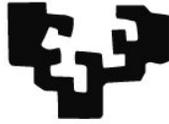


eman ta zabal zazu



Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea

TESIS DOCTORAL

**EXPOSICIÓN A SÍLICE CRISTALINA EN UNA EXPLOTACIÓN FERROVIARIA:
LA GESTIÓN COMO MÉTODO DE INTERVENCIÓN SANITARIA.**

Bilbao, mayo 2023.

Doctorando: Iñigo Apellaniz González.

Directora: Natalia Burgos Alonso.

Memoria presentada para optar al título de Doctor por la UPV/EHU.

Título de la tesis:

EXPOSICIÓN A SÍLICE CRISTALINA EN UNA EXPLOTACIÓN FERROVIARIA: LA GESTIÓN COMO MÉTODO DE INTERVENCIÓN SANITARIA.

Nombre y apellidos del doctorando: Iñigo Apellaniz González.

Lugar de presentación: UPV/EHU.

Lugar de Investigación: Metro Bilbao S.A.

Directora: Natalia Burgos Alonso.

Título al que opta: Doctor en Medicina

Iñigo Apellaniz González.

2023.

i.apellaniz@ehu.eus

AGRADECIMIENTOS.

Sirvan estas palabras para agradecer a quienes me han guiado y acompañado en la redacción de esta tesis.

Gracias en primer lugar a la profesora Natalia Burgos, directora de esta tesis, quien continuó el trabajo del profesor Villate, felizmente jubilado.

Gracias al profesor Alfonso Apellaniz, por todas las indicaciones recibidas.

Gracias al profesor Jose María Rojo, por sus siempre oportunos consejos.

Gracias a Rosa Fernández-Villa e Iñigo Ortuondo, Directores de Metro Bilbao y a todos mis compañeros y compañeras que han participado en la gestión del riesgo expuesto.

Gracias a toda la plantilla del Servicio de Prevención propio de Metro Bilbao.

Gracias a los delegados y delegadas de prevención de Metro Bilbao.

Gracias a mi familia: Gotzone, Inaxio, Telmo y Koro, por dejarme dedicar a este trabajo muchas de las horas que debía haber pasado con ellos.

Y tres recuerdos especiales, a Pedro, José Luis y Ana, compañeros y amigos que no podrán leer esta tesis. Estáis y estaréis siempre en mi recuerdo.

RESUMEN.

Palabras clave: Sílice cristalina, cáncer de pulmón, silicosis, ferrocarril.

INTRODUCCIÓN:

La sílice cristalina es un agente químico evaluado como carcinogénico por la International Agency for Research on Cancer (IARC). Por ello, la legislación vinculada a la prevención de su exposición ha ido evolucionando rápidamente hasta la publicación del Real Decreto 427/2021, de 15 de junio, por el que se modifica el Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los y las trabajadores y trabajadoras contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.

OBJETIVO GENERAL:

Evaluar el riesgo de exposición de polvo respirable de sílice cristalina en los trabajos ferroviarios en un metro y proponer un programa de gestión conducente al control de dicho riesgo, su minimización y propuesta de sustitución.

MATERIAL Y MÉTODOS:

Se ha llevado a cabo la evaluación de riesgo por exposición a sílice cristalina a la plantilla de Metro Bilbao. Dispone de material para la realización de las mediciones de la sílice cristalina respirable y medios técnicos para realizar las pruebas médicas complementarias y la interpretación de sus resultados, así como para valorar los posibles sustitutos.

Tras la correspondiente revisión bibliográfica y el informe preceptivo del comité de ética de la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibersitatea (UPV/EHU), informe favorable 17/12/2020, acta 132/20, se ha realizado la vigilancia individual y colectiva de la plantilla de Metro Bilbao mediante su análisis epidemiológico, estudiando la patología asociada al riesgo.

RESULTADOS:

No se ha encontrado ninguna patología asociada a la posible exposición, ni mayor incidencia de cáncer de pulmón, ni alteraciones en las espirometrías. En febrero de 2022 se ha sustituido la sílice cristalina por silicato de calcio eliminando con ello el riesgo carcinogénico, siendo un producto que reúne todas las características requeridas por la seguridad en la circulación ferroviaria.

CONCLUSIONES:

La exposición a sílice cristalina era posible en Metro Bilbao, fundamentalmente en talleres y en especial en los puestos de trabajo que manipulaban la arena. En el resto de puestos de talleres o línea, la exposición podía ser esporádica.

La sustitución del producto tóxico siempre es la solución recomendable. Sin embargo, cuando un cancerígeno es ubicuo, y cuando su nivel de detección y cuantificación son muy bajos, la gestión del mismo se ve complicada. La latencia de las patologías descritas nos obliga a continuar con la observación.

LABURPENA.

Hitz gakoak: Silize kristalinoa, biriketako minbizia, silikosisa, trenbidea.

SARRERA:

Silize kristalinoa agente kimiko bat da eta International Agency for Research on Cancer-ek (IARC) kartzinogeniko gisa ebaluatzen du. Hori dela eta, laneko arriskuen prebentzioari lotutako legeria azkar aldatzen joan da ekainaren 15eko 427/2021 Errege Dekretua argitaratu arte. Errege Dekretu horrek maiatzaren 12ko 665/1997 Errege Dekretua aldatzen du, lanean agente kancerigenoen eraginpean egotearekin lotutako arriskuetatik langileak babesteari buruzkoa.

HELBURU OROKORRA:

Metro bateko tren-lanetan silize kristalinoa hauts arnasgarriaren esposizio-arriskua ebaluatzea, eta arrisku hori kontrolatzeko, gutxietzeko eta ordezkatzeko proposamena egiteko kudeaketa-programa bat proposatzea.

MATERIAL ETA METODOAK:

Metro Bilbaoko prebentzio-zerbitzu propioak bere langileen silize kristalinarekiko esposizioagatiko arriskuaren ebaluazioa egiten du. Neurketak egiteko eta silize kristalino arnasgarriaren ordezkotza aukerak baloratzeko materiala eta proba mediko osagarriak egiteko eta emaitzak interpretatzeko baliabide tekniko propioak ditu Zerbitzuak.

Dagokion berrikuspen bibliografikoa eta Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitateko (UPV/EHU) etika-batzordearen nahitaezko txostena egin ondoren, Metro Bilbaoko plantillaren zaintza indibiduala eta kolektiboa egin da azterketa epidemiologikoaren bidez, arriskuari lotutako patologia aztertuz.

EMAITZAK:

Ez da aurkitu esposizio posibleari lotutako patologiarik, ez biriketako minbiziaren intzidentzia handiagorik, ez espirometriaren alteraziorik. 2022ko otsailean, silize kristalinoaren ordezkotza kaltzio silikatoa jarri da, trenbideko zirkulazioaren segurtasunak eskatzen dituen ezaugarri guztiak betetzen dituen produktua izanik aldi berean arrisku kartzinogenikoa ezabatzen ditugularik.

