en salud ocupacional el ICOH (59) y en la Resolución 008430 del 04 de octubre de 1993 (8); y debido a que esta investigación se consideró como investigación con riesgo mínimo, estipulando que no requiere de consentimiento informado, en cumplimiento con los aspectos mencionados con el artículo 6 de la presente resolución, este estudio se desarrolló conforme a los siguientes criterios:

1. Según el Código de ética de AEIH, estipulado desde la Ley 842 (9), expuesto desde lo que señala el Título IV, sobre el ejercicio de la ingeniería general, se considera importante cumplir con lo que está decretado en el artículo 33, inciso d) que se estudiará de manera cuidadosa el ambiente que compete a esta investigación, de manera que se puedan evaluar los impactos que se puedan estar produciendo dentro de diversas esferas, especialmente ponderando la salud de los trabajadores, con la finalidad de promover su bienestar y una calidad de vida integral.

De igual forma, frente a lo que se estipula dentro del ICOH(59), con la presente investigación se buscó corroborar que existe una serie de aspectos que pueden vulnerar la salud de los trabajadores, tomando los dos títulos que abarcan el código: Obligaciones de los profesionales de la salud ocupacional y las condiciones de ejecución de las funciones de los profesionales. En primer lugar, con respecto a las obligaciones, el proyecto se consolidó al distinguir los riesgos que existen dentro del ámbito laboral, comprendiendo los medios necesarios para minimizar los peligros que puedan existir dentro de este contexto, buscando sustentar los resultados de forma transparente y que contribuyan a la mejoría de las condiciones de los trabajadores. Por otro lado, alrededor de las funciones de los profesionales, este trabajo se realizó con la mayor integridad posible, considerando de manera adecuada el interés hacia la salud y la seguridad de los trabajadores.

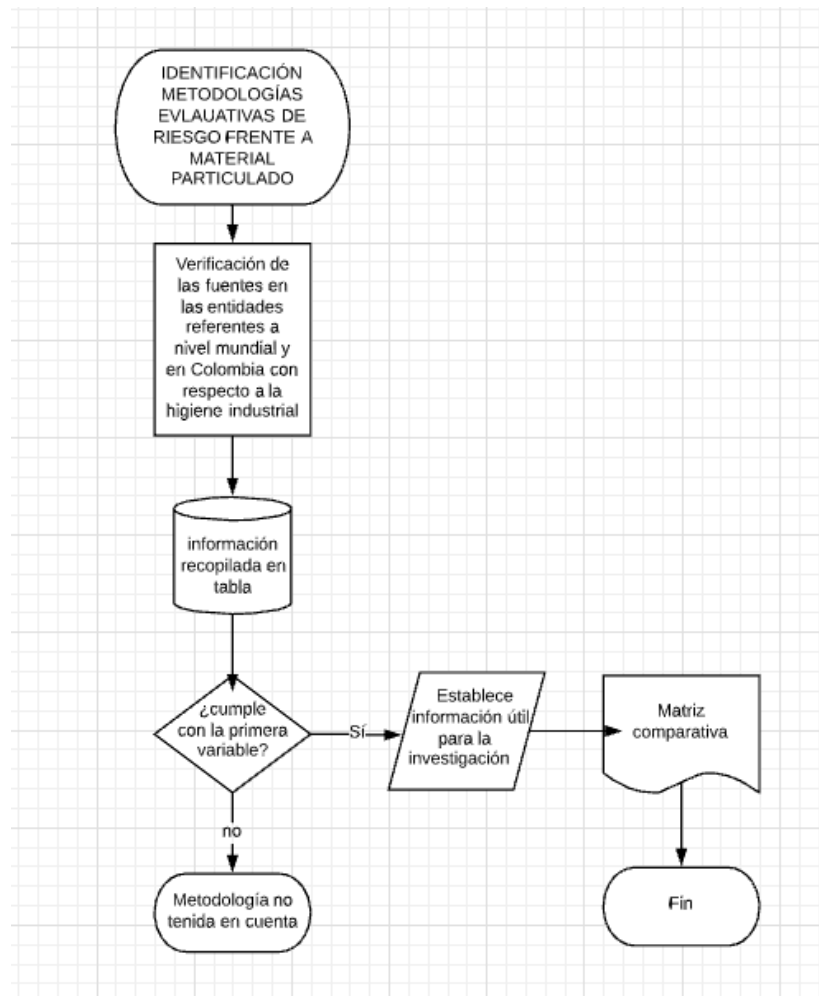
2. Esta investigación se fundamentó en hechos previos registrados en varias investigaciones médicas relacionadas con riesgos que trae consigo laborar dentro de la industria cementera, considerando la necesidad de optimizar la medición de aspectos que pueden damnificar la salud de los empleados que desarrollan sus deberes dentro de este contexto.
3. La información que se requirió para la construcción de la App se obtuvo al ir a diversas industrias o centrales cementeras para realizar pruebas de registro relacionadas a la detección de material particulado, por ello el trabajo ejecutó exclusivamente de manera presencial.

6 Resultados

6.1 Comparación de los métodos evaluativos para medir el material particulado

Para la realización de estos índices, se desarrolló el primer objetivo de la investigación: *Identificar metodologías evaluativas de riesgo frente a material particulado*, en donde se diseñó una serie de herramientas que permitieron la construcción de estos estándares como el análisis descriptivo, el cual permitió comprender las características más importantes de cada uno de estos métodos evaluativos enfocados para la medición de material particulado. Para la medición de estos factores, se esbozó los siguientes valores para delimitar este tipo de funcionalidades, así como ventajas y desventajas que puede representar su implementación, dentro de los cuales se realizó una serie de consideraciones donde se concretó las generales más importantes que se deben tener en cuenta para el desarrollo de la evaluación cualitativa, estimando las herramientas óptimas para la medición de este tipo de elementos en el sector cementero.

Esta investigación realizó un análisis descriptivo de diferentes metodologías avaladas tanto a nivel internacional como a nivel nacional. El enfoque del muestreo teórico fue utilizado de manera iterativa para identificar la aplicabilidad de las metodologías en la detección cualitativa de material particulado en el sector de la industria cementera o cualquier otro tipo de industria que sirva de referente para el caso de estudio, haciendo uso del siguiente diagrama (Figura 6) para analizar la información que se recopiló alrededor de los mecanismos considerados dentro de la muestra.

Figura 6. Diagrama para la identificación de metodologías evaluativas

Nota: Elaborado por los autores

Con la finalidad de determinar *cuál sería el método de evaluación* más acorde, con respecto a la medición de material particulado en las industrias cementeras que se analizaron, se procedió a interpretar los aspectos más sobresalientes de cada programa, a través de los factores que requiere el estudio para realizarse de manera integral; por tal motivo, se especificó cinco dimensiones que deben ser comprendidas en el desarrollo de la medición: Detección de material articulado, plataforma integral para

regular el aire, medición de propagación, índices mínimos de exposición, registro de elementos con alto/mediano riesgo de emisión y proyección de riesgos, según puede estimarse en la tabla 7.

Tabla 7. Cuadro Comparativo de los Métodos Evaluativos

Método Evaluativo	Análisis de riesgos sobre el material particulado	Plataforma integral para analizar riesgos	Medición de propagación	Índices mínimos de exposición	Registro de elementos con alto y mediano riesgo de emisión	Proyección de riesgos
COSHH	X		X	X		
INRS	X			X	X	X
EMKG	X	X		X	X	X
REGETOX	X			X	X	X
Stoffenmanager	X	X	X			

Nota: Elaborado por los autores

Los estándares que se determinaron dentro del cuadro se obtuvieron mediante las diversas características generales que contienen cada uno de los mecanismos establecidos para la medición de material particulado dentro del sector empresarial, para los cuales se realizaron lecturas que permitieron comprender generalidades y particularidades sobre los alcances que representan en el contexto que refiere a la higiene industrial.

6.1.1 Análisis de riesgos sobre el material particulado

Este factor se define como aquel que permite establecer si existen delimitaciones sobre los peligros que representa en la salud el material particulado que ha sido detectado por medio de las diferentes herramientas que serán implementadas para ello. Por consiguiente, es importante destacar la manera en

cómo los manuales de evaluación ofrecen cobertura sobre este aspecto, estimando factores de riesgo para el trabajador, así como su respectiva clasificación. Alrededor de ello, se puede observar que los cinco métodos ofrecen un protocolo de medición estimado, destacando dentro de este apartado los aportes realizados por parte de COSHH (33) y INRS (34), los cuales han establecido los estándares generales que utilizan otros mecanismos para estimar los riesgos que representan determinadas sustancias en el entorno laboral, ya que el primero propone los índices H, bajo cinco niveles de riesgo, mientras que el segundo ofrece las fases R, cuya vigencia en Europa se ha considerado en mayor forma, dentro de los cuales estiman que el polvo de cemento/construcción están bajo un índice nivel 2/3 dentro de sus estándares generales, pero concuerdan en que resulta nocivo otro tipo de polvos que pueden estar en menor incidencia, como resulta el polvo de hierro/acero, así como el plástico y las arenas.

Por otro lado, en lo que respecta a REGETOX, EMKG (63) y a Stoffenmanager (38), es importante establecer que estos mecanismos de evaluación hacen uso de una medición de riesgos extraída de los estándares contruidos por parte de COSHH (33) e INRS (36), en donde REGETOX brinda mayor prioridad a los índices R, propuestos por el mecanismo francés, EMKG (63) realiza una combinación de las índices H así como de las frases R, mientras que Stoffenmanager (38) estima las aproximaciones realizadas por los niveles H de COSHH (33); por tal motivo, dentro de este sentido, resulta prudente estimar los índices más generales; es decir, los H o R, para adaptarlos a la normatividad vigente para la medición de riesgos industriales en el territorio colombiano.

6.1.2 Plataforma integral para analizar riesgos

Este factor se comprende como la facilidad que ofrecen los manuales o metodologías evaluativas para soportar datos recolectados dentro de una aplicación o programa web, con la finalidad de ponderar

información, calculando índices más precisos, con respecto a los índices de exposición y los peligros reales que representa la presencia de cientos niveles de material particulado dentro del ambiente del trabajador.

En este aspecto, se debe señalar que los únicos estándares de los mencionados que posee esta característica son EMKG (63) y el Stoffenmanager (38), cuyo soporte fue financiado y promovido por los estados Alemán y Holandés, respectivamente, con la finalidad de medir con la mayor precisión posible los diversos factores existentes dentro de un entorno industrial. Bajo este sentido, estas plataformas comprenden varias herramientas con licencia libre, además que representan una implementación sin ningún tipo de costo, mientras se va actualizando con nuevos componentes que van ligados a la normatividad europea, con respecto a los intereses nacionales para la promoción de buenos hábitos que promueven el bienestar de los empleados. Sin embargo, existen algunas herramientas o instrumentos que deben ser pagos, los cuales ofrecen mayor profundidad a los datos recolectados, así como una gama de aspectos medibles dentro de las herramientas obtenidas, pero también se destaca que las funcionalidades esenciales son gratuitas.

No obstante, por el lado de los demás protocolos de evaluación, estos funcionan más como un manual de registro, además de señalar pautas precisas sobre la medición de riesgos, situaciones y acciones que ponderan daños a la salud de los trabajadores, por ello no se relacionan directamente dentro de un programa que pondere estos datos, pero si lo exigen para la anotación y el desarrollo estadístico de riesgos evaluados durante la revisión general del establecimiento.

Por tal motivo, la implementación de la plataforma puede comprenderse dentro de un carácter complementario, que soporte los datos obtenidos por las demás evaluaciones, abarcando información que requiere el programa para el análisis integral de todos los riesgos que se pueden observar en el

contexto industrial, arrojando precisiones más exactas sobre las dificultades relacionadas a la emisión y exposición del material particulado.

6.1.3 Medición de propagación

La medición de propagación comprende el factor estimado por parte de las sustancias detectadas como riesgosas para la salud del trabajador, según los alcances espaciales que este puede representar, según diversas circunstancias como los materiales que conforman las paredes, la división de la industria, el nivel de aire que se encuentra dentro del lugar, el índice de brisas y corrientes de aire que regularmente se encuentran en la zona estudiada, así como las zonas a donde puede llegar, considerando los índices de material y la forma en cómo puede afectar a las personas, según la distancia del punto central de emisión, la cantidad de producto presente en los espacios y el nivel de exposición, estimando dificultades de corto, mediano y largo plazo.

Con respecto a esta dimensión, se puede observar que Stoffenmanager (38) ofrece herramientas que permiten la proyección de la propagación de las sustancias estipuladas dentro de su programación; es importante señalar que dentro de sus funcionalidades, existen herramientas que permiten la medición de material particulado, con respecto a su potencial expansión, señalando los espacios a través de una cuadrilla de metros cuadrados que deben registrarse manualmente, estimando las brisas y corrientes que están presentes dentro del espacio, lo cual permite considerar proyecciones sobre los alcances que tiene el material particulado, con respecto a zonas y departamentos que conforman a la empresa.

Mientras que las herramientas reguladas por los otros manuales, en especial las proyecciones relacionadas por REGETOX (36) e índices generales de INRS (36), EMKG (63) y COSHH(33), estipulan son los riesgos potenciales que representan estos índices de exposición, lo cual no tiene Stoffenmanager

(38), ya que estiman de paso, la cantidad de peligros a los que se encuentran expuestos los trabajadores, según el área o la zona donde realizan sus actividades. Es decir, la proyección de la propagación que puede tener el material particulado puede medirse con facilidad gracias a la plataforma, pero si requiere de complementos que puedan darles forma a los datos, con respecto a las vulnerabilidades de los trabajadores de la industria cementera.