ONDORIOAK:

Silize kristalinoarekiko esposizioa intentsitate txikikoa da. Produktu toxikoa ordezkatzeari beti da konponbide gomendagarria. Hala ere, kancerigeno bat nonahikoa denean, eta haren detekzio-eta kuantifikazio-maila oso txikia denean, kudeaketa zaila izaten da. Deskribatutako patologien latentziak behaketarekin jarraitzea behartzen gaitu.

SUMMARY / ABSTRACT.

Key words: Crystalline silica, lung cancer. silicosis, railroads

INTRODUCTION:

Crystalline silica is a chemical agent evaluated as carcinogenic by the International Agency for Research on Cancer (IARC). Therefore, the legislation linked to the prevention of their exposure has evolved rapidly until the publication of Royal Decree 427/2021, of June 15, which modifies Royal Decree 665/1997, of May 12, on the protection of workers against risks related to exposure to carcinogens at work.

OBJECTIVES:

Evaluate the risk of exposure of respirable crystalline silica dust in underground railway works and propose a management program conducive to the control of this risk, its minimization and substitution proposal.

MATERIAL AND METHODOLOGY:

The risk assessment for exposure to crystalline silica has been carried out on Metro Bilbao's staff. It has its own material for carrying out measurements of respirable crystalline silica and technical means to carry out complementary medical tests and the interpretation of their results, as well as to assess possible substitutes.

Following the corresponding literature review and the mandatory report of the ethics committee of the University of the Basque Country/Euskal Herriko Unibersitatea (UPV/EHU), individual and collective surveillance of Metro Bilbao staff has been carried out through epidemiological analysis, studying the pathology associated with risk.

RESULTS:

No pathology associated with possible exposure has been found, nor increased incidence of lung cancer, nor alterations in spirometry. In February 2022, crystalline silica was replaced by calcium silicate, product that meets all the characteristics required for safety in rail circulation thereby eliminating the carcinogenic risk.

CONCLUSIONS:

Exposure to crystalline silica was possible in Metro Bilbao, mainly in garages and especially in the workplaces that handled with sand. In the rest of the garages or line stalls, the exposure could be sporadic.

The substitution of the toxic product is always the recommended solution. However, when a carcinogen is ubiquitous, and when its level of detection and quantification are very low, its management is complicated. The latency of the pathologies described forces us to continue with the observation.

ÍNDICE GENERAL.	páginas
ABREVIATURAS.	9
GLOSARIO.	11
1.- INTRODUCCIÓN.	12
1.1.- CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LA SÍLICE CRISTALINA.	13
1.1.1.- VARIEDADES.	13
1.1.2.- COMPOSICIÓN.	13
1.1.3.- PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE INTERÉS PREVENTIVO.	14
1.2.- ASPECTOS INDUSTRIALES DE LA SÍLICE.	15
1.2.1.- UTILIZACIÓN INDUSTRIAL DE LA SÍLICE.	15
1.2.2.- UTILIZACIÓN DE LA SÍLICE EN EL MUNDO FERROVIARIO.	17
1.2.3.- PUESTOS DE TRABAJO.	18
1.3.- HIGIENE INDUSTRIAL DE LA SÍLICE CRISTALINA.	19
1.3.1.- EFECTOS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE.	19
1.3.2.- LÍMITES DE EXPOSICIÓN LABORAL.	19
1.4.- EFECTOS SOBRE LA SALUD DEL POLVO RESPIRABLE DE SÍLICE CRISTALINA.	20
1.4.1.- TOXICOCINÉTICA.	20
1.4.2.- TOXICIDAD.	20
1.5.- METRO BILBAO.	24
2.- OBJETIVOS.	27
2.1.- OBJETIVO GENERAL.	27
2.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	27
3.- SUJETOS, MATERIAL Y METODOLOGÍA.	28
3.1.- RECURSOS HUMANOS: ÁMBITO POBLACIONAL DEL ESTUDIO.	28
3.1.1.- PLANTILLA.	28
3.1.2.- SERVICIO DE PREVENCIÓN.	30
3.2.- MATERIAL.	30
3.3.- MÉTODO.	33
3.3.1.- MEDICIONES DE CONCENTRACIONES DE SÍLICE CRISTALINA.	33
3.3.2.- ANÁLISIS EPIDEMIOLÓGICO DE LA INCIDENCIA DE PATOLOGÍA ASOCIADA AL RIESGO.	33
3.3.3.- COMITÉ DE ÉTICA PARA LAS INVESTIGACIONES CON SERES HUMANOS DE LA UPV/EHU.	36
3.3.4.- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.	36
3.3.5.- HIGIENE INDUSTRIAL.	37
3.3.6.- SEGURIDAD.	37
3.3.7.- ERGONOMÍA Y PSICOSOCIOLOGÍA.	37
3.3.8.- SUSTITUCIÓN DE LA SÍLICE CRISTALINA.	37
4.- RESULTADOS.	42
4.1.- IDENTIFICAR Y EVALUAR EL RIESGO POR LA PRESENCIA DE SÍLICE CRISTALINA EN METRO BILBAO. DETERMINAR LOS PUESTOS DE TRABAJO QUE PRESENTAN UNA EXPOSICIÓN.	42
4.1.1.- PLAN DE HIGIENE GENERAL DE METRO BILBAO.	42
4.1.2.- MEDICIONES REALIZADAS EN TALLERES, VÍAS Y LÍNEA.	43
4.1.3.- EVALUACIÓN DE RIESGOS POR PUESTOS.	60
4.2.- PREVALENCIA DE PATOLOGÍA RELACIONADA CON LA SÍLICE CRISTALINA EN LA POBLACIÓN LABORAL DE METRO BILBAO.	95
4.2.1.- DATOS MÉDICOS: VIGILANCIA COLECTIVA.	95
4.2.2.- CÁNCER EN METRO BILBAO.	102

	páginas
4.3.- GESTIÓN INTEGRADA POR LA PRESENCIA DE SÍLICE CRISTALINA EN UN OPERADOR FERROVIARIO.	108
4.4.- PROPONER UN SUSTITUTO DE LA SÍLICE CRISTALINA EN UNA INSTALACIÓN FERROVIARIA.	115
4.4.1.- ESTABLECIMIENTO DE LOS CONDICIONANTES EXIGIBLES A LOS PRODUCTOS ALTERNATIVOS A LA ARENA DE SÍLICE.	118
4.4.2.- ESTUDIO PREVIO Y ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO DE PRODUCTOS CANDIDATOS EXISTENTES EN LA INDUSTRIA.	118
4.4.3.- ANÁLISIS TÉCNICOS DE CADA ALTERNATIVA.	119
4.4.4.- SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS TÉCNICAMENTE VIABLES Y VERIFICACIÓN DE RESULTADOS.	123
4.4.5.- RESISTIVIDAD ELÉCTRICA Y APARICIÓN DE FISURAS O INCLUSIONES EN RUEDA O CARRIL.	133
4.4.6- PRESTACIONES DE FRENO CON SILICATO DE CALCIO.	136
4.4.7.- IMPLANTACIÓN DEFINITIVA.	141
5.- DISCUSIÓN.	142
5.1.- PRESENCIA VERSUS EXPOSICIÓN.	142
5.2.- CASUÍSTICA EN EL TRANSPORTE.	144
5.3.- VIGILANCIA DE LA SALUD.	145
5.4.- SÍLICE Y EVALUACIÓN DE RIESGOS.	147
5.5.- SUSTITUCIÓN DE LA SÍLICE CRISTALINA.	148
5.6.- LIMITACIONES.	149
5.7.- FORTALEZAS.	150
6.- CONCLUSIONES.	151
7.- BIBLIOGRAFIA.	152
NORMATIVA.	160
TABLAS.	162
CONTENIDO USB ADJUNTA	172

ABREVIATURAS.

ANSES: Agencia Nacional Francesa de Seguridad Sanitaria, de Alimentación, de Medio Ambiente y del Trabajo.

APA: Asociación para la prevención de accidentes.

ATO: Automatic train operation.

ATP: Automatic train protection.

AR: Artritis reumatoide.

CAREX: Carcinogen exposure database.

CAS: Chemical abstracts service.

DRX: Difracción de rayos X.

DUE: Personal diplomado universitario en enfermería.

FEV₁: Volumen espiratorio forzado en el primer segundo.

FDS: Ficha de datos de seguridad.

FRX: Fluorescencia de rayos X.

FVC: Capacidad vital forzada.

HC: Historia clínica.

HSE: Health and safety executive.

HTA: Hipertensión arterial.

IARC: Agencia internacional para la investigación del cáncer.

ICDD: International centre for diffraction data.

INSST: Instituto nacional de seguridad y salud en el trabajo.

LC: Límite de cuantificación.

LD: Límite de detección.

LEP: Límites de exposición profesional para agentes químicos.

MB: Metro Bilbao.

mPmB: Valoración sustancias muy persistentes y muy bioacumulables.

MTE: Maquinista de tracción eléctrica.

NIOSH: National institute for occupational safety and health.

OAC: Oficina de atención al cliente.

OIT: Organización Internacional del Trabajo.

OSHA: Occupational safety and health administration.

PBT: Valoración sustancias persistentes, bioacumulables y tóxicas.

PMN: Personal mecánico neumático.

PMC: Puesto de mando centralizado.

PNEOF: Partículas no especificadas de otra forma.

RD: Real Decreto.

REACH: Registro, evaluación, autorización y restricción de sustancias y mezclas.

SC: Sílice cristalina.

SCA: Silicato de calcio.

SCR: Sílice cristalina respirable.

SPA: Servicio de prevención ajeno.

SPP: Servicio de prevención propio.

SPVE: Personal Supervisor de estación.

SST: Seguridad y salud en el trabajo.

TACAR: Tomografía axial computerizada de alta resolución.

TSPRL: Personal técnico superior en riesgos laborales.

TED: Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico.

UBS: Unidad básica sanitaria.

UE: Unión europea.

UT: Unidad de tren.

VMB: Vibraciones mano-brazo.

VLA: Valor límite ambiental.

GLOSARIO.

SEGURIDAD Y SALUD LABORAL.

La seguridad y salud laboral se ha definido como la ciencia de la anticipación, reconocimiento, evaluación y control de los riesgos que surgen en, o desde, el lugar de trabajo que podrían perjudicar la salud y el bienestar de los y las trabajadores y trabajadoras, teniendo en cuenta el posible impacto en las comunidades circundantes y el entorno en general (1). La seguridad y salud laboral debe ser transversal en todos los niveles de una organización, multidisciplinar, y debe de estar presente en todas sus actividades, procesos e instalaciones.

MEDICINA DEL TRABAJO.

El Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST) nos indica que la Medicina del Trabajo, es la única especialidad médica que interpreta y busca las causas de la enfermedad en el entorno laboral en el que se produce. La Medicina del Trabajo desarrolla una serie de actividades propias dirigidas a la protección y mejora de la salud del personal trabajador en un contexto de relación, interacción y complementariedad multidisciplinar con el resto de disciplinas preventivas. Estas actividades vienen reguladas en distintas disposiciones como la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de riesgos laborales, el Real Decreto (RD) 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención y RD 843/2011, de 17 de junio, por el que se establecen los criterios básicos sobre la organización de recursos para desarrollar la actividad sanitaria de los servicios de prevención.

VIGILANCIA DE LA SALUD.

El Ministerio de Salud y Consumo indica que el término «vigilancia de la salud de los y las trabajadores y trabajadoras» engloba una serie de actividades, referidas tanto a personas individuales como a colectividades y orientadas a la prevención de los riesgos laborales, cuyos objetivos generales tienen que ver con la identificación de problemas de salud y la evaluación de intervenciones preventivas (2). La vigilancia de la salud, aunque es una actividad propia del ámbito de la Medicina del Trabajo, supone una relación de interacción y complementariedad multidisciplinar con el resto de integrantes del Servicio de Prevención. Necesita nutrirse de informaciones producidas por otro personal especialista y aporta, a su vez, los resultados de su actividad específica al ámbito interdisciplinar de la evaluación de riesgos y la planificación de la prevención. Se trata de una actividad para la que debe ser de aplicación el párrafo segundo del art. 15.2 del Reglamento de los Servicios de Prevención relativo a coordinación interdisciplinar (3).

EXAMEN DE SALUD.

Los exámenes de salud son actos médicos compuestos por una anamnesis clínica y laboral, exámenes físicos y otras pruebas que realiza el personal sanitario de salud laboral a cada trabajador o trabajadora en el contexto de las actividades de vigilancia de la salud con el propósito de establecer una posible relación entre su salud y sus condiciones de trabajo.

VALORACIÓN DE LA APTITUD PARA TRABAJAR.

Dicha valoración se define como la evaluación de la capacidad psicofísica de la persona para realizar su trabajo sin riesgo para su propia salud o la de terceros (4).

1.- INTRODUCCIÓN.

La sílice cristalina (SC) está presente en el mundo ferroviario fundamentalmente en ciertas Unidades de Tren (UT) y maquinaria auxiliar, utilizándose en sus sistemas de tracción o frenado de emergencia y en el balasto de la traza ferroviaria. Sin embargo, cuando se hace una revisión bibliográfica para comprobar el posible efecto nocivo de la SC en las plantillas de las diferentes explotaciones ferroviarias no se encuentran estudios consistentes al respecto más allá del efecto descrito en el personal que participa en la construcción original de las infraestructuras ferroviarias (en túneles, especialmente) (5,6). Por ello, este trabajo se centra en analizar la problemática que para el sector ferroviario supone aplicar las recientes normativas sobre sílice cristalina respirable (SCR), así como los posibles cambios estructurales y técnicos necesarios.

La sílice o dióxido de silicio, es un mineral que se puede encontrar libre en la naturaleza y que también puede formar parte de un gran número de rocas como granitos, pizarras, arenas y otros muchos minerales, o presentarse acompañando a diversos materiales de extracción como es el caso de la minería del carbón o de distintas explotaciones a cielo abierto. Se trata de un material muy extendido que se comercializa, pero no se fabrica, y cuyo principal riesgo es el efecto tóxico que la inhalación de su forma cristalina respirable puede causar en nuestros pulmones.