6.1.4 Índices mínimos de exposición

Este índice representa una serie de factores mínimos de exposición a los cuales deben estar los trabajadores bajo una determinada sustancia, señalando cuales son los niveles en los que puede desarrollar activamente sus labores, así como aquellos en donde no debe ser realizada ningún tipo de actividad, hasta que el problema detectado pueda regularse de manera integral, ya sea realizando mantenimiento a los elementos, herramientas o infraestructura, así como la construcción de estrategias que consideren aspectos como la disminución total de las emisiones, o el cambio total de los materiales implementados para realizar sus operaciones a gran escala.

Frente a este carácter, se ha observado que los métodos evaluativos que comprenden al *INRS* y el *COSHH*, así como sus derivados o herramientas que los han usado de manera complementaria (*REGETOX*), contienen la información suficiente para estimar los mínimos de exposición que deben considerar los empleados de una determinada empresa, con respecto a cualquier tipo de sustancias que con el tiempo, o de manera instantánea, puede generar complicaciones sanitarias que varía, según la cantidad de material absorbido o comprendido por el cuerpo de los operarios. Este tipo de mediciones se establecen bajo los índices que existen dentro de su composición; es decir, dentro de los datos estadísticos que arrojan los estudios realizados en diversos contextos, dando forma al peligro según cinco niveles, en

donde se comprenden las frases H y R que integran las estimaciones arrojadas, estableciendo que el mínimo de exposición de material particulado varía entre los 10, hasta los 100 mg por metro cuadrado, pero en estudios recientes se ha modificado el mínimo de exposición, hasta los 7mg, señalando que más allá de esta cantidad, puede suponer peligros para el sistema respiratorio.

Así mismo, cabe destacar que Stoffenmanager (38) funciona bajo un algoritmo que regula la normativa en donde se precise su funcionamiento, lo cual resulta factible, y a su vez, inviable, puesto que se han observado diversas situaciones en donde las regulaciones nacionales no se han preocupado lo suficiente sobre los índices de exposición, especialmente porque no se han actualizado tanto las empresas, así como las regulaciones sobre este tipo de riesgos. Por consiguiente, se establece que resulta necesario que esta plataforma vaya acorde con las preocupaciones y lineamientos más actuales, considerando los peligros más actuales en cuanto al daño que representa una sobreexposición al material particulado.

6.1.5 Registro de elementos con alto y mediano riesgo de emisión

El registro de elementos con alto y mediano riesgo de emisión es un estándar que se enfoca en el análisis minucioso de cada elemento que comprende al ámbito laboral de los operarios, al estimar las locaciones donde más se pueden presentar las emisiones de productos que pueden afectar la salud del entorno laboral. Esta evaluación se encarga de estimar el nivel de riesgos que representa la manipulación de elementos, herramientas o mecanismos para la consecución de sus obligaciones, resaltando aquellos que pueden generar grandes o medianas afecciones que van desde lo físico, considerando daños en la piel por la absorción de componentes nocivos, lesiones óseas o musculares generadas por la manipulación de objetos de difícil manejo, ya sea por la complejidad que representan, o por el peso de sus componentes,

así como de emisiones que pueden afectar severamente el sistema respiratorio por la asimilación de sustancias por vía aeróbica.

Frente a este aspecto, se destaca que no todos los mecanismos de evaluación poseen herramientas o tienen prioridad en estimar este tipo de registros MSDS, pues son aquellos que derivan de configuraciones *INRS*, entre los cuales sobresale el esquema central, así como algunas de las fases que comprende al protocolo *REGETOX*, quienes ofrecen espacio para el registro de elementos que pueden dañar de manera potencial la salud del trabajador en un estándar determinado (Bajo, mediano y alto), ofreciendo hojas de registro sobre todos los elementos para comprender el contexto laboral del operario, proyectando de paso, aquellos productos u operaciones que pueden generar emisiones de material particulado en diversas escalas, destacando únicamente aquellos que están entre el criterio mediano y alto, con la finalidad de ponderar estrategias que ayuden a disminuir la producción de estos elementos perjudiciales para la salud a mediano o corto plazo.

Por ende, la combinación de este registro, con el programa Stoffenmanager (38) resulta primordial para estimar con precisión los índices de riesgo que comprenden los objetos con los que interactúa constantemente el trabajador, vinculando técnicas de manipulación, así como las medidas de seguridad que existen para el control, almacenaje e implementación de estos elementos.

6.1.6 Proyección de riesgos

En esta dimensión se consideran los aspectos señalados con anterioridad, determinando las soluciones que se han ofrecido, así como las diversas estrategias configuradas para el control de los riesgos que afectan la salud de los trabajadores; puesto que, dentro de estas consideraciones tomadas por la industria

evaluada, se definen que en la mayoría de las ocasiones, las múltiples implementaciones van desde herramientas, estrategias, modificación de la infraestructura o contratación de personal calificado para regular las actividades catalogadas como potencialmente nocivas. No obstante, también se consideran nuevas tecnologías que ayuden no solo a mitigar los peligros, sino también a realizar con mayor eficiencia las tareas que ayudan al funcionamiento de la empresa, lo cual también obliga a realizar proyecciones sobre diversos riesgos que pueden presentarse al momento de generar este tipo de modificaciones, con la finalidad de realizar una revisión integral de las mejoras, señalando así su pertinencia dentro del campo laboral, así como la posibilidad disminuir riesgos a futuro.

Bajo este panorama, se ha señalado dentro del apartado que define al *REGETOX* que no son muchas las evaluaciones que trabajan bajo proyecciones de riesgo bajo las nuevas modificaciones que pueden realizarse en la empresa, destacando así el rol del *COSHH* para el anticipo de peligros que pueden representar estas adaptaciones e implementaciones, si antes no se han considerado los daños y perjuicios que ha representado la manipulación de elementos, su almacenaje y por supuesto, su potencial peligro. Por consiguiente, resulta necesario que pueda considerarse la evaluación de las adecuaciones realizadas por la empresa al detectarse una emisión considerable de material particulado que afecta la salud del trabajador, estimando que dichas soluciones si puedan responder al problema que representa este producto al sistema respiratorio de todo el personal.

6.1.7 Consideraciones generales

A través del análisis de las diversas evaluaciones, se pudo deducir que no es posible determinar un solo método que pudiera integrar todas las necesidades conjuntas que requiere esta investigación para resolver la medición cualitativa de las emisiones que existe en la industria cementera, referente al material

particulado y el peligro que este componente representa. Se ha establecido que se requiere de un método unificado que pueda complementarse entre sí, los vacíos que respectan a la medición de material particulado; **esto se debe a que no existe como tal una herramienta enfocada únicamente a la regulación y análisis de este material, obligando a vincular herramientas o mecanismos que puedan estimar las dimensiones mencionadas con anterioridad.**

Esto significa que será desarrollado en primer lugar, el método Stoffenmanager (38) para la sistematización y la formulación de datos estadísticos que puedan estimarse sobre los índices de material particulado, así como los niveles de propagación que representan en diferentes zonas de la industria. Por otro lado, para desarrollar los aspectos que se vinculan con los índices de exposición, los riesgos que representa su asimilación, los peligros que se manifiestan en la manipulación actual y proyectada de instrumentos, así como el registro de peligros de mediano y alto grado, se estima la implementación del método *REGETOX* y EMKG (63), bajo los estándares *COSHH* e *INRS* que se vinculan a la medición del polvo, con la finalidad de no limitar su uso solo dentro del análisis de mezclas, encaminando sus herramientas hacia la evaluación de este tipo de material.

6.2 Mecanismos para evaluación cualitativa de material particulado

Vale la pena resaltar que la herramienta presentada como evaluación cualitativa para material particulado de una empresa cementera es nombrada como *Quali-Apps*, fue creación propia del equipo investigador quienes vieron el potencial de las aplicaciones en teléfonos inteligentes en la necesidad de postular nuevas alternativas para la prevención de los trabajadores sobre enfermedades laborales.

Para establecer el desarrollo de *Quali-Apps*, se debe aclarar que esta propuesta se ha venido desarrollando bajo la observación y la experiencia de los investigadores Edward Bernal y Fabián Bello,

quienes tienen contacto con la industria cementera por más de seis años, sus conocimientos en Salud Ocupacional e Higiene Industrial. Como Ingeniería se generó una alternativa de la estimación a material particulado para ayudar a las empresas cementeras en Colombia, en la gestión del riesgo por material particulado y fracción respirable. Dada la gran cantidad de material particulado que se genera en la industria para obtener el cemento y la dificultad que presenta calcular la contaminación de material particulado, por medio de métodos cualitativos existentes a la gestión del riesgo químico por la no existencia de especificidad para este tipo de contaminante; esta herramienta consiste en una manera simplificada de evaluar el riesgo.

Desde la recopilación documental como técnica de obtención de la información, se logró analizar la siguiente información, la cual detalla las variables, el concepto de lo que miden y el método evaluativo que la utiliza. El proceso para facilitar la sistematización y análisis de la información de los diferentes métodos de evaluación cualitativa por medio de las técnicas de recolección de la información se realizó la construcción de una matriz denominada: Matriz de recopilación documental (Anexo 1), la cual permitió la obtención de información de la siguiente tabla.

Tabla 8. Variables, medición y métodos

VARIABLE	MEDICIÓN	MÉTODO
¿Se realizaron dosimetrías de material particulado?	Concentración ambiental	NIOSH 7500 – Difracción de Rayo-X, para Sílice cristalina. (66)
Nivel de exposición del trabajador según el informe de dosimetría	Nivel de la concentración ambiental	
Contenido de sílice cristalina de los materiales del proceso	Concentración del producto	-STOFFENMANAGER (38)
Grado de visibilidad de material particulado en el aire	Ventilación en el área	-STOFFENMANAGER (38)

Cantidad de material que requiere limpieza	Cantidad de material particulado a la que se encuentra expuesto	-EMKG (63) -SEIRICH (67) -STOFFENMANAGER (38)
Tiempo que los trabajadores pasan en el área expuesta a material particulado	Tiempo de exposición	-STOFFENMANAGER (38)
Controles existentes en el área y en el trabajador	La existencia de controles que reduzcan la exposición a la fuente	-INRS (36) -STOFFENMANAGER (38)
Grupos de exposición similar	Existencia de múltiples trabajadores expuestos	- STOFFENMANAGER(38)

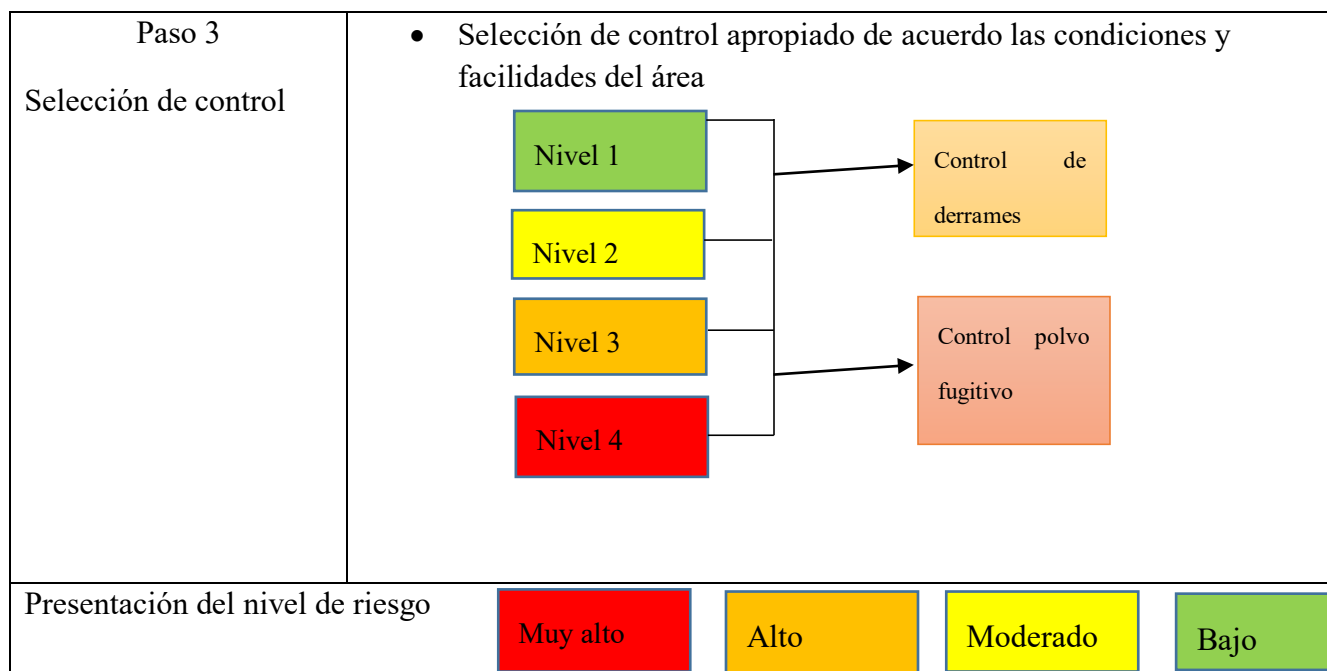
Nota: Elaborado por los autores

La selección de variables se enfatizó en el proceso productivo de la obtención del cemento, verificando la pertinencia de los modelos analizados desde el enfoque específico del material particulado como factor de riesgo por vía inhalatoria, la concentración ambiental o información de evaluaciones cuantitativas realizadas anteriormente son el inicio de la evaluación cualitativa, mencionada variable se fundamenta en la técnica de medición NIOSH 7500 (66). La interpolación de las diferentes preguntas que se evidencian en los métodos evaluativos cualitativamente y que fueron un factor común de las mismas, generaron las variables que posteriormente se incorporaron como cuestionamientos en la *Quali-Apps*.