La preocupación que sus efectos perjudiciales generan para la salud se encuentra ratificada por diferentes normativas, como son, entre otras, la Directiva de la Unión Europea (UE) 2017/2398 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de diciembre de 2017, por la que se modifica la Directiva 2004/37/CE relativa a la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes carcinógenos o mutágenos durante el trabajo; el RD 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo (que traspone dicha directiva) y sus actualizaciones, RD 1154/2020, de 22 de diciembre y RD 427/2021, de 15 de junio; o el RD 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.

La IARC concluyó en 1997, basándose en los estudios realizados y en las evidencias recogidas, que la SCR inhalada en entornos laborales es cancerígena para los humanos (7). Sus monografías posteriores han ido corroborando que el polvo respirable de SC produce, tanto por los polimorfos de cuarzo como de cristobalita, cáncer de pulmón. El RD 257/2018, de 4 de mayo, por el que se modifica el RD 1299/2006, de 10 de noviembre, incluye la SCR en el cuadro de enfermedades profesionales en el Sistema de la Seguridad Social (Grupo 6, Agente R, Subagente 01; esto es, enfermedades profesionales causadas por agentes carcinógenos, polvo de sílice libre, cáncer de pulmón). Sin embargo, dicho cuadro no incluye ninguna tarea vinculada al mundo ferroviario entre las principales actividades capaces de producirla.

El polvo de sílice libre ya estaba recogido previamente en el Grupo 4, Agente A, del listado de enfermedades profesionales del RD 1299/2006, Subagente 01 Silicosis con lo que ello suponía en el ámbito preventivo y médico.

Por tanto, parece que nos encontramos ante un marco legislativo pensado, principalmente, para su aplicación en trabajos donde ya es habitual y reconocida la presencia de SCR, como pueden ser trabajos en minas, túneles, canteras, galerías, tallado, trituraciones, trabajo con vidrio, porcelanas, abrasivos, moldes o limpieza con chorros de arena, entre otros, no así para el mundo ferroviario.

1.1.- CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LA SÍLICE CRISTALINA.

1.1.1.- VARIEDADES.

Cuarzo, Sílice, Arena de Cuarzo, Cuarcita, Dióxido de Silicio, Cristobalita, Tridimita, estructuralmente en tipos alfa o beta.

En inglés: Cristobalite, Granite, Granite dust, Granite ground, Sand, Sandstone, Sandstone dust, Silica, Silica sand, powder Silica, dust Silica, fiber Silica, gravel Silica, powder Tridymite, Volcanic ash, Quartz, Quartz dust, Tripoli, Tripoli dust, Tripoli powder, (8).

Imagen 1: Muestra de arena de sílice. (Gaiker). Macroscopía.



1.1.2.- COMPOSICIÓN.

“Sílice” es el nombre por el que se conoce habitualmente al dióxido de silicio, sólido muy presente en la corteza terrestre. La sílice puede estar en forma amorfa u ordenada, espacialmente, en una red tridimensional, es decir, cristalizada. La sílice, SiO_2 , es un mineral que se puede encontrar libre en la naturaleza y que también puede formar parte, entre otras, de un gran número de rocas como granitos, pizarras, arenas, o presentarse acompañando a diversos materiales de extracción como es el caso de la minería del carbón o de distintas explotaciones a cielo abierto. Se trata de un material muy extendido que se comercializa, pero no se fabrica (9).

Tabla 1: Porcentajes de Sílice libre cristalina, variable, adaptado del publicado por el HSE: Health and Safety Executive (10).

Fuentes minerales	% Sílice libre cristalina
Arcilla plástica	5-50%
Basalto	Hasta 5%
Diatomea natural	5-30%
Dolerita	Hasta 15%
Silex	Superior 90%
Granito	Hasta 30%
Gravilla	Superior al 80%
Minerales de hierro	7-15%
Piedra caliza	Inferior al 1%
Mármol	Hasta 5%
Cuarcita	Superior 95%
Arena	Superior 90%
Arenisca	Superior 90%
Esquisto	40-60%
Pizarra	Hasta 40%

A temperaturas superiores a los 800 °C pasa a la forma de SC conocida como Tridimita y, si se calienta, a más de 1400 °C a la fase Cristobalita. Estas dos variedades no son abundantes en la naturaleza, pero sí las podemos encontrar en rocas ígneas y en actividades laborales donde se trabaje a altas temperaturas, como es el caso de las fundiciones, y por tanto puedan cambiar de fase.

Figura 1: Diagrama de fases (11).

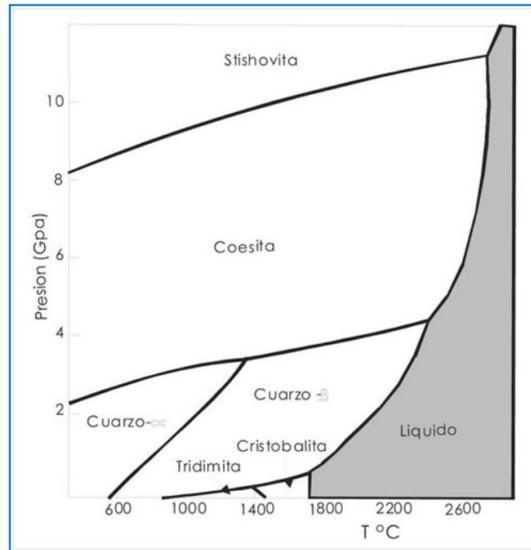
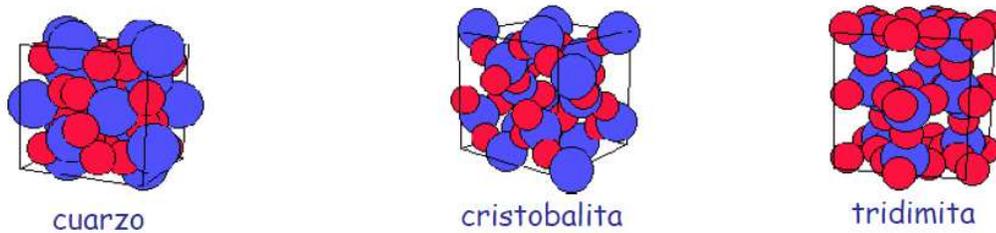


Figura 2: Diagrama de fases (12).



La SCR se refiere al dióxido de silicio cristalizado cuya distribución de tamaños de partícula es tal que es capaz de alcanzar y depositarse en las vías respiratorias no ciliadas (alveolos pulmonares).

1.1.3.- PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE INTERÉS PREVENTIVO.

Las principales propiedades físico-químicas de interés preventivo para este trabajo, que se extraen de las fichas de seguridad, son las siguientes:

Aspecto: sólido.

Forma del grano: angulada.

Color: grisáceo/blanco.

Olor: inodoro.

Umbral olfativo: irrelevante.

Punto de fusión: 1610°C.

Densidad relativa: 2,65 g/cm³.

Solubilidad en agua: insoluble.

Solubilidad en ácido fluorhídrico: sí.

Reactividad: inerte, no reactivo.

Estabilidad química: químicamente estable.

Posibilidad de reacciones peligrosas: ausencia de reacciones peligrosas.

Materiales incompatibles: sin incompatibilidades específicas.

Productos de descomposición peligrosos: irrelevante.

1.2.- ASPECTOS INDUSTRIALES DE LA SÍLICE.

1.2.1.- UTILIZACIÓN INDUSTRIAL.

El uso de la sílice y sus efectos secundarios han ido paralelos al devenir de la humanidad. Su exposición ha sido muy frecuente en diferentes actividades, constructivas o de manufactura.

No retrocediendo mucho en el tiempo, el RD 1995/1978, de 12 de mayo, por el que se aprobaba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social, ya recogía las enfermedades profesionales provocadas por la inhalación de sustancias y agentes no comprendidas en otros apartados, como la neumoconiosis, la silicosis, asociada o no a tuberculosis pulmonar. El listado de actividades era el siguiente:

Trabajos expuestos a la inhalación de polvo de sílice libre, y especialmente:

Trabajos en minas, túneles, canteras, galerías.

Tallado y pulido de rocas silíceas, trabajos de canterías.

Trabajos en seco, de trituración, tamizado y manipulación de minerales o rocas.

Fabricación de carborundo, vidrio, porcelana, loza y otros productos cerámicos, fabricación y conservación de los ladrillos refractarios a base de sílice.

Fabricación y manutención de abrasivos y de polvos detergentes.

Trabajos de desmoldeo, desbardado y desarenado en las fundiciones.

Trabajos con muelas (pulido, afinado) que contengan sílice libre.

Trabajos en chorro de arena y esmeril.

El RD 257/2018, de 4 de mayo que modifica el RD 1299/2006, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social y se establecen criterios para su notificación y registro, actualiza el Anexo 1, y añade un nuevo agente R, polvo de sílice libre, subagente 01, cáncer de pulmón.

Tabla 2: En el anexo 1, cuadro de enfermedades profesionales (codificación), grupo 6, enfermedades profesionales causadas por agentes carcinógenos, del Real Decreto 1299/2006, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social y se establecen criterios para su notificación y registro, se añade un nuevo agente R, polvo de sílice libre, subagente 01, cáncer de pulmón, con el siguiente contenido:

Grupo	Agente	Subagente	Actividad	Código	Enfermedades profesionales con la relación de las principales actividades capaces de producirlas
6					Enfermedades profesionales causadas por agentes carcinógenos.
	R				Polvo de sílice libre.
		01			Cáncer de pulmón.
			01	6R0101	Trabajos en minas, túneles, canteras, galerías, obras públicas.
			02	6R0102	Tallado y pulido de rocas silíceas, trabajos de canterías.
			03	6R0103	Trabajo en seco, de trituración, tamizado y manipulación de minerales o rocas.
			04	6R0104	Fabricación de carborundo, vidrio, porcelana, loza y otros productos cerámicos, fabricación y conservación de los ladrillos refractarios a base de sílice.
			04	6R0105	Fabricación y manutención de abrasivos y de polvos detergentes.
			06	6R0106	Trabajos de desmoldeo, desbardado y desarenado de las fundiciones.
			07	6R0107	Trabajos con muelas (pulido, afinado) que contengan sílice libre.
			08	6R0108	Trabajos en chorro de arena y esmeril.
			09	6R0109	Industria cerámica.
			10	6R0110	Industria siderometalúrgica.
			11	6R0111	Fabricación de refractarios.
			12	6R0112	Fabricación de abrasivos.
			13	6R0113	Industria del papel.
			14	6R0114	Fabricación de pinturas, plásticos y gomas.

En dicha tabla quedan reflejadas las principales actividades capaces de producir dichas enfermedades. Cabe destacar la no inclusión del transporte ferroviario o suburbano en la relación de las principales actividades capaces de producirlas. Sin embargo, el uso de la sílice está mucho más extendido. Es un listado abierto, no excluyendo otras posibles actividades que se puedan ir incorporando con el tiempo.

Cuando se describen las industrias no tradicionales donde se han diagnosticado casos de silicosis, no se incluyen ni reportan el transporte por ferrocarril ningún caso (13).

Tampoco se recoge el transporte por ferrocarril en un detallado estudio de 2021 sobre la remergencia de la silicosis como enfermedad profesional en España en el periodo 1990-2019 (14).

Por tanto, como hemos indicado anteriormente, parece que nos encontramos ante un marco legislativo pensado, principalmente, para su aplicación en trabajos donde ya es habitual y reconocida la presencia de SCR.

A pesar de ello, debemos esforzarnos en buscar soluciones técnicas que impidan cualquier tipo de exposición, no solo de nuestra plantilla, sino de las personas usuarias de las explotaciones ferroviarias y velar, cuando no sea posible su sustitución por otro material no peligroso, por una protección eficaz aplicando siempre el principio de cautela o de precaución, a la vez del de proporcionalidad.

En el sector del ferrocarril, el principal reto que surge como consecuencia de la publicación de la Directiva (UE) 2017/2398 y su trasposición en el RD 1154/2020, de 22 de diciembre, por el que se modifica el RD 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores

contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo, es cómo aplicar los preceptos de dicha normativa en nuestro ámbito.

Para responder a esta pregunta hay que entender por qué la SC está presente en este entorno laboral. Las ubicaciones y usos de la sílice en el mundo ferroviario son fundamentalmente dos: formando parte de los sistemas de tracción o frenado de emergencia de numerosas UT, sean estas de viajeros y viajeras o maquinaria pesada de mantenimiento de vía, y como parte del balasto.

1.2.2.- UTILIZACIÓN DE LA SÍLICE EN EL MUNDO FERROVIARIO.

.- SISTEMA DE FRENADO.

Las UT disponen de varios depósitos (Imagen 2) que, durante las frenadas de urgencia provocadas por diversas causas, vierten arena (dióxido de silicio cristalino), sobre el carril con el fin de aumentar la fricción y adherencia de la UT a la vía, acortando así la frenada. La activación del sistema puede derivarse de una actuación voluntaria del personal de conducción, accionando un pulsador ubicado en el pupitre de conducción, o de una acción automática al activarse el freno de emergencia o al detectar el equipo de tracción un deslizamiento o patinaje de las ruedas. Otras máquinas auxiliares, por ejemplo, de mantenimiento de vía, pueden incorporar también este tipo de depósitos de arena sílicea en sus sistemas de frenado.

Imagen 2: Depósito de sílice cristalina de una unidad de tren de Metro Bilbao donde se observa la boquilla para verter la arena de sílice a la vía.



.- BALASTO.

El balasto es un material procedente de la trituración de rocas, generalmente de un tipo de rocas ígneas denominadas ofitas. Se utiliza para el asentamiento de la vía (Imagen 3), aunque su uso está siendo desplazado por las vías en placa. En función del origen, el porcentaje de SC en el balasto puede ser variable. Los procesos de carga y descarga de este material y del bateo (nivelación y alineamiento) de la vía en los procesos de mantenimiento generan nubes de polvo que pueden contener SCR.

Dentro de los factores de riesgo de exposición a agentes químicos, por vía inhalatoria, en las operaciones de mantenimiento de las infraestructuras ferroviarias, queda recogido el riesgo

de exposición a aerosoles debido a la presencia de partículas suspendidas de polvo de SC durante la manipulación, carga y descarga de balastos (15).