La estimación consiste en una valoración cualitativa del riesgo por inhalación a material particulado y fracción respirable (con la presencia de Sílice cristalina, elemento presente en la materia prima para la obtención del cemento, y que genera un alto riesgo por inhalación del trabajador); se calcula una puntuación del riesgo a partir de los datos obtenidos para cada clase de variable, comprendida en una metodología que abarca tres fases: Historial de pruebas, evaluación cualitativa y selección de control. según el esquema generalizado que puede observarse en la tabla 9.

Tabla 9. Generalización de las variables

PASOS	VARIABLES DE ENTRADA
Paso 1 Historial de pruebas	- Revisión de la existencia de dosimetrías NIOSH 7500, si hay - Información de la concentración de la exposición del trabajador en base a dosimetría si se tiene el dato.
Paso 2 Evaluación cualitativa	- Equipo o fuente emisor de polvo - Material: Material del proceso presente y cantidad material particulado - Factores de riesgo: Visibilidad del polvo en el aire, limpieza de derrames y desechos, duración de la exposición y presencia de otros agentes (físicos y químicos) - Grupos de trabajadores en el área: Identificación de los diferentes grupos que puedan estar activos en cada área. - Controles existentes: Identificación de los controles existentes de cada área. - Causa raíz y otros factores: Notas específicas del entorno de trabajo. <pre> graph TD Fuente[Fuente] --> NivelRiesgo[Nivel de riesgo] TipoMaterial[Tipo de material] --> Contenido[Contenido Sílice del material] Contenido --> NivelRiesgo PolvoArea[Polvo área visible] --> NivelRiesgo CantidadLimpieza[Cantidad de limpieza] --> NivelRiesgo DuracionExposicion[Duración exposición] --> NivelRiesgo GES[G.E.S.] --> NivelRiesgo Controles[Controles existentes] --> NivelRiesgo </pre>



Nota: Elaborado por los autores

6.2.1 Historial de Pruebas

En primer lugar, se estableció mecanismos que puedan ayudar a determinar las pruebas suficientes para estimar la existencia de polvo dentro de las zonas de trabajo en donde laboran los operarios encargados de las zonas más vulnerables para estimar la existencia de material particulado. Para proyectar los alcances de estos materiales en el cuerpo de los trabajadores, se parte inicialmente con la indagación de presencia de dosimetrías.

Para calcular la presencia de expuestos a material particulado y a quienes correspondientemente se les realizan dosimetrías, Estévez (60) expone que para estos casos puede considerarse la espirometría como la prueba estándar para medir el funcionamiento pulmonar al finalizar su jornada laboral posterior a la aplicación del cuestionario de síntomas respiratorios y al examen clínico. La espirometría consiste en registrar el aire exhalado desde el momento de máxima inspiración con el mejor esfuerzo, produce un

trazo llamado espiratoria forzada, donde el volumen exhalado se relaciona con la unidad de tiempo. Su forma depende de un conjunto de fuerzas que intervienen en la ventilación pulmonar, y la información que aporta su análisis es muy cercana al tipo de cambios en la mecánica respiratoria que afectan al paciente. A su vez, es una medida de la función dinámica pulmonar y es relativamente independiente del esfuerzo individual, es muy reproducible, normalmente se obtienen de tres a cinco medidas de exhalación.

Puesto que los límites de exposición ocupacional para partículas inhalables (PM10) dado por la Administración de Salud Ocupacional (OSHA) y el Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH) son para 8 días hábiles, requiere aplicar y considerar los factores de corrección a estas mediciones ajustarlos dentro de este periodo para obtener la exposición media.

El monitoreo personal debe generarse al considerar aspectos como la delimitación geográfica, edad y zona de trabajo, de esta forma, se obtiene el valor medido del nivel de exposición promedio de material particulado, y se cuantifica la exposición de los tres días hábiles (mañana, tarde y noche) según corresponda. El separador ciclónico se utiliza para separar partículas con un tamaño de partícula total de 10 micrones (partículas respirables), mediante el caudal constante calibrado antes y después de la instalación del dispositivo es de 1,7 L / min, que simula la frecuencia respiratoria humana.

Para el análisis gravimétrico, se recomienda hacer el protocolo recomendado por NIOSH en su técnica para medir partículas respirables en filtros de PTFE, NIOSH 600. Al calcular el valor medido de la concentración de exposición de PM10, se aplican los factores de corrección por variables ambientales de humedad y presión obtenidos de la red de monitoreo de la calidad del aire del Director de la Oficina de Medio Ambiente, que son los adecuados para el día y la zona donde se produce la contaminación en las zonas con mayor concentración de material particulado. (60)

6.2.1.1. Criterios de la aplicación a historial de pruebas

Para realizar en un principio el historial de pruebas, desde lo que se determina para *Quali-Apps*, inicialmente que debe realizar pruebas de aire personales, mediante dosimetrías NIOSH 7500 (66) que permitan señalar el nivel de polvo que reside dentro de los organismos, además de establecer los índices de exposición que normalmente frecuentan o que reciben rutinariamente los empleados en la industria cementera. De igual manera, se proyecta que debe realizarse un análisis de las zonas, desde lo que se comprende como un muestreo de área, que permita relacionar los índices de exposición alcanzados normalmente por los empleados, así como los potenciales peligros que pueden existir en estos espacios, estimando si estos índices en los dos aspectos se encuentran dentro de un parámetro aceptable o dudosos, este último relacionado con el peligro que puede representar este material en la salud de los operarios que laboran en las zonas analizadas.

Los criterios que se establecen para analizar las pruebas se definen desde tres parámetros: El primero va referente a los desplegables que se ubican en las matrices que se encuentran en la herramienta ofimática, normalmente ubicados en la celda K3, en los cuales se estiman ubicaciones, zonas de muestreo e historial de exposiciones y emisiones. Por otro lado, se estima en opciones cerradas, inclinadas hacia la afirmación (Sí), negación (No), nulidad (No aplica), e incógnita (N/A), estableciéndose que los valores del criterio se dan bajo tres indicadores únicamente, donde la afirmación (0), negación (5) y nulidad (10) tienen valores determinados para señalar el nivel de implementación que realizaron los operarios de la aplicación. De igual modo, el criterio establecido alrededor del nivel de exposición se determina bajo cuatro variables: Bajo, moderado, alto y muy alto; el primero debe estar bajo un 10% de límite, el moderado entre el 10% y el 50%, alto mediante el 50% y el 100%, mientras que el índice alto se establece cuando los niveles de emisión sobrepasan el 100% de límite; cabe resaltar que los valores de criterio se definieron en 0 (Bajo), 4 (Moderado), 8 (Alto) y 10 (Muy alto).

Para el desarrollo de la aplicación, se consideró varias fuentes y ubicaciones donde se considera puede existir una mayor exposición y emisión de material particulado, entre los cuales se destacan tres zonas: Planta y patios de lotes; Acopios de agregados y alimentación de plantas (Dosificadora - Mezcladora), tolvas de agregados, básculas, alimentación de la Mezcla para agregados, descarga de Camión Cisterna (Pipas, graneleras), silos, básculas de Cemento y alimentación a Mezcladora de Cemento, planta mezcladora, zona de cargue (Dosificadora - Mezcladora), equipo móvil, patios de tránsito y vías internas.

Otra de las áreas definidas fue el taller de mantenimiento, donde se encuentren los procesos que se desarrollaron con maquinaria, las herramientas dispuestas, entre otros mecanismos enfocados en la adecuación de los equipos. Por último, se comprenden las áreas de laboratorio y medición de calidad, comprendidas por Molinos, trituradoras, tamices, pantallas, (shakers), divisores, balanzas, sierra de hormigón, falla de Cilindros y cuarto de Curado.

Según las observaciones que pueden hacerse con la implementación de *Quali-App* Si se realizó un muestreo de exposición de trabajadores personales en el área, debe elegirse la opción **SI**; si no, seleccionar **NO** en la lista desplegable. El muestreo por monitoreo personal es el método de prueba requerido. Si solo se realizó un muestreo de área, seleccionar **NO** (es decir, en la mayoría de los casos las mediciones de área no son una representación válida de las exposiciones reales de los trabajadores y no son aceptables, ya que no tienen en cuenta el movimiento del trabajador y las emisiones localizadas relacionadas con las tareas). Si un área no existe en su sitio, seleccionar **N/A** (no aplica) de la lista desplegable de la aplicación. Debe seleccionar una respuesta en esta celda para cada hoja, incluso si el área no está. En caso de seleccionar **SI**, se debe seleccionar el criterio el nivel de exposición del trabajador según el informe de la dosimetría. A nivel general, se pueden observar las características de estos procedimientos en la tabla 10.

Tabla 10. Procedimientos para realizar historial de pruebas

Presentación en la App	Criterio	Valor del criterio
Escriba la ubicación o fuente a evaluar cualitativamente	Desplegable con las opciones de fuentes o ubicaciones (nota 1)	NO se designa ningún valor
¿Se realizaron dosimetrías de material particulado?	Sí, No, No aplica N/A (nota 2)	Si = 0 No= 5 N/A=10
Seleccione el nivel de exposición del trabajador según el informe de la dosimetría	Desplegable con las opciones de BAJO (<10% de limite) MODERADO (10%-50% de limite) ALTO (50%-100% de limite) MUY ALTO (>100% de limite)	BAJO= 0 MODERADO= 4 ALTO= 8 MUY ALTO= 10
Cálculos que no se visualizan al evaluador		
La aplicación realizará una operación aritmética que no se visualiza al evaluador, el cálculo es la sumatoria del valor de criterio de la pregunta ¿Se realizaron dosimetrías de material particulado? Con el valor de criterio de la Selección del nivel de exposición del trabajador según el informe de la dosimetría; el resultado presenta el criterio de BAJO, MODERADO, ALTO, MUY ALTO. Este valor es la <u>Clasificación del riesgo</u> .		BAJO= 0 MODERADO= 4 ALTO= 8 MUY ALTO= 10

Nota: Elaborado por los autores

6.2.2 Evaluación Cualitativa

Para realizar este procedimiento, se requieren de varias fases que permitan realizar y analizar aspectos como el análisis de factores de riesgos, evaluación de material y trabajadores; bajo este sentido, se determinan las variables como el equipo o fuente emisor de polvo, materiales, factores de riesgo, grupo de trabajadores en el área, controles existentes y causa raíz/otros factores, los cuales se estiman desde un sentido cualitativo. En primer lugar, se consideró que la variable de los materiales, en donde se reportan los elementos que conforman el polvo respirable y demás sustancias particuladas que están siendo emanados en las zonas y que han sido estipuladas dentro de la industria que mayor potencial representan para generar estos elementos, estos integran una cantidad desmedida de Sílice cristalina, el cual, según el índice que se reporta, puede afectar ampliamente la salud de los trabajadores.

Por otro lado, deben considerarse los factores de riesgo, en donde se establecen aspectos en donde se pueden producir y generar potenciales peligros para los trabajadores en las zonas que se han estudiado dentro de la cementera que pueden generar el suficiente material particulado como para vulnerar el bienestar de los operarios, por ello se establecen factores como la visibilidad del polvo en el aire; la medición y observación del polvo en el ambiente, limpieza de derrames y desechos; considerando patrones que pueden ayudar a limpiar y regular la ambientación de los desechos que devienen del polvo que sale de las zonas más riesgosas, y duración de la exposición y presencia de otros agentes (físicos y químicos), para señalar los aspectos que ayuden a proyectar el índice exponencial del material particulado, así como la existencia de otros materiales que pueden afectar la salud del personal, los cuales van más allá del polvo de cemento.

Así mismo, se disponen dentro de las variables que se determinan para la evaluación los grupos de trabajadores en el área, en donde se consideran aspectos que permitan la identificación de los diferentes grupos que puedan estar activos en cada área, especialmente dentro de las zonas que se consideran más riesgosas en donde pueden exponerse los trabajadores, así como aquellos espacios que se han estimado en donde existe un mayor potencial de emanación de polvo y demás material particulado que puede ser nociva para la salud. Este aspecto puede consolidarse con mayor incidencia al determinar factores como cantidad de trabajadores, zonas en donde se concentran, actividades realizables por los grupos, así como antecedentes de enfermedades respiratorias que hayan existido con la muestra, especialmente aquellas relacionadas con el polvo que se emana dentro de la actividad cementera, en las zonas que más lo arrojan.

De igual modo, se constituyen dentro de las variables los controles existentes, en donde se estiman los factores considerados para la identificación de los controles existentes de cada área, puesto que se deben establecer todos los sectores a nivel general para el cuidado y el control del material particulado, estableciendo que el polvo de cemento no solo se queda en las zonas con más riesgo y peligro representan para la salud, puesto que tienen un alcance significativo en todas las áreas que conforman a la industria, como es el caso de la zona administrativa y de recursos humanos, por ello los controles a nivel integral resultan ser fundamentales para determinar estrategias que puedan ayudar a ponderar estrategias que mejoren la gestión de estos residuos en todas las zonas posibles, estimando que estos deben ser completamente individuales en cada sector de la cementera.

Por último, se estipulan los valores de causa raíz y otros factores, en donde se determinan una serie de notas y observaciones alrededor de las diversas zonas que comprenden el entorno de trabajo, puesto que, como se mencionó con anterioridad, se estiman que cada una de las zonas requieren de una estrategia y mecanismos particulares que permitan la regulación de estos residuos, por ello, el registro de aquellas

anormalidades y los cambios que se han realizado en las zonas resulta fundamental para la mejora integral de todos los sectores que se ven vulnerados por la generación de material particulado en las zonas con mayor riesgo.

6.2.2.1 Criterios de la aplicación para evaluación cualitativa

Mediante el segundo paso que corresponde a la evaluación cualitativa, se estableció una serie de parámetros que configuran los procesos referentes a la selección de material, visibilidad del aire y el nivel de riesgo, en donde se concretan cinco aspectos: Materiales, factores de riesgo, grupos de trabajadores, controles existentes y causas raíz, además de otros factores. Inicialmente, alrededor de los materiales, se deben seleccionar el tipo de material de procesos que normalmente están presentes, como es el caso de agregados, polvo de cemento, ceniza volátil, entre otros. Dentro de estos valores, debe señalarse el contenido de sílice de los materiales de proceso, basados en el análisis de muestras a granel en el sitio; así mismo, si se desconocen los elementos que están dentro del material particulado, se requiere consultar el control de calidad del sitio o área para obtener los resultados del análisis del contenido total de sílice, factor que obliga a enviar muestras a granel del material a un laboratorio aprobado de higiene industrial para su análisis. El análisis solicitado del laboratorio para determinar el contenido de sílice debería ser: “Contenido de sílice cristalina libre, porcentaje en peso, método de difracción de rayos X NIOSH 7500 (66)”.

Por otro lado, los factores de riesgo referidos al polvo, en primer lugar, se deben observar y evaluar la gravedad del polvo que está disperso en el aire emitido directamente en el proceso, al calificar la gravedad, según los índices que se expresan dentro de la matriz de análisis, en un nivel bajo, moderado, alto y muy alto. Así mismo, se considera la limpieza de derrames y desechos, al observar la cantidad del

derrame que requiere limpieza, el cual debe analizarse y categorizarse mediante los niveles de criterio que se han mencionado con anterioridad. También se establece que otros factores capaces de afectar la calificación que se busca realizar son la finura del material, como es el caso de grumos en el polvo fino, así como los métodos implementados por limpieza; de igual forma, debe considerarse la duración de la exposición, es decir, el tiempo en el cual los trabajadores se encuentran expuestos dentro del área donde se ha proyectado que existe una concentración considerable de polvo.

Tabla 11. Valores en la evaluación cualitativa

Presentación en la App	Criterio	Valor del criterio
Seleccione el tipo de material presente en el proceso	Desplegable con las opciones de materiales (nota 1): AGREGADOS POLVO DE CEMENTO CENIZA VOLATIL OTRO	NO se designa ningún valor
Seleccione el contenido de sílice cristalina de los materiales de proceso	Desplegable con las opciones de BAJO (0.5%-5%) MODERADO (5%-20%) ALTO (20%-50%) MUY ALTO (>50%)	BAJO= 0.5 MODERADO= 2 ALTO= 5 MUY ALTO= 10
Seleccione el grado de visibilidad de material particulado en el aire (TASA DE SEVERIDAD)	Desplegable con las opciones de: (nota 2)	BAJO= 1 MODERADO= 2

	BAJO MODERADO ALTO MUY ALTO	ALTO= 3 MUY ALTO= 4
Seleccione la cantidad de material particulado que requiere limpieza (TASA MÁXIMA DE SEVERIDAD)	Desplegable con las opciones de: BAJO MODERADO ALTO MUY ALTO	BAJO= 1 MODERADO= 2 ALTO= 3 MUY ALTO= 4
Indique la cantidad de tiempo que los trabajadores pasan en el área expuesta a material particulado	Desplegable con las opciones de: < 1 HORA $\geq 1 \text{ HORAS} \leq 4 \text{ HORAS}$ $\geq 4 \text{ HORAS}$	< 1 HORA =1 $\geq 1 \text{ HORAS} \leq 4 \text{ HORAS} = 2$ $\geq 4 \text{ HORAS} = 3$
Indique los grupos de trabajadores en el área de trabajo	Desplegable con las opciones (nota 3)	NO se designa ningún valor
Seleccione los controles existentes en el área	Desplegable con las opciones de: Ingeniería, de contención Ingeniería, de recolección de polvo Ingeniería, de limpieza de banda Cabinas Tareas de trabajo Administrativo EPP, respiratorio	Ingeniería, de contención=20% Ingeniería, de recolección de polvo=20% Ingeniería, de limpieza de banda=20% Cabinas=15%

		Tareas de trabajo=10% Administrativo=10% EPP, respiratorio= 5%
Escriba la causa raíz de la exposición	Desplegable con las opciones de: (nota 4)	NO se designa ningún valor
Cálculos que no se visualizan al evaluador		
Puntaje general de riesgo de polvo	La aplicación realizará una operación aritmética pero que no se visualiza al evaluador, el cálculo es la sumatoria del CONTENIDO DE SÍLICE CRISTALINA DEL MATERIAL + GRADO DE VISIBILIDAD DE MATERIAL PARTICULADO EN EL AIRE + CANTIDAD DE MATERIAL PARTICULADO QUE REQUIERE LIMPIEZA + CANTIDAD DE TIEMPO QUE LOS TRABAJADORES PASAN EN EL ÁREA EXPUESTA A MATERIAL PARTICULADO	
Combinación de puntaje general de riesgo de polvo y medido	La aplicación realizará una operación aritmética pero que no se visualiza al evaluador, el cálculo se efectúa con el condicional de si el resultado del puntaje general de riesgo de polvo es menor a 10, entonces el resultado es el mismo del puntaje general de riesgo de polvo; pero si el puntaje general de riesgo de polvo es mayor a 10 se suma el valor de la clasificación del riesgo.	
Puntaje de riesgo de polvo fugitivo	La aplicación realizará una operación aritmética pero que no se visualiza al evaluador, el cálculo se efectúa con el condicional de si el resultado de la clasificación del riesgo es menor a 10 se suma CONTENIDO DE SÍLICE CRISTALINA DEL MATERIAL + GRADO DE VISIBILIDAD DE MATERIAL PARTICULADO EN EL AIRE + CANTIDAD DE TIEMPO QUE LOS TRABAJADORES PASAN EN EL ÁREA EXPUESTA A MATERIAL PARTICULADO. Si el resultado de la	

	clasificación del riesgo presenta un valor de 10 adicionalmente se suma una constante de 2.	
Puntaje de riesgo del derrame	La aplicación realizará una operación aritmética pero que no se visualiza al evaluador, el cálculo se efectúa con el condicional de si el resultado de la clasificación del riesgo es menor a 10 se suma CONTENIDO DE SÍLICE CRISTALINA DEL MATERIAL + CANTIDAD DE MATERIAL PARTICULADO QUE REQUIERE LIMPIEZA + CANTIDAD DE TIEMPO QUE LOS TRABAJADORES PASAN EN EL ÁREA EXPUESTA A MATERIAL PARTICULADO. Si el resultado de la clasificación del riesgo presenta un valor de 10 adicionalmente se suma una constante de 2.	
RESULTADO DE NIVEL DE RIESGO		
Presentación del nivel de riesgo de exposición al polvo evaluado evaluativamente	Se obtiene del puntaje general de riesgo de polvo, al presentar los siguientes valores: < 4 ≥ 4 < 8 ≥ 8 < 13 >13	< 4 = BAJO ≥ 4 < 8 = MODERADO ≥ 8 < 13 = ALTO >13 = MUY ALTO

Nota: Elaborado por los autores

Los aspectos que se han mencionado con anterioridad pueden señalarse y estimarse con mayor precisión en la tabla 11, en donde se generan tanto la presentación de esta fase en la App, así como los diversos criterios que se deben considerar para su desarrollo. Los estándares que se puntualizan con mayor precisión son los relacionados con los criterios estimados para cada uno de los pasos que deben realizarse para hacer esta evaluación cualitativa. Uno de estos factores es el que refiere al contenido de

sílice cristalina en los materiales de proceso, estimándose que estos van delimitados bajo niveles bajos (0.5%-5%), moderados (5%-20%), altos 20%-50%) y muy altos (más de 50%), estos alcances van delimitados bajo valores que van desde el 0,5 al nivel 10, según la cantidad de sílice que está presente en el material particulado.

La tasa de severidad también se vincula directamente con el grado de visibilidad de material y la cantidad de material particulado que necesita ser filtrado o limpiado, para el desarrollo de este parámetro dentro de la muestra de aire que ha sido tomada, así como de las zonas señaladas para determinar la presencia de polvo no respirable, entendidos desde los estándares previamente mencionados, pero con valores distintos para establecer el grado de visibilidad (Bajo: 1, Moderado: 2, Alto: 3 y Muy Alto: 4), aspectos que ayudan a estimar los índices de riesgo que están teniendo los operarios que trabajan en las zonas de polución más sobresalientes de la industria, datos que pueden vincularse con los historiales existentes en el lugar sobre la exposición y emisión que han recibido con anterioridad.

Otro índice que comprende el desarrollo de la evaluación cualitativa se delimita bajo la cantidad de tiempo que la mayoría de los empleados operan dentro de las zonas demarcadas como fuente o ubicación para detectar la presencia de material particulado, estos factores se estiman bajo opciones que van más de una hora, yendo a 4 horas y mayor de 8. Bajo este sentido, se establece que los criterios de valor obedecen a numerales de 1 a 3, donde una hora es igual a 1, 1-4 horas es igual a dos, y 4 horas o más se establecen bajo un valor de 3. Por otro lado, los controles existentes en el área son fundamentales para estimar las veces que se ha realizado este tipo de evaluación, las cuales pueden desplegarse en la matriz de datos, donde se consideran espacios como recolección de polvo, limpieza de banda, cabinas, tareas de trabajo, administrativas y ERP. Estos controles obedecen a una totalidad de 100% que debe cubrirse para estimar que realmente se han abordado todos los espacios posibles que puedan emitir material particulado

(Ingeniería, de contención=20%, Ingeniería, de recolección de polvo=20%, Ingeniería, de limpieza de banda=20%, Cabinas=15%, Tareas de trabajo=10%, Administrativo=10%, EPP, respiratorio= 5%).

Cabe destacar que en los cálculos que no se comprenden por parte del evaluador, la aplicación realizará una operación aritmética pero que no se visualiza al evaluador, el cálculo es la sumatoria del material particulado, componentes, cantidad de tiempo expuesto y contenido de sílice. La aplicación realizará una operación aritmética pero que no se visualiza al evaluador, el cálculo se efectúa con el condicional de si el resultado del puntaje general de riesgo de polvo es menor a 10, entonces el resultado es el mismo del puntaje general de riesgo de polvo; pero si el puntaje general de riesgo de polvo es mayor a 10 se suma el valor de la clasificación del riesgo. Igualmente, la aplicación realizará una operación aritmética pero que no se visualiza al evaluador, el cálculo se efectúa con el condicional de si el resultado de la clasificación del riesgo es menor a 10 se suman los factores mencionados, si el resultado de la clasificación del riesgo presenta un valor de 10 adicionalmente se suma una constante de 2.

Sobre los índices que corresponden a los elementos que conforman al material particulado, se establecen los agregados, como arena: al determinar un alto contenido de sílice, pero puede haber sido lavada antes de la entrega y, por lo tanto, baja el contenido de polvo fino, contiene humedad la probabilidad de liberación de polvo en general es baja. También está la piedra, como material de cantera o de pozo, puede tener un contenido de sílice bajo a muy alto dependiendo de la fuente, generalmente se lava antes de la entrega y, por lo tanto, tiene poco contenido de polvo fino la probabilidad de liberación de polvo en general es baja; así como el polvo de cemento mezclado, molido y acabado; muy bajo contenido de sílice (<0.5%). A su vez están las cenizas volantes, señaladas como material de polvo fino recolectado del equipo de control de emisiones en procesos de combustión de carbón; contenido de sílice de bajo a muy alto.

Además, se consideró dentro de los índices otros componentes, como agentes posiblemente presentes en una planta de fabricación de cemento, así como el humo de sílice, determinado como una forma amorfa (no cristalina) de sílice; mucho menos peligroso que la sílice cristalina (cuarzo); definido como un polvo molesto. Así mismo, están los aditivos por lotes, como líquido o en polvo; los materiales varían según la región, el proveedor, los productos que se fabrican; evaluación requerida para determinar el potencial de riesgo; el humo de soldadura, a su vez están considerados en las medidas los gases y vapores, tal y como es el monóxido de carbono; disolventes (desengrasantes, pinturas y diluyentes, adhesivos, lubricantes), y por último partículas, ya sean gases de Diesel o asbesto, según se pueden observar en la tabla 15.

Tabla 12. Índice de materiales considerados por *Quali-Apps*

Material	Contenido de sílice de materiales comunes
Arena y grava	25% - 95%
Piedra caliza	0.5% - 10%
Granito / Roca dura	25% - 60%
Arenisca	70% - 95%
Polvo de cemento	<0.5%
Cenizas volantes	4% - 60%
Humo de sílice	<0.5%

Nota: Elaborado por los autores

Así mismo, los niveles de estos componentes que se consideran dentro de la evaluación se estiman desde los cuatro estándares estipulados para el desarrollo de la aplicación: bajo: cantidades de rastreo,

una neblina débil y apenas aparente, visibilidad sin obstáculos. moderado: neblina fácilmente visible, visibilidad (opacidad) levemente impedida. alto: polvo muy aparente, visibilidad restringida de 10 a 15 metros. muy alto: polvo denso suspendido, alta opacidad, visibilidad restringida de 2 a 3 metros.