Imagen 3: Balasto utilizado en determinados tramos de la línea ferroviaria operada por Metro Bilbao.



1.2.3.- PUESTOS DE TRABAJO.

El cuarzo, como la variedad de SC más usada y abundante en la naturaleza, es el elemento común presente en diferentes actividades laborales cuyas plantillas son susceptibles de estar expuestas a polvo de sílice. En el periodo comprendido entre 1990 y 1993, Carex (Carcinogen Exposure) estimó que eran unos 600.000 el personal trabajador expuesto a SC en Gran Bretaña y más de 3 millones en Europa (16). En el mismo periodo en España había 404.700 personas trabajadoras expuestas, especialmente en el sector de la construcción (17).

Tabla 3: 1990-1993, Carex. 600.000 los trabajadores expuestos a sílice cristalina en Gran Bretaña (16).

Industria	Número de trabajadores expuestos a SC en Gran Bretaña
Construcción	449930
Manufactura con otros productos minerales no metálicos	24406
Manufactura de cerámica	21769
Manufactura mecánica no eléctrica	16253
Minería	16240
Manufactura de producción de compuestos metálicos, no mecánicos o eléctricos	8002
Manufactura del vidrio	6932
Manufactura de equipos de transporte	6420
Manufactura de otros productos químicos	5662
Transporte público ¹	5123
Empresas básicas de hierro y acero	3853
Electricidad y gas	3382
Industria básica de metales no férricos	2406

¹ Destaca por ser el único estudio encontrado o registro que indica la exposición específica a SC en el sector del transporte.

La encuesta SUMER (surveillance médicale des risques) realizada en Francia en 1987 y 1994, por especialistas en medicina del trabajo, indicaba que aproximadamente 250.000 asalariados y asalariadas estaban trabajando bajo una exposición a la SC (18).

Más reciente, un estudio indicaba que el 1-2% del personal trabajador de Estados Unidos (unos dos millones en 2013) estaban expuestos a SC, sobre todo en el mundo de la construcción, la demolición, y la construcción de carreteras y túneles (19).

Similares cifras fueron recogidas en 2019, siendo 2 millones el personal trabajador expuesto a la SC en Estados Unidos, 11,5 millones en India, y millones en China, Turquía, Australia y en el resto del mundo (20).

1.3.- HIGIENE INDUSTRIAL DE LA SÍLICE CRISTALINA.

1.3.1.- EFECTOS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE.

Al tratarse de un mineral que supone cerca del 12% de la corteza terrestre, no se han descrito perjuicios o efectos adversos sobre el medio ambiente.

La Tabla 4 recoge los datos de seguridad que sobre la SC pueden encontrarse en la Ficha de Datos de Seguridad (FDS) que, al respecto, cumplen los reglamentos de la UE.

Tabla 4: Ficha de datos de seguridad de conformidad con el Reglamento REACH (CE) 1907/2006, el Reglamento CLP (CE) 1272/2008 y el Reglamento (CE) 453/2010, 2015.

Toxicidad: irrelevante.

Persistencia y degradabilidad: irrelevante.

Potencial de Bioacumulación: irrelevante

Movilidad en el suelo: despreciable.

Resultados de la valoración PBT y mPmB¹: irrelevante.

Otros efectos adversos: no se conocen efectos negativos.

¹ Sustancias persistentes, bioacumulables y tóxicas (PBT) o muy persistentes y muy bioacumulables (mPmB).

1.3.2.- LIMITES DE EXPOSICIÓN LABORAL.

En el ámbito de la UE se han fijado, mediante las correspondientes directivas, criterios de carácter general sobre las actuaciones, en materia de seguridad y salud, a llevar a cabo en los centros de trabajo, así como criterios específicos referidos a medidas de protección frente a accidentes, enfermedades y otras situaciones de riesgo previsible. Concretamente, la Directiva 90/394/CEE, de 28 de junio, relativa a la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo, establece las disposiciones específicas mínimas en este ámbito.

En junio de 2018, la Occupational Safety and Health Administration (OSHA), estableció un nuevo valor límite de exposición ambiental para la SCR descendiendo su umbral (entendido como valor medio ponderado en un periodo de ocho horas diarias) de 100 µg/m³ a 50 µg/m³ (21).

En España, el valor límite de la fracción respirable (VLA-ED) se mantuvo en 0,1 mg/m³ hasta el 31 de diciembre de 2021 y, a partir de ese momento, es de aplicación un VLA-ED = 0,05 mg/m³, como se recoge en el RD 1154/2020, de 22 de diciembre, y RD 427/2021, de 15 de junio, por los que se modifica el RD 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.

Se debe recordar el RD 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo, considerando la SCR un agente químico peligroso al disponer del VLA antes citado.

Sigue la SC sin estar registrada en ninguna de sus formas en el Reglamento (CE) n°1907/2006 llamado Reglamento REACH, Reglamento de registro, evaluación, autorización y restricción de sustancias químicas.

Igualmente, en otros ámbitos, la Orden del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, TED/723/2021, de 1 de julio, por la que se aprueba la Instrucción Técnica

Complementaria 02.0.02 "Protección de los trabajadores contra el riesgo por inhalación de polvo y SC respirables", del Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera, recoge que la concentración ambiental de sílice libre contenida en la fracción respirable de polvo no será superior a 0,05 mg/m³, independientemente de la variedad cristalina presente.

1.4.- EFECTOS SOBRE LA SALUD DEL POLVO RESPIRABLE DE SÍLICE CRISTALINA.

El impacto del polvo de sílice en la función respiratoria ya fue observado por Hipócrates en el 430 A.C. En 1713 Ramazzini describió los nódulos silicóticos post-mortem en canteros que presentaron síntomas respiratorios (22).

En torno a la Primera Guerra Mundial existía un amplio consenso médico sobre el papel preeminente del polvo de sílice como causante de enfermedad pulmonar. La celebración en Lyon, en 1929, de la IV Reunión de Enfermedades Profesionales de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) y la de las dos conferencias internacionales de silicosis, en Johannesburgo y en Ginebra, en 1930 y 1938, respectivamente, marcaron el pleno reconocimiento internacional del problema. Ello tuvo su correlato en la consideración de la silicosis como una enfermedad indemnizable y su incorporación progresiva a la legislación compensadora de los países occidentales, a partir de su reconocimiento en Sudáfrica en 1912 (23).

1.4.1.- TOXICOCINETICA.

La principal vía de entrada para el personal trabajador es la respiratoria. Tras la inhalación, se genera una fagocitosis de la SC en el pulmón generando una lesión lisosomal, activando el NALP3 inflamasoma y provocando una inflamación en cascada con la consiguiente fibrosis. (13).

Destacar el papel de la proteína STING, en inglés, Stimulator of Interferon Genes, para que la sílice produzca la inflamación pulmonar y la muerte celular (24).

Se genera una fibrosis resultante destacando el papel de diferentes ligandos como la fibronectina, la vitronectina, la nefronectina, el colágeno y la laminina (25).

1.4.2.- TOXICIDAD.

a) Intoxicación aguda.

Irritación ocular. Estas son las recomendaciones universales propuestas ante una exposición a nube de polvo.