La planta y patio de lotes que señala la App, comprende una serie de zonas que pueden seleccionarse dentro de la matriz de datos para la recolección precisa de datos, según los espacios estimados para analizar el índice de material particulado, tales como trabajadores de planta de producción, operador de planta/despachador (ej. cargador, scraper, etc.), trabajadores en patio (ej. ayudantes de planta, contratista de limpieza), vehículos (equipos móviles livianos/pesados) y otros que deben ser especificados si no aparecen dentro de las opciones mencionadas con anterioridad. También se estima el taller de mantenimiento, señalando roles que requieran de análisis particulares como especialistas de equipo industrial, electricistas, mecánicos, mantenimiento general, entre otros que estén dentro del sector. Otra área es la que corresponde al laboratorio para el control de calidad, abarcando técnicos de control calidad, producción, analistas, entre otros; además se establecen procedimientos realizados por la empresa cementera como el descargue de agregado, alimentación de las tolvas, acople de mangueras, proceso de producción, proceso de producción, diseño estructural, limpieza de cabina y desperdicios de procesos (transito - llegada de material - movimiento de material por cargador, etc.).

6.2.3 Selección de Control

Esta herramienta propone una medida de control presentes para cada nivel, es decir, en la puntuación final ha considerado las medidas existentes y asume un correcto funcionamiento, con el propósito de mitigar las consecuencias del riesgo de inhalación del material particulado. Las medidas de control se clasifican en: Opción de control de derrames y opciones de control de polvo fugitivo, comprendido en

cuatro niveles cada uno. Justificadas mediante Mejores prácticas para el control del polvo en minería de carbón Información circular 9517 de la NIOSH (68) y Mejores prácticas para el control del polvo en minería de metales/no metales Información circular 9521 de la NIOSH (69).

Tabla 13. Niveles de control de derrames

Nivel 1
<i>Contención – Piedra</i>
Optimización Seguimiento de bandas
Altura de caída de la banda minimizada
Optimización de transferencia entre bandas
Tensión de banda optimizada
<i>Contención – Polvo</i>
Sellos de aerodeslizadores sin fugas
Sellos intactos de líneas de aireación y silos
Presión equilibrada de líneas de aireación y de los silos
Transportadores no presurizados: minimizar las alturas de caída
Silos: válvulas de alivio de presión
Silos: sensores de alto nivel / alta presión
Llenado de camión en plantas dosificadora - extensión del canal (manga) en el tambor de la Mixer
Llenado de la mezcladora en proceso húmedo (Planta Mezcladora) - tambor completamente sellado
Llenado de la mezcladora en proceso húmedo - sellos de puertas de inspección intactos
<i>Método de limpieza: todos los materiales, cantidades pequeñas</i>
Pala, escoba - supresor de polvo
Nivel 2
<i>Contención – Piedra</i>
Encausador lateral de banda - contacto tipo lateral
Reducción de energía de caída de material (por ejemplo, Chute en forma de escaleras / estantes de piedra)
Camas de piedra en zonas de carga

Raspadores / limpiadores de banda (con bandeja de vibración)
<i>Contención – Polvo</i>
Transportadores no presurizados: encerramiento y volumen de aire del recinto optimizado
Transportadores no presurizados - reducción de energía de caída del material
Llenado de camión en planta dosificadora - chute articulado con elevación y descenso.
Llenado de Mezcladora en Planta Mezcladora - colector de polvo, tambor con presión negativa
<i>Método de limpieza - Cantidades pequeñas</i>
Aspiradora portátil
Nivel 3
<i>Contención – Piedra</i>
Tener rodillos de impacto avanzado
Tambor de cola con alabes (aletas) y vibración optimizada
Encausadores laterales con doble película
Encausadores de cola con doble película
Encerramientos de bandas transportadoras con volumen de aire optimizado
<i>Contención – Polvo</i>
Llenado de camión en planta dosificadora - tolva de doble capa con recolección de polvo
<i>Método de limpieza: todos los materiales, cantidades moderadas</i>
Vacuum - portátil HEPA
Barredora de piso – manual
Aspersión - manguera de agua a alta presión
Minicargador - cabina cerrada, presión positiva, filtrado
Nivel 4
<i>Contención – Piedra</i>
Camas de impacto en las zonas de carga de la banda
Aumento del ángulo de inclinación de la banda
Puntos de transferencia totalmente cerrados y bandejas en cascada
Eliminación del rodillo de retorno (por ejemplo, colocar barra de tensión)

<i>Método de limpieza: todos los materiales, grandes cantidades</i>
Se prohíbe toda pala manual / rastrillado / barrido
Cargador - cabina cerrada, presión positiva, filtrado
Barredora Industrial - cabina cerrada, presión positiva, filtrado

Nota: Elaborado por los autores

Tabla 14. Niveles de control de polvo fugitivo

Nivel 1
<i>Contención – Piedra</i>
Optimización Seguimiento de bandas
Altura de caída de la banda minimizada
Optimización de transferencia entre bandas
Tensión de banda optimizada
Carreteras, patio - agua o supresión química
<i>Contención – Polvo</i>
Sellos de aerodeslizadores sin fugas
Sellos intactos de líneas de aereación y silos
Presión equilibrada de líneas de aereación y de los silos
Silos: válvulas de alivio de presión
Silos: sensores de alto nivel / alta presión
Llenado de camión en plantas dosificadora - extensión del canal (manga) en el tambor de la Mixer
Llenado de la mezcladora en proceso húmedo (Planta Mezcladora) - tambor completamente sellado
Llenado de la mezcladora en proceso húmedo - sellos de puertas de inspección intactos
<i>General e Higiene</i>
Eliminar la limpieza del polvo de aire comprimido
Elimina la suciedad del polvo de la ropa
Protocolo de lavado de manos para prevenir la ingestión de metales
Nivel 2

<i>Contención – Piedra</i>
Encausador lateral de banda - contacto tipo lateral
Reducción de energía de caída de material (por ejemplo, Chute en forma de escaleras / estantes de piedra)
Stockpiles, agregados - pilas de riego
<i>Contención – Polvo</i>
Transportadores no presurizados: encerramiento y volumen de aire del recinto optimizado
Transportadores no presurizados - reducción de energía de caída del material
Llenado de camión en planta dosificadora - chute articulado con elevación y descenso.
Llenado de Mezcladora en Planta Mezcladora - colector de polvo, tambor con presión negativa
Bolsas de aditivos en polvo - tolva de corte de bolsas incluida
<i>Aislamiento del trabajador</i>
Cabinas de equipos móviles - caja básica
Oficina en patio - aislamiento básico
<i>General</i>
Automatice las tareas, p. sensores remotos, unidades de lubricación automática
Nivel 3
<i>Contención – Piedra</i>
Tener rodillos de impacto avanzado
Tambor de cola con alabes (aletas) y vibración optimizada
Encausadores laterales con doble película
Encausadores de cola con doble película
Puntos de transferencia parcialmente cerrados
Encerramientos de bandas transportadoras con volumen de aire optimizado
<i>Contención – Polvo</i>
Sistema colector de polvo: servicio a todas las fuentes, incl. Silos
Sistema colector de polvo - sistema de reclamo automático de bucle cerrado
Llenado de camión en planta dosificadora - tolva de doble capa con recolección de polvo

Bahía de camión de lote seco: bahía cerrada, aislamiento de tambor de accionamiento
Bolsas de aditivos en polvo - tolva de corte de bolsas con recolección de polvo
<i>Aislamiento del trabajador</i>
Cabinas de equipos móviles: presión positiva, suministro filtrado
Oficina en patio - presión positiva, suministro filtrado
Nivel 4
<i>Contención – Piedra</i>
Sistema colector de polvo - recintos completamente sellados
Puntos de transferencia totalmente cerrados y sellados
Camas de impacto en las zonas de carga de la correa
Aumento del ángulo de inclinación
Bandas completamente cubiertos
<i>Contención – Polvo</i>
Se eliminan las bolsas de aditivos en polvo - totes a granel o silos
<i>Aislamiento del trabajador</i>
Cabinas de equipos móviles - presión positiva, filtro HEPA
Oficina en patio - presión positiva, filtro HEPA

Nota: Elaborado por los autores

6.2.3.1 Criterios de la aplicación para la selección del control

En primer lugar, para realizar este paso, se estableció que no es necesario el ingreso de información estándar como en las fases previas, puesto que esta se sustenta desde las estimaciones y datos recolectados en el historial de pruebas y la evaluación cualitativa. Por ende, la selección de control de esta herramienta solamente se aplica únicamente al polvo y a los derrames fugitivos; para cada área

evaluada, se indica la estimación del nivel de riesgo combinado de los Pasos 1 y 2, junto con los niveles de control recomendados correspondientes para el polvo fugitivo y la reducción de derrames. Para ello se requiere tomar nota del nivel de control recomendado para cada área tanto para el polvo fugitivo como para el derrame; consultando las opciones de control, y revisando los controles sugeridos en las secciones correspondientes al derrame y polvo fugitivo, ya que los controles enumerados son solo opciones sugeridas, y no todos serán aplicables para el área en cuestión; seleccione el control más apropiado para adaptarse a la situación. Al seleccionar controles en los niveles 2 y superiores, también seleccione los controles en los niveles inferiores que se apliquen a la condición; por ejemplo, si se indica un control de polvo fugitivo de nivel 3, entonces también se requiere seleccionar cualquier control en los niveles 1 y 2 que sería apropiado para controlar estos valores.

Tabla 15. Selección de Control dentro de *Quali-Apps*

Presentación en la App	Criterio	Valor del criterio
Nivel general de riesgo de exposición a material particulado	Este criterio es el resultado tanto de la clasificación del riesgo o si el valor de la combinación de puntaje general de riesgo de polvo y medido.	Si el resultado de la clasificación del riesgo es de MUY ALTO, se evidenciará un nivel general de riesgo de exposición a material particulado de ALTO. Si el resultado de la combinación de puntaje general de riesgo de polvo y medido, da como resultado los siguientes valores de criterio: < 7.5 = BAJO ≥ 7.5 < 17 = MODERADO ≥ 17 < 23 = ALTO >23 = MUY ALTO

Control recomendado de control de polvo fugitivo	Se obtiene del puntaje de riesgo de derrame, al presentar los siguientes valores: Nivel 1 Nivel 2 Nivel 3 Nivel 4	Nivel 1= <3 Nivel 2= $\geq 3 \leq 7$ Nivel 3= $> 7 \leq 11$ Nivel 4= > 11
Opciones de control	La aplicación desplegará una lista de controles recomendados tanto para el control de derrames y para polvo fugitivo. Los controles enumerados son recomendaciones propuestas, el evaluador seleccionará a su criterio según lo más apropiado para adaptarse a la situación. Al seleccionar controles en los niveles 2 y superiores, también seleccione los controles en los niveles inferiores que se apliquen a la condición.	NO se designa ningún valor

Nota: Elaborado por los autores

6.2.4 Resultados de la Aplicación

La aplicación genera como resultado una jerarquización del riesgo a material particulado, de una manera gráfica y sencilla de interpretación, la puntuación del riesgo conduce a una prioridad de acción con la siguiente caracterización del riesgo en cuatro niveles, observables en la tabla 8:

- Riesgo muy alto (implementar medidas correctoras de manera inmediata)
- Riesgo alto (implementar medidas correctoras)

- Riesgo moderado (precaución en las actividades)
- Riesgo bajo (sin necesidad de modificaciones)

Tabla 16. Exposición final del riesgo

Ubicación-Nivel de Riesgo especificado	
No. de locación @ Muy Alto	0
No. de locación @ Alto	0
No. de locación @ Moderado	0
No. de locación @ Bajo	0
Riesgo KPI	0

Nivel de Control de Ingeniera – Polvo	
Patio Operaciones	Nivel X
Mantenimiento	Nivel X
Laboratorio	Nivel X
<i>Puntuación Media:</i>	0

Nota: Elaborado por los autores

Mediante los datos apreciados en la tabla 13, se observa que, si el resultado de la clasificación del riesgo es de muy alto, se evidenciará un nivel general de riesgo de exposición a material particulado de alto. si el resultado de la combinación de puntaje general de riesgo de polvo y medido, da como resultado los siguientes valores de criterio: < 7.5 = bajo, $\geq 7.5 < 17$ = moderado, $\geq 17 < 23$ = alto y > 23 = muy alto, este criterio es el resultado tanto de la clasificación del riesgo o si el valor de la combinación de puntaje general de riesgo de polvo y medido. sobre las opciones de control, la aplicación desplegara una lista de controles recomendados tanto para el control de derrames y para polvo fugitivo. los controles enumerados son recomendaciones propuestas, el evaluador seleccionara a su criterio según lo más apropiado para adaptarse a la situación. al seleccionar controles en los niveles 2 y superiores, también seleccione los controles en los niveles inferiores que se apliquen a la condición.