Contacto con los ojos.

Enjuáguelos con abundante agua y acuda al médico si persiste la irritación.

Inhalación.

Se recomienda que el individuo expuesto salga de la zona para respirar aire fresco.

Ingestión.

No es necesaria ninguna medida de primeros auxilios.

Contacto con la piel.

No es necesaria ninguna medida específica de primeros auxilios.

Principales síntomas y efectos, agudos y retardados.

No se han observado síntomas ni efectos agudos o retardados.

Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse de inmediato.

No se requieren acciones específicas.

b) Intoxicación crónica.

Es la intoxicación crónica el verdadero problema. Varias son las posibles patologías resultantes, pero sin duda, todas ellas encabezadas por el cáncer broncopulmonar.

.- Cáncer.

Broncopulmonar.

La IARC concluyó en 1997, basándose en la bibliografía especializada, que el polvo de SCR inhalado en entornos laborales es cancerígeno (9). Sus monografías posteriores han confirmado que la SC, en forma de cuarzo y cristobalita, produce cáncer de pulmón en humanos. Dicha conclusión fue corroborada por el Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH, en 2002 (26,27).

A partir de estas fechas, diferentes autores discutieron sobre la carcinogenicidad de la SC y sobre las diferentes circunstancias industriales estudiadas (28,29,30,31,32), así como la afección de diferentes factores externos que interrelacionasen de manera diferente a la actividad celular, incluyendo varias revisiones de estudios realizados (33,34,35,36).

Dos estudios incluyeron especialmente el tabaquismo en la ecuación (35,37), donde se recuerda la necesidad de llevar a cabo nuevas investigaciones para poder comprender si el efecto del tabaquismo es aditivo, multiplicativo (como se ha demostrado en el caso del Amianto) o sí, por contra, el actual descenso del hábito tabáquico puede ser suficiente explicación para entender el descenso del riesgo de cáncer de pulmón en determinadas actividades con, tradicionalmente, altas exposiciones a SC. Lo que sí se concluye es la importancia de llevar a cabo campañas antitabáquicas en todos los lugares de trabajo y, en especial, en aquellos donde sea posible la presencia de SC (38).

Más recientemente, se está hablando, incluso, de nanosílice, es decir, partículas nanométricas de SC (inferiores a 100 nm) como posibles causantes, también, de inflamación y citotoxicidad (39).

Por ello tiene sentido pensar qué, como indicó en 2003 el HSE, reduciendo la exposición a SC, reducimos, asimismo, el riesgo de padecer cáncer de pulmón de origen laboral. En este sentido, controlar la exposición laboral para evitar la aparición de la silicosis, u otras enfermedades pulmonares, también redundará en la reducción de posibles casos de cáncer de pulmón asociados a la SCR.

Otros.

No se ha encontrado una relación estadísticamente significativa entre exposición a SC y cáncer gástrico o de esófago (40), pero, en diciembre de 2014 un meta-análisis relacionó la exposición a SC con el aumento de casos de diferentes tipos de cánceres gástricos, en diferentes profesiones u empresas, no incluyendo explotaciones ferroviarias (41). Una revisión sistemática de la literatura científica encontró una asociación entre la SC y la silicosis con el cáncer de laringe (42).

.- Silicosis.

Esta patología se describe como una enfermedad respiratoria, fibrótica, progresiva y prevenible causada por la inhalación y deposición de partículas menores de 10 µm de diámetro. La SCR es

la mejor estudiada, la más perjudicial, superando a la sílice amorfa (13,43). De hecho, la sílice amorfa continúa considerándose en los Límites de Exposición Profesional (LEP), como partículas no especificadas de otra forma (PNEOF), cuyos valores límite de exposición diaria son 10 mg/m³ y 3 mg/m³ para las fracciones inhalable y respirable, respectivamente (44).

La silicosis es descrita también como una enfermedad intersticial difusa por inhalación mantenida de SCR (45).

La dosis acumulada por exposición a sílice (concentración de fracción respirable por tiempo de exposición) es el factor más importante en el desarrollo de la silicosis (46).

Son tres las formas descritas de silicosis en función de las características de la exposición (26, 47,48).

Silicosis crónica, tras 10 años o más bajo una exposición baja o moderada, con sintomatología muy variable, desde la silicosis crónica simple asintomática hasta la silicosis complicada, con disnea y/o tos. Ambas presentan manifestaciones radiológicas. Podrían derivar en insuficiencia respiratoria y Cor Pulmonale crónico. El proceso de progresión desde la silicosis simple a complicada es consecuencia de una compleja interacción entre la intensidad y la duración de la exposición y susceptibilidad genética del sujeto (46,49).

Silicosis acelerada. Desarrollada en menos de 10 años bajo una exposición moderada o alta. Entidad intermedia entre la forma aguda y la crónica que suele aparecer tras un periodo de 5 a 10 años de exposición y progresa hacia formas complicadas con mayor frecuencia y velocidad.

Silicosis aguda o silicoproteínosis, desarrollada en menos de 5 años, incluso semanas, bajo una muy alta exposición, incluso masivas. Se ha indicado su parecido a la proteínosis alveolar, con disnea, pérdida de peso y progresión hacia insuficiencia respiratoria (50).

Tabla 5: Tipos de silicosis, adaptada de Barnes H (13).

Tipos de silicosis	Duración de la exposición	Hallazgos radiológicos	Hallazgos clínicos
Crónica simple	>10 años	Nódulos irregulares < 1 cm +/- calcificados especialmente en lóbulos superiores	Asintomáticos Tos crónica Disnea obstructiva, restrictiva o mixta
Crónica complicada	>10 años	Masas o conglomerados >1cm hacia el hilio +/- calcificación +/- cavitación central. Fibrosis retículo nodular difusa Enfisema Engrosamiento pleural	Asintomáticos Tos crónica Disnea Pérdida de peso Insuficiencia respiratoria
Aguda o silicoproteínosis	< 5 años	Consolidación perihiliar bilateral Nódulos centrolobulares Opacidad en vidrio esmerilado. Proteínosis alveolar pulmonar y patrón en empedrado	Disnea Tos Pérdida de peso Insuficiencia respiratoria Disnea
Acelerada	2-10 años	Progresión rápida de nódulos y masas Fibrosis masiva progresiva.	Disnea Tos Insuficiencia respiratoria

.- Enfermedades inflamatorias sistémicas.

Son muchos los estudios que recogen la relación entre exposición a SC y la aparición de enfermedades autoinmunes.

Esclerodermia o esclerosis sistémica.

Desde Byron Bramwell en 1914, se ha estudiado la relación de la esclerodermia y determinadas enfermedades autoinmunes con la SC (51,52,53).

Se propone investigar la historia laboral de todo enfermo diagnosticado de esclerodermia preguntando directamente si hubo exposición a SC en el pasado, determinando una relación con la exposición y valorando su reconocimiento como enfermedad profesional (54,55,56).

En pacientes con esclerosis sistémica, la combinación entre linfadenopatía torácica, mediastínica o hilar en tomografía axial computerizada de alta resolución (TACAR) se asocia a una exposición a SC y significativamente, a una peor evolución de su enfermedad intersticial pulmonar (57).

Artritis reumatoide.

Se ha relacionado la exposición de SC con la aparición en personal trabajador de casos de artritis reumatoide (AR) (58).

Enfermedad de Wegener.

Se ha planteado la posible relación de la SC como inductor de la granulomatosis de Wegener, enfermedad rara de causa desconocida, caracterizada por una vascularidad granulomatosa que alcanza las vías respiratorias superiores y los pulmones asociada a una glomerulonefritis. (59).

La Guía de Ayuda para la Valoración de las Enfermedades Profesionales del INSS (Cuarta edición) indica que las enfermedades del colágeno se recogen en la literatura con una interrelación no bien precisada. Se muestran relación con Artritis Reumatoide (AR) o entre colagenosis y silicosis acelerada. La concurrencia con AR modifica la radiología tanto en neumoconiosis del carbón y silicosis. (Sd de Caplan). En determinadas sarcoidosis aparecen Granulomas no caseificantes en la biopsia. La sarcoidosis puede presentar un problema de diagnóstico diferencial con la silicosis. Se ha descrito un riesgo elevado de sarcoidosis entre las personas expuestas. Los granulomas sarcoideos encontrados constituyen según sus autores una nueva entidad que denominan silicosardoidosis (60).

En consecuencia, se recomienda el examen histológico exhaustivo en búsqueda de lesiones de silicosis en pacientes con exposición a sílice y diagnóstico de sarcoidosis pulmonar, lo que evitaría que una enfermedad profesional pueda pasar inadvertida (61).

Síndrome de Sjögren.

Se ha vinculado a la exposición de SC con la aparición de un Síndrome de Sjögren (62). Se añade esta patología a otras, como son el lupus eritematoso sistémico o la vasculitis (63).

.- Bronco neumopatía crónica.

Es la complicación más frecuente. La fibrosis masiva progresiva ocasiona bullas y distorsión del tejido pulmonar y pérdida de volumen en lóbulos superiores principalmente. En situaciones avanzadas insuficiencia respiratoria y Cor Pulmonale.

La inhalación crónica de la SCR genera disminución de la capacidad vital y total, y una reducción en la difusión, compatible con un patrón restrictivo. En otras personas presentan cuadros fundamentalmente obstructivos tipo EPOC con datos radiológicos de silicosis (64).

.- Neumonía intersticial crónica.

Se ha encontrado en pacientes un patrón radiológico de neumonía intersticial crónica, con patrón reticular, en vidrio esmerilado, en panal. Se propone hacer diagnóstico diferencial con la fibrosis pulmonar idiopática (65,66,67).

.- Pseudo placas pleurales.

Lesiones pleurales en reguero de cera. Localizadas en pleura visceral. Formadas por láminas de colágena y nódulos de silicosis (68).

.- Insuficiencia renal (Nefropatía).

Se ha relacionado una mala evolución de casos con insuficiencia renal crónica a un pasado de exposición a SC (69,70).

.- Infecciones.

Tuberculosis.

Si bien queda recogida en la bibliografía dicha relación (71,72,73), las condiciones laborales e higiénicas de los colectivos estudiados distan mucho de las encontradas en Europa, así como provienen de estudios de finales de los años 90, cuando la realidad de la tuberculosis era otra.

Infecciones pulmonares por micobacterias, hongos y bacterias asociadas normalmente a silicosis.

Si bien la mitad de las infecciones por micobacterias (silicotuberculosis) provienen de la M. tuberculosis, la otra mitad puede ser causada por otras micobacterias como la M. Kansasii o la M. Avium (74). Como complicación a una silicosis crónica, pueden aparecer infecciones por Nocardia asteroides y criptococo (75,76).

1.5.- METRO BILBAO.

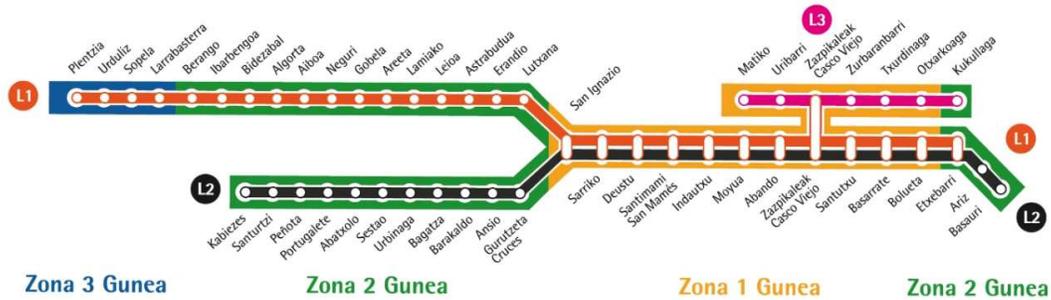
El 11 de noviembre de 1995 comenzó una nueva era en los transportes urbanos de Bilbao y su entorno con la puesta en marcha de la primera fase del ferrocarril metropolitano. Sin embargo, este nuevo medio de transporte recogía una larga tradición ferroviaria iniciada el 1 de julio de 1887, cuando circularon los primeros trenes de vapor entre la bilbaína estación de San Agustín y Areeta. La propia definición de algunos de los principales parámetros del actual Metro Bilbao (MB), como el ancho de vía, estuvo condicionada por las decisiones que tomaron quienes impulsaron la construcción del pequeño tren de Areeta (77).

La sociedad MB fue constituida el 1 de octubre de 1993 como sociedad anónima cuyo capital pertenece íntegramente al Consorcio de Transportes de Bizkaia, del cual forman parte el Gobierno Vasco, Diputación Foral de Bizkaia y los Ayuntamientos por los que discurre el trazado de MB (Barakaldo, Basauri, Bilbao, Getxo, Leioa, Portugalete, Santurtzi, Sestao, Erandio y Etxebarri). La mayor parte de los bienes que la sociedad utiliza en el desarrollo de su actividad son propiedad del Consorcio de Transportes de Bizkaia y no figuran en el activo del balance de situación de la empresa. MB realiza mejoras e inversiones complementarias sobre estos bienes.

Es la empresa operadora de la red de ferrocarril metropolitano del Gran Bilbao, un espacio extendido en ambas márgenes de la Ría, que concentra aproximadamente a un millón de habitantes.

La siguiente figura, muestra el trazado actual de MB.

Figura 3: Plano de Metro Bilbao, 2022.



El proyecto de la red de MB consta de dos líneas principales y un tramo común:

Línea 1: Plentzia – Basauri, de 31 kilómetros de longitud.

Línea 2: Kabezas – Basauri, de 22 kilómetros de longitud.

Tramo común San Inazio – Basauri, de 10,5 kilómetros.

Línea 3: Matiko-Kukulaga, de 5,8 kilómetros de longitud. Explotada por Euskotren.

El área metropolitana de Bilbao se ha desarrollado de forma lineal, teniendo como extremo superior las poblaciones de Basauri y Etxebarri, con un gran cuerpo central constituido por el municipio bilbaíno y dos largas extremidades que discurren por ambas márgenes de la ría. De este modo, el trazado definitivo del metro toma la representación gráfica de una “Y