Alrededor de la exposición final, observable en la tabla 17, para la clasificación del riesgo específico por ubicación o fuente se obtiene una sumatoria por nivel de riesgo de las diferentes ubicaciones o fuentes que fueron evaluadas, también se obtiene un valor numérico total. Cada clasificación se representa por un código de colores, buscando una presentación visual. Muy Alto (rojo), Alto (naranja), Moderado (amarillo), Bajo (verde) y Valor numérico (negro). Como ayuda para el mejor entendimiento se presenta una gráfica de barras en la que se evidencia la clasificación del riesgo específico por ubicación o fuente. Sumatoria de todas las clasificaciones del riesgo específico por ubicación o fuente. El valor numérico se obtiene de la siguiente formula: $\text{RIESGO} = (\# \text{ riesgos muy altos} * 10 + \# \text{ riesgos altos} * 8 + \# \text{ riesgos moderados} * 4 + \# \text{ riesgos bajos} * 0.1)$. Cada clasificación se representa por un código de colores, buscando una presentación visual. Muy Alto (rojo), Alto (naranja), Moderado (amarillo), Bajo (verde) y Valor numérico (negro).

Tabla 17. Exposición Final de Riesgos

Presentación en la App	Criterio	Valor del criterio
Clasificación del riesgo específico por ubicación o fuente	Se obtiene una sumatoria por nivel de riesgo de las diferentes ubicaciones o fuentes que fueron evaluadas, también se obtiene un valor numérico total. Cada clasificación se representa por un código de colores, buscando una presentación visual. Muy Alto (rojo) Alto (naranja)	

	Moderado (amarillo) Bajo (verde) Valor numérico (negro) Como ayuda para el mejor entendimiento se presenta una gráfica de barras en la que se evidencia la clasificación del riesgo específico por ubicación o fuente.	Sumatoria de todas las clasificaciones del riesgo específico por ubicación o fuente. El valor numérico se obtiene de la siguiente formula: $\text{RIESGO} = (\# \text{ riesgos muy altos} * 10 + \# \text{ riesgos altos} * 8 + \# \text{ riesgos moderados} * 4 + \# \text{ riesgos bajos} * 0.1)$
Clasificación del riesgo específico por área	Se obtiene una sumatoria por nivel de riesgo de las diferentes áreas que fueron evaluadas, también se obtiene un valor numérico total. Cada clasificación se representa por un código de colores, buscando una presentación visual. Muy Alto (rojo) Alto (naranja) Moderado (amarillo) Bajo (verde) Valor numérico (negro) Como ayuda para el mejor entendimiento se presenta una gráfica de barras en la que se evidencia la clasificación del riesgo específico por ubicación o fuente.	Sumatoria de todas las clasificaciones del riesgo específico por área. El valor numérico se obtiene de la siguiente formula: $\text{RIESGO} = (\# \text{ riesgos muy altos} * 10 + \# \text{ riesgos altos} * 8 + \# \text{ riesgos moderados} * 4 + \# \text{ riesgos bajos} * 0.1)$

Nota: Elaborado por los autores

6.3 *Funcionamiento de Quali-Apps*

El funcionamiento de la aplicación se realiza mediante varios pasos que se concretan desde fases que permiten abarcar el análisis cualitativo de la industria cementera, en donde se establecen los procedimientos que se vinculan con el historial de pruebas, estimación de las áreas de acción donde se desarrollan estos análisis, determinando las fuentes y las emisiones puntuales donde se produce el polvo, así como los niveles presentes de este material en los espacios estudiados. Los pasos que se implementan para el desarrollo de la aplicación se sustentan en los tres pasos previos que se han mencionado: Historial de pruebas, evaluación cualitativa y selección de control, con la diferencia que este apartado explica cómo se adaptan estas fases desde la App, estimando las precisiones más relevantes para comprender su funcionalidad.

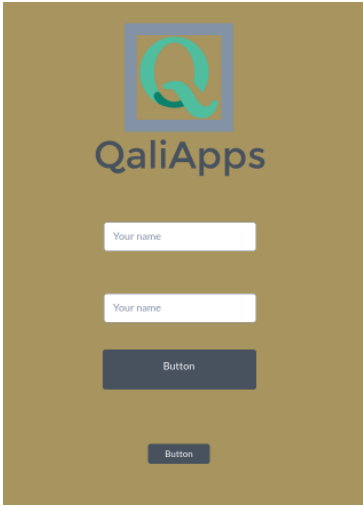
Las instrucciones generales que se establecieron para el uso de la aplicación se fundamentan en la implementación de una herramienta ofimática, como puede ser *Microsoft Excel*, en la cual se hace entrega de varios desplegables que se utilizan para seleccionar y completar los datos que vayan a ser registrados mediante la App, dentro de las diversas zonas que se han dispuesto para establecer la presencia y nivel de material particulado. Se recomienda al usuario no cambiar los valores de las celdas, así como su orden, para no alterar los índices que se hayan establecido dentro de los espacios, las cuales van acompañadas de notas y comentarios que ayuden al personal para guiarse en el manejo de la información recolectada y registrada, a través de triángulos rojos ubicados en la esquina superior derecho de las ventanas, donde también se pueden encontrar cuadros de texto denominados “Visión” en el perímetro de las hojas,

estimada para abarcar información adicional importante para el análisis de las otras áreas que conforman a la industria.

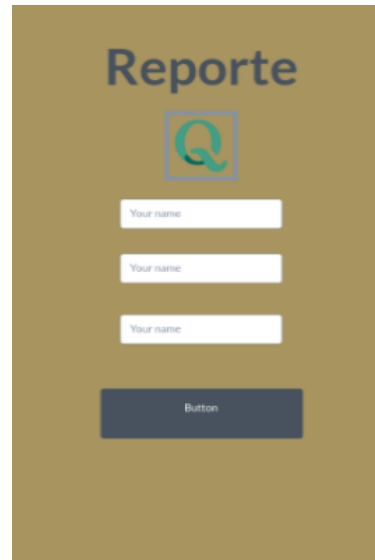
Tabla 18. Mediación TIC

Mediación TIC	
TIC	AndroidStudio 
Ubicación	https://developer.android.com/docs?hl=es-419
Clasificación	Aplicaciones Android
Descripción	Es una aplicación desarrollada por AndroidStudio para determinar la evaluación cualitativa de material particulado en empresas cementeras, donde los usuarios o auditores, realizan la inscripción de manera gratuita, mediante un correo electrónico, interactúan a través de un modelo de formulario, permitiendo obtener resultados de los niveles de exposición de la empresa cementera auditada. Los criterios de selección de esta aplicación, que se tuvieron en cuenta para el sistema operativo, entorno de desarrollo y ejecución de la Apps fueron los siguientes: 1. El sistema operativo desarrollado es Kernel con entorno de ejecución Java y Coc++ 2. Los dispositivos Android presentan una enorme variedad con múltiples fabricantes de móviles, siendo Android una de las más populares entre fabricantes y desarrolladores, esta a su vez cuenta

	con el apoyo de Google, siendo esta una de las mayores plataformas del mundo. 3. El software de Android cuenta con diferentes tutoriales para desarrolladores a baja inversión, al contar con su parte técnica de ejecución con librerías de fragmento, luego para su técnica de desarrollo cuenta con plataformas que utilizan el kit SDK (Software Development Kit) y entorno IDE (entorno de desarrollo integrado) 4. Android estudio cuenta con una comunidad de desarrolladores y fabricantes, que permiten la consulta de documentación apropiada y guías de mejores prácticas, la red de desarrolladores cuenta con gestores de difusión, diseño y desarrollo técnico 5. Android Studio cuenta con asistencia de recursos y guías de herramientas con accesibilidad a toda su comunidad. 6. Versatilidad de la App permitiendo fácil descarga desde PlayStore sin costo, solo se hace necesario contar con acceso a internet y plan de datos.
Alcance	Es una herramienta que permite desarrollar un formulario de encuesta para auditoria a través de Internet. Además, puede ser usado desde un dispositivo Android, con una Interfaz de gran variedad de recursos. Asimismo, esta herramienta ofrece ventanas emergentes que permiten el ingreso mediante la creación de un correo electrónico con contraseña el cual le permite desarrollar y crear un informe, los datos obtenidos se integran mediante enlaces externos, generando graficas de resultados, la selección de preguntas en el cuestionario, se encuentran acompañadas de una selección de criterios para el auditor. Esta aplicación es muy versátil y no tiene costo.
Propósito	La App se utilizará como herramienta para desarrollar auditorías de las diferentes empresas cementeras para la mejora y concreción en tiempos de respuesta para la obtención de resultados de forma inmediata. El uso de la App permitirá un uso eficiente de la tecnología, con las características de agilidad, organización, comunicación y gratuidad. Con esta App los auditores podrán realizar las diferentes labores en campo y tener acceso a la información en un solo lugar con el uso de un dispositivo Android. De igual manera la App, hace parte de la estrategia para mejorar las competencias digitales de cualquier auditor o empresa, aspecto importante para cumplir con altos estándares de seguridad. La intención laboral es que cada empresa sea más competitiva, desarrollando competencias mediante el uso de Apps, autonomía y trabajo colaborativo impulsado en parte por los auditores que realizan la visita en campo, el espacio de una cementera.

Tiempo	Las actividades serán realizadas autónomamente por los investigadores, y el desarrollador mediante reuniones, para el desarrollo el cual inicio el día 09 de abril de 2021 y termino 07 de julio de 2021. ➤ Desarrollo preliminar Parte 1  Parte 2 
--------	--

Parte 3



➤ Prototipado

Prototipos de desarrollo, realizados mediante Marvel App <https://marvelapp.com/features/prototyping>, en la cual permite transformar un diseño prototipo antes de su fase de creación y lanzamiento.

Enlace Prototipo inicial de la aplicación QualiApps:

<https://marvelapp.com/prototype/ggcg50h/screen/80446124>

➤ Actividades

Las actividades para realizar por parte de los coordinadores de proyecto son las siguientes:

- Generar los códigos de acceso y cálculo para las gráficas de reporte

- Notificar mediante correo electrónico, al desarrollador informando las instrucciones, fechas, códigos de acceso, aceptación de términos y condiciones, para el desarrollo de la App.
- Revisar enlace de prototipos para el desarrollo del App en Marvelapps. Actividad para iniciar el diez de febrero con una duración de tres horas.
- Coordinación y solución de dudas referentes al ingreso y diseño de la App.
- Descarga de la aplicación por la Play Store, pruebas y modificaciones finales.

Resultado final

Enlace de descarga aplicación

<https://play.google.com/store/apps/details?id=app.absoftware.cementera>



QualiApps

ABSoftwareSolutions

Desinstalar

Abrir

Novedades •

Actualización: 7 jul. 2021



Herramienta digital de estimación permitirá ayudar a la priorización de acción en la gestión de...

Nota: Elaborado por los autores

Frente a las implicaciones que comprenden las ventajas que representa la App, se establece la facilidad en la utilización e interpretación de los resultados, pues no requiere una formación específica; gratuidad de la aplicación por medio de tiendas virtuales de teléfonos móviles con tecnología Android, permitiendo acceso ilimitado; modificaciones futuras sin restricciones de licencias de software; además que es específico para la industria de cemento, permite estimar el riesgo de material particulado al no utilizar las frases R o indicaciones de peligro H.

Con respecto a las limitaciones, se considera que éste es limitado a teléfonos inteligentes que utilicen software *Android*; mientras que el evaluador debe ser una persona con conocimiento base de higiene industrial con un mínimo de perfil técnico, y del proceso de la obtención del cemento; las medidas en los niveles de control se han considerado en la valoración del riesgo, por lo que habría que garantizar que son las medidas adecuadas para el agente de material particulado, y que funciona de manera efectiva siguiendo programas de evaluación y mantenimiento; en caso de no ser así se puede llegar a infravalorar el nivel de riesgo existente; además que se estima que la validación de la herramienta no cuenta con antecedentes encontrados.

7 Discusión

Bajo los estándares que determinan la implementación de mecanismos que se han enfocado en la medición de polvo y otras emisiones particuladas, estas en general van enfocadas en un rastro integral de estos elementos. Por ello, Rojas y Huaman (1) expresan la relevancia de las mejoras en la industria cementera cuando el material particulado en fracción respirable sobrepasa el límite máximo permisible (150 ug/m^3) y por lo tanto genera una contaminación ambiental; por ello, los valores mínimo $2941,48 \text{ ug/m}^3$ y máximo 11940 ug/m^3 , especialmente cuando superan en aproximadamente 20 veces y 80 veces los valores de estas emisiones; sobre todo al encontrarse sílice como contaminante medio ambiental como parte del cemento.

Por ende, métodos como la eficiencia del filtro de mangas diseñado por Castillo y Seijas (61) genera estrategias que no solo ayudan a captar material particulado en procesos de clinkerización, puesto que este mecanismo determinó en un 98%; el material particulado que proviene de los gases de combustión conteniendo inquemados, cenizas y clinker constituyendo partículas de tamaño entre $0,01 \text{ }\mu\text{m}$ y $30 \text{ }\mu\text{m}$. El diseño del filtro se determina a partir de la capacidad de carga de Clinker al horno de proceso, considerando una densidad promedio para el diseño del filtro de 23 g/m^3 , El sistema de captación de partículas incluye un ventilador centrífugo que impulsa los gases de combustión conteniendo el material particulado, a través de la tela que forma la bolsa, con una presión estática máxima de 25cm de C.A.

Es decir, Castillo y Seijas (61) determinan que las estrategias de control determinadas con acciones concretas que resultan referentes a los avances que han representado las tecnologías y las diversas metodologías enfocadas en evaluar y rastrear material particulado, así como aquellas enfocadas en el

control de estas emisiones determinadas en la industria cementera, permiten un control más amplio sobre estas partículas, por lo que estos mecanismos refieren a una serie de medidas que deben considerar las industrias para estar consideradas bajo los estándares de responsabilidad social que deben considerar las empresas para la protección de los trabajadores.

Cabe destacar que los mecanismos considerados dentro de los estándares y las aplicaciones construidas para la medición y control de material particulado en las industrias cementeras, no necesariamente consideraron por completo la evaluación de los métodos evaluativos que ayuden a comprender los índices de riesgo y la regulación de las zonas con mayor riesgo existente en las empresas, aspecto que puede ayudar a complementar la integralidad de *Quali-Apps*, especialmente cuando se comprenden factores que van más allá de los índices cuantitativos, porque ayudan a concretar riesgos que abarcan ámbitos externos implicados hacia los valores estimados, aspecto que desde el factor cualitativo se pudo generar observaciones complementarias sobre los peligros que puede representar el estudio de espacios y otras caracterizaciones que afectan seriamente la salud de los trabajadores y todo el personal que trabajan más cerca de espacios como el Clínter y las zonas que proceden con arcillas y demás materiales que ayudan a la elaboración del cemento.

Además, los valores agregados de *Quali-Apps* se determinan en dos frentes primordiales, como primer foco, le ofrece a la industria del cemento una visión de la prevención de las enfermedades ocupacionales soportada por una aplicación de teléfono inteligente utilizada como herramienta que permite agilidad en la evaluación y pertinencia para realizarse en cualquier circunstancia; por otro lado el aporte a la higiene industrial proyecta esta ciencia interdisciplinaria a buscar opciones de evaluación cualitativa mejorando los modelos ya validados disponiendo de más y mejores experiencias de aplicación de los mismos.

Adicional, se empieza a llenar vacíos desencadenados históricamente con respecto a la especificidad de modelos aplicables a industrias como la del cemento, de igual forma se ofrecen también soluciones para la exposición a agentes que no disponen de frases H y R al no existir una ficha de datos de seguridad del material.

Finalmente, se generó un avance en el sentido investigativo, al obtener por medio de la técnica de recopilación documental, crear una herramienta gratuita que contribuirá a la prevención de enfermedades ocupacionales en el sector de la producción del cemento en Colombia. Por otro lado se visualiza la desventaja de validar la efectividad de *Quali-Apps* en diferentes escenarios de diferentes empresas, soportados en evaluaciones cuantitativas que generen futuros estudios.

8 Conclusiones

Alrededor del primer objetivo específico: *Identificar metodologías evaluativas de riesgo frente a material particulado*, se consideró que, mediante la evaluación y análisis de las metodologías de riesgo estimadas para la medición de material particulado, se puede inferir que es imposible determinar que un solo método pueda integrar todos los requerimientos conjuntos requeridos en este estudio para resolver la medición de emisiones que existe en la industria cementera, referida al material particulado y lo que el componente representa. Se ha determinado que existe la necesidad de un método unificado que se pueda complementar, y contribuir con el cierre de las brechas en la medición de material particulado; esto se debe a que no existe un solo mecanismo para enfocarse únicamente en la supervisión y análisis de este material, obligándolo a poder vincular las herramientas o mecanismos para la estimación de las dimensiones consideradas para la consideración de estos métodos.

Por consiguiente, desde el cumplimiento del objetivo dos: *Establecer los mecanismos que requiere la aplicación para evaluar cualitativamente el nivel de material particulado para empresas cementeras*, la selección del método Stoffenmanager, responde a una serie de fases que ayudan a la sistematización y la formulación de datos estadísticos que puedan estimarse sobre los índices de material particulado, así como los niveles de propagación que representan en diferentes zonas de la industria. Por otro lado, para desarrollar los aspectos que se relacionan con los índices de exposición, los riesgos que representa su asimilación, los peligros que se manifiestan en la manipulación actual y proyectada de instrumentos, así como el registro de peligros de mediano y alto grado, se estima la implementación del método *REGETOX*, bajo los estándares *COSHH* e *INRS* que se vinculan a la medición del polvo, con la finalidad

de no limitar su uso solo dentro del análisis de mezclas, encaminando sus herramientas hacia la evaluación de este tipo de material.

Bajo los datos relacionados con los mecanismos que requiere la aplicación para evaluar cualitativamente el nivel de material particulado para empresas cementeras; en primer lugar, debe considerarse que, para realizar el historial de pruebas, es importante delimitar de manera funcional aquellos mecanismos que puedan ayudar a medir el material particulado dentro del contexto cementero, dentro del proyecto se propuso hacer el protocolo recomendado por NIOSH en su técnica para medir partículas respirables en filtros de PTFE, NIOSH 600. Al calcular el valor medido de la concentración de exposición de PM₁₀, se aplican los factores de corrección por variables ambientales de humedad y presión obtenidos de la red de monitoreo de la calidad del aire, estimando que para estos casos puede considerarse la espirometría como la prueba estándar para medir el funcionamiento pulmonar al finalizar su jornada laboral posterior a la aplicación del cuestionario de síntomas respiratorios y al examen clínico. Bajo este sentido, debe señalarse que este no es el único método que debe considerarse para la medición particular, pero dentro de los estándares nacionales este resulta ser uno de los más promovidos, pero resulta adecuado y propositivo considerar otros parámetros determinados dentro del contexto internacional, como los manuales europeos delimitados por el INSST y el OSHA.

Así mismo, se consideran los controles existentes dentro de las variables, en las cuales se estiman los factores considerados para determinar los controles existentes en cada área, pues todos los departamentos deben establecerse a nivel general para proteger y controlar materiales particulados, determinar polvo de cemento, abarcando más allá de las zonas estipuladas con mayores riesgos y peligros para la salud, porque tienen un amplio alcance en todas las áreas que constituyen la industria, como las regiones administrativas y los recursos humanos. Por ello, estos factores han demostrado que el control de nivel

es útil regular los residuos; por ende, resulta fundamental mejorar esta estrategia de manejo de residuos en todas las áreas posibles, y se estima que estas estrategias deben ser completamente independientes en cada departamento de la planta de cemento.

Alrededor del tercer objetivo: *Diseñar la arquitectura de la App, considerando funcionalidades esenciales para la medición de material particulado en las empresas cementeras*, se estima que uno de los estándares que configura la construcción de la App se determina bajo un análisis con mayor detenimiento del contenido de sílice de los materiales de proceso, basados en el análisis de muestras a granel en el sitio; este parte de los componentes que se han configurado dentro de los parámetros ligados a *REGETOX* y *Stoffenmanager*, así mismo, si se desconocen los elementos que están dentro del material particulado, se requiere consultar el control de calidad del sitio o área para obtener los resultados del análisis del contenido total de sílice, factor que obliga a enviar muestras a granel del material a un laboratorio aprobado de higiene industrial para su análisis, según lo indicado dentro de los estándares *COSHH* e *INRS* que se vinculan a la medición del polvo.

Así mismo, los factores de riesgo relacionados con el polvo deben primero observar y evaluar la severidad de este material disperso en el aire descargado directamente durante el proceso, y limitando la severidad, según el índice expresado en la matriz de análisis, estimado desde niveles bajo, medio, alto y muy alto. De igual forma, la limpieza de derrames y residuos se considera una alternativa importante, con respecto a las estimaciones delimitadas por parte de las metodologías evaluativas que se habían considerado para su comparación y selección, estos deben ser analizados y clasificados utilizando los niveles estándar antes mencionados. También se ha determinado que otros factores que inciden en la identificación son la finura del material; como el polvo fino y el método de limpieza; igualmente, se debe

estimar la duración de la exposición, es decir, el tiempo de exposición del área donde se encuentra el trabajador. tiene una concentración considerable de polvo.

Los estándares que han determinado la construcción de *Quali-Apps* se han basado en una serie de factores que se relacionan con la estimación de métodos evaluativos, en los cuales se señalaron con mayor precisión los aportes que representan estrategias como *REGETOX* y *Stoffenmanager* para la medición y regulación del material particulado, los cuales se implementaron para abordar con mayor precisión la noción cualitativa que se postuló dentro del proyecto. Bajo estos factores, el análisis de los índices de exposición, basados en el tiempo y las áreas que ocupan los trabajadores ofrecen un panorama más amplio sobre los protocolos de higiene que deben considerar este tipo de mecanismos, aspecto que le brinda un mayor alcance a la aplicación, alrededor de estipular valores y criterios que permitan fomentar un mayor cuidado del personal, así como una regulación más incisiva de las áreas que tienen la mayor probabilidad de generar emisiones nocivas para todo el personal, incluido el administrativo.

No obstante, su implementación corresponde a un registro detenido de todos los valores que se estipulan dentro de la matriz que comprende el panorama, ya que representa un complemento que permite ampliar los datos cuantitativos que pueden determinarse mediante varias herramientas que fomentan datos capaces de entender con precisión los daños que representa la inhalación de este material en el cuerpo de los empleados, por ello, el funcionamiento integral de la aplicación depende directamente de un registro minucioso del personal sobre los niveles de riesgo que pueden existir en cada una de las ubicaciones delimitadas para su evaluación, puesto que al sobrar o no determinarse adecuadamente uno de los valores, las emisiones pueden seguir presentándose, afectando paulatinamente el bienestar y la salud de los operarios que trabajan en las centrales cementeras, considerando de paso que no debe perder

ningún tipo de relevancia, al considerar aspectos que los estudios cualitativos no alcanzan a abarcar dentro sus estudios.

9 Recomendaciones

9.1 Al gobierno

- Apoyar a nivel nacional el Crecimiento y Consolidación de Negocios TIC: La iniciativa de Apps.co busca en la Fase de Crecimiento y Consolidación llevar a los emprendimientos a lograr un punto de equilibrio o alcanzar el estado de inversión.

- Tecnología en proceso de expansión, en Colombia se está presentando una gran tendencia en el crecimiento de la utilización de aplicaciones y herramientas tecnológicas en general que ayuden a realizar actividades de forma más eficaz.

- Debido a que la situación económica actual nacional y mundial supone que la gente minimice costos dentro de sus posibilidades, el uso de esta aplicación no es una necesidad básica para los usuarios por ende podrán descargar y eliminar la app de sus móviles cuando lo requieran.

9.2 A la industria cementera

En el presente trabajo se desarrolló y se aplicó una metodología que busca responder la pregunta de investigación y se creó una herramienta como lo es una App para la evaluación cualitativa del material particulado del cemento en industrias para Colombia; la *Quali-Apps* es una oportunidad que tiene la industria cementera para generar iniciativas de mejoras en pro del bienestar y salud ocupacional de los trabajadores.

Independientemente de la gestión que se realice en el sistema de seguridad y salud en el trabajo que apliquen las diferentes organizaciones, no se logrará mejorar el desempeño si no existe un

compromiso, voluntad e iniciativa, tanto de las empresas como del trabajador. Lo que se concluyó en esta investigación es un análisis detallado de los procesos en la obtención del cemento con una visión transversal desde la higiene industrial específicamente, la evaluación de la exposición de material particulado, apalancados con la tecnología de las Apps que logra eficacia e inmediatez de la evaluación; si se desean soluciones particulares se recomienda profundizar en la utilización de *Quali-Apps* para obtener el mayor beneficio posible, en los párrafos siguientes se hacen algunas recomendaciones que a juicio de los autores pueden tener un impacto positivo en el desarrollo y contribuir al mejoramiento continuo del sistema de gestión de la seguridad y salud ocupacional.

- Capacitar de manera específica al personal de higiene y seguridad industrial que realiza labores de gestión en la identificación de peligros en las empresas cementeras, en conceptos detallados del comportamiento del material particulado y sobre todo del proceso de controles existentes para la mitigación del riesgo de enfermedades respiratorias derivadas de la Sílice cristalina.
- Utilizar la *Quali-Apps* como herramienta para la evaluación cualitativa a material particulado, contrastando los resultados de la aplicación con las evaluaciones cuantitativas; con el fin de generar un criterio estandarizado, sumando la experiencia y el análisis profesional de los higienistas.
- Realizar un registro de información suministrado por *Quali-Apps*, como datos para futuras investigaciones con respecto a la exposición de los trabajadores.
- Interiorizar por medio de campañas a los trabajadores sobre el reporte de discrepancias en la producción, que generen un aumento en la generación de partículas y la ineficiencia de los controles existentes para la contención del material particulado.

- Establecer mesas de calidad entre trabajadores y personal encargado de la higiene industrial, con el fin de analizar periódicamente los resultados en los reportes que genera la *Quali-Apps*.

- Promover en sus áreas o comités de innovación, temas relacionados con el desarrollo de App en Higiene Industrial, ya que durante la realización de estudio de oferta en el mercado nacional e internacional se ha identificado una necesidad de automatizar procesos operativos y esta aplicación se enfoca a este tipo de soluciones.

9.3 A la Universidad

A continuación, se enumeran una serie de recomendaciones cuya implementación son vitales para mejorar el desarrollo de futuras investigaciones por parte de los estudiantes de postgrado de higiene industrial; la Universidad el Bosque como institución de educación superior que busca contribuir en la calidad de vida de nuestra sociedad, y para nuestro interés hacer esfuerzos de valor que impacten el desarrollo de sus labores para la comunidad trabajadora de Colombia:

- Desarrollar programas de conocimiento básicos de las tecnologías de la información y de la comunicación dirigida a reforzar el aprendizaje de los estudiantes de las especializaciones de salud ocupacional e higiene industrial, teniendo en cuenta que es base para investigaciones futuras.

- Promover en los estudiantes la adquisición de intereses hacía la solución de problemas a nivel nacional o local, por medio de los conocimientos adquiridos en el desarrollo de su postgrado, teniendo como base el análisis crítico y el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación.

- Continuar desarrollando investigaciones dirigidas a validar las evaluaciones cualitativas como la presentada en esta tesis, para generar un conocimiento sin sesgos y con base en datos estadísticos.

- Fortalecer y apoyar en el desarrollo e introducción en el sector de las Apps, teniendo siempre presente dar cumplimiento a la normatividad colombiana en materia de SST, gestionando peligros higiénicos por sector industrial como en este caso fue enfocado a la industria cementera en relación al material particulado.

Recordar que cada cliente (empresa) espera de una herramienta que se ajuste a sus necesidades específicas (App personalizada), porque el último espera formularios específicos para su empresa o actividad ya que muchas veces las herramientas existentes (generalizadas) ofrecen información y publicidad que aun estando disponible no es del interés para muchos de los usuarios finales.

- Al existir poca experiencia en el campo tecnológico y en el desarrollo de aplicaciones, por parte de los nuevos posgraduandos esto podría afectar financieramente y técnicamente el desarrollo de las Apps.

9.4 A los higienistas industriales

Siendo la higiene industrial una profesión interdisciplinar se recomienda a los higienistas industriales que laboran no solamente en la industria cementera si no en diferentes tipos de industrias, reforzar su formación profesional enfocada al desarrollo de aplicaciones para teléfonos inteligentes, aplicaciones que integrarán el conocimiento y habilidades personales con la tecnología, lo que deriva en una evolución de la higiene industrial alineada con las tendencias mundiales.

Incentivar la expansión del conocimiento con ideas y aportes de productos novedosos, llevando a este ramo de la ciencia un nivel cada vez más alto, situándonos en las compañías en la vanguardia tecnológica de SST y Peligros Higiénicos, dado que no se encuentra disponibilidad en las tiendas de App,

aplicaciones respecto a prevención y monitorización u apoyo en material particulado por segmentos industriales ni nacional ni internacionalmente.

- Recordar que estas Apps en su gran mayoría no ocupan mucho espacio en el disco duro y el consumo de recursos es bajo, tienen un diseño ligero, con formularios amigables los cuales no se almacenan, estos cuentan con tecnología para poder ser enviados en línea por ejemplo a un correo electrónico y la distribución del producto es sencilla, vía Internet con bajos gastos de mantenimiento e infraestructura.

10 Referencias

1. Rojas, R. Huaman P. Determinación de material particulado en fracción respirable en construcciones del distrito de Jesús María. Universidad Inca Garcilaso de la Vega; 2015.
2. Fernández, B. Hernández K. Diagnóstico de la industria del cemento en Colombia y evaluación de alternativas tecnológicas para el cumplimiento de la norma de emisión de fuentes fijas. Universidad de la Salle; 2008.
3. Rodríguez E. Neuropatías profesionales. 2001.
4. Mejía, M. Rendón I. Prevalencia de patologías relacionadas con el asbesto crisotilo en trabajadores de una empresa de productos de crisotilo-cemento. Rev Colomb Neumol 28(2). 2016;28(2):62–71.
5. Varona, M. Fernández J. Evaluación de la exposición laboral a material particulado en empresas pertenecientes a diferentes sectores económicos en Colombia. Universidad del Rosario; 2014.
6. Quiroz C. Prevalencia de alteraciones en la función pulmonar de la población residente vecina a dos fábricas de material particulado, corregimiento La Sierra, Municipio de Puerto Nare (Antioquia, Colombia). Rev Fac Nac Salud Pública. 2011;29(1):45–52.
7. Celestina, M; Hrovat, J; Kardous CA. Smartphone-based sound level measurement apps: Evaluation of compliance with international sound level meter standards. Appl Acoust. 2018;139:119–28.
8. Zapata C. Concentración y poder de mercado en la industria cementera colombiana. 2013.

9. Amaya N. Riesgos laborales en empresas productoras de cementos [Internet]. 2014. Available from: http://bibliotecadigital.usbcali.edu.co/bitstream/10819/4336/1/Riesgos_laborales_Nilson_Amaya_A_2014.pdf
10. Chamocho M. Seguridad e higiene industrial. Universidad Inca Garcilaso de la Vega; 2014.
11. AIHA. Defining an Industrial Hygienist [Internet]. 2020. Available from: <https://ls.aiha.org/delaware-local-section/about-us/defining-an-industrial-hygienist>
12. Baraza, X; Castejón, E; Guardino X. Higiene industrial. 2016.
13. Kayser B. Higiene y Seguridad Industrial. 2012.
14. Herrick R. Higiene Industrial. Herramientas y enfoques. Organización Internacional del Trabajo, Enciclopedia de Seguridad y Salud en el Trabajo. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo. España; 2012.
15. Colombia P de la R de. Decreto 1072 de 2015. Bogotá D.C; 2015.
16. De Villalonga A. La industria del cemento dentro de la problemática de la contaminación atmosférica. Mater Construcción,. 1997;221–41.
17. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Qué son, cómo son y cómo se originan. Guía Metod para la estimación emisiones PM. 2013;13–22.
18. ISTAS. La prevención de riesgos en los lugares de trabajo. Paralelo E. 2013. 497 p.
19. Enriquez, J; Casas S. Usabilidad en aplicaciones móviles. Inf Científicos Técnicos. 2013;25–47.
20. Filippi, J; Lafuente, G; Bertone R. Aplicación móvil como instrumento de difusión. Multiciencias. 2016;336–44.

21. Alonso, J; Mirón J. Aplicaciones móviles en salud: potencial, normativa de seguridad y regulación. Rev Cuba Inf en Ciencias la Salud. 2017;
22. Blanco, P; Camarero, J; Fumero, A., Warterski, A; Rodríguez P. Metodología de desarrollo ágil para sistemas móviles. Introducción al desarrollo con Android y el iPhone. Dr en Ing Sist Telemáticos. 2009;1–30.
23. Carrasco S. Análisis de la aplicación de la tecnología móvil en las empresas. 2015.
24. Universidad de Valencia. 5 aplicaciones que facilitan las tareas de prevención de riesgos laborales. 2016.
25. Microsoft. La Aplicación que será guardián de la Salud y la Seguridad de los 22,669,000 trabajadores colombianos [Internet]. 2017. Available from: <https://news.microsoft.com/es-xl/la-aplicacion-que-sera-guardian-de-la-salud-y-la-seguridad-de-los-22669000-trabajadores-colombianos/>
26. Latorre A. La industria del cemento en Colombia determinantes y comportamiento de la demanda (1996-2005). 2008.
27. Cárdenas, M; Mejía, C; García F. La industria del cemento en Colombia. Work Pap Ser. 2007;33:1–41.
28. Salamanca J. Análisis de la oferta y la demanda del sector de la construcción y su impacto sobre la rentabilidad en la industria del cemento en Colombia (2011-2018). Universidad EAN. Universidad EAN; 2020.
29. Colciencias. Ahorro de Energia en la Industria del Cemento: [Internet]. 2010. Available from: <http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/Procesos/cemento.pdf>

30. Sánchez, M. Pérez, G. González, G. Peón I. Enfermedades actuales asociadas a los factores de riesgo laborales de la industria de la construcción en México. *Med Segur Trab (Madr)*. 2017;63(246):28–39.
31. López S. Neumoconiosis en Trabajadores Expuestos a Polvos Orgánicos. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc*. 2006;163–70.
32. Neguab, M; Choobineii A. Work-Related Respiratory Symptoms and Ventilatory Disorders among Employees of a Cement Industry in Shiraz. *J Occup Heal*. 2007;273–8.
33. COSHH. COSHH essentials: Controlling exposure to chemicals – a simple control banding [Internet]. 2017. Available from: <https://www.hse.gov.uk/pubns/guidance/coshh-technical-basis.pdf>
34. INRS. Qui Sommes Nous? [Internet]. 2021. Available from: <https://www.inrs.fr/>: <https://www.inrs.fr/inrs/identite.html>
35. INSST. Agentes químicos: evaluación cualitativa y simplificada del riesgo por inhalación (III). Método basado en el INRS. 2012; Available from: <https://www.insst.es/>: <https://www.insst.es/documents/94886/326879/937w.pdf/9f3ff227-acfa-46b2-8613-355f5d057ad7>
36. INRS. Portrait des expositions aux poussières inhalables et alvéolaires mesurées entre 2014 et 2018 [Internet]. 2020. Available from: <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=BD>
37. Balsat, A; Graeve, J; Mariaux P. A Structured Strategy for Assessing Chemical Risks, Suitable for Small and Medium-sized Enterprises. *Ann Occup Hyg*. 2003;47(7).
38. Stoffenmanager. What is Stoffenmanager [Internet]. 2021. Available from:

<https://stoffenmanager.com/what-is-stoffenmanager/%0A>

39. Miraz C. Metodologías de evaluación cualitativa para el control del riesgo químico en el ámbito sanitario. Universidad de Coruña; 2014.
40. Colombia C de. Ley 9 de 1979. Colombia; 1979.
41. Trabajo M de T y SS. Decreto 1295 de 1994. Colombia; 1994.
42. CONPES. Documento Conpes 3344. 2005 p. 1–30.
43. Presidencia de la República de Colombia. Decreto 02 de 1982. Colombia; 1982.
44. Ambiente M de M. Decreto 948 de 1995. Colombia; 1995.
45. Ministerio de Ambiente V y DT. Decreto 979 de 2005. Colombia; 2006.
46. Ambiente M de M. Resolución 619 de 1997. Colombia; 1997.
47. Congreso de Colombia. Ley 1562 de 2012. Colombia; 2012.
48. Ministerio de Trabajo. Decreto 1443 de 2014. Colombia; 2014.
49. Ministerio de Trabajo. Resolución 0312 de 2019. Colombia; 2019.
50. Ministerio de Protección Social. Decreto 2090 de 2003. Colombia; 2003.
51. Ávila, M; Rivera J. Aplicativo para control de personal en obras de construcción para la empresa Securus Ingeniería SAS. Bogotá, Colombia; 2016.
52. Beltrán M. Desarrollo de una app piloto usando tecnología open source para el registro y monitoreo de alertas de emergencia en los parques del sector de Sauces II en la ciudad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador; 2018.
53. Armas R. Identificación y seguimiento de la actividad física en personas de la tercera edad. Lima,

Perú; 2018.

54. Roa, F. Montañez M. Prototipo de aplicación móvil como herramienta de apoyo para la prevención de riesgos y guía de operación en el acontecimiento de siniestros mediante el uso de realidad aumentada y geo posicionamiento. Universidad Distrital Francisco José de Caldas; 2015.
55. Oporto E. Diseño de un sistema inalámbrico de detección de caídas aplicado a personas de la tercera edad basado en acelerómetro y teléfono móvil. Pontificia Universidad Católica del Perú; 2014.
56. Sampieri, R; Collado, C; Baptista P. Metodología de la Investigación. VI. Mc Graw Hill, editor. 2016.
57. Hamui, A. Varela M. La técnica de grupos focales. *Investig en Educ médica*. 2013;(2)5:55–60.
58. Martínez L. La bitácora como forma de documentación de la actividad en redes sociales online. *Doc las Ciencias la Inf*. 2016;39:1–11.
59. ICOH. International Code of Ethics for Occupational Health Professional. Roma; 2014.
60. Estévez G. Exposición laboral a contaminación atmosférica: material particulado y efectos respiratorios en la salud de policías de tránsito de Bogotá. Universidad Nacional de Colombia; 2010.
61. Castillo, E. Seijas S. Minimización de material particulado generado en el proceso de clinkerización mediante el empleo de filtros de mangas. Universidad nacional de Trujillo; 2019.
62. ACGIH, Thershold Limit Values for Chemical substance and Physical Agents & Biological Exposure Indices; 2021.
63. EMKG - Workplace & Chemicals. 1. edition. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und

Arbeitsmedizin 2021. PDF file, DOI: 10.21934/baua:praxis20210317

64. <https://publications.iarc.fr/Book-And-Report-Series/Iarc-Monographs-On-The-Identification-Of-Carcinogenic-Hazards-To-Humans/Arsenic-Metals-Fibres-And-Dusts-2012>
65. Ministerio de Trabajo. Reglamento único del sector trabajo. Decreto 1072 de 2015. Colombia; 2015.
66. NIOSH 7500. MÉTODO PARA DE RECOLECCIÓN DE SÍLICE CRISTALINA POR TÉCNICA DE DIFRACCIÓN DE RAYOS X. <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/7500.pdf>
67. SEIRICH
https://oshwiki.eu/wiki/SEIRICH:_a_tool_for_the_assessment_of_chemicals_in_occupational_environments
- 68 <https://www.cdc.gov/niosh/mining/UserFiles/works/pdfs/2010-110.pdf>
69. <https://www.cdc.gov/niosh/mining/UserFiles/works/pdfs/2010-110.pdf>

11 Anexos

BITACORA DE REVISION DOCUMENTAL			
Nombre del método:			
Entidad:		País:	
Fecha de revisión:	Día:	Mes:	Año:
Persona que hace la revisión:			
Ubicación del archivo o documento:			
Características de la información encontrada en el documento o archivo			
Objetivo del método:			
Enfoque del método:			
Describa brevemente el contenido relevante qué encontró en el archivo o documento			

¿A qué tipo de industria va dirigida la información encontrada en el archivo o documento			
Marque con una X la categoría con la cual se relaciona el archivo o documento			
Aplicatividad:		Metodología:	
Describa los hallazgos relevantes con relación a la categoría con la cual se relaciona el archivo o documento			
Establezca algunas condiciones relacionando los hallazgos del archivo o documento con las categorías de análisis de la investigación			
¿Qué aportes deja este documento o archivo para la investigación?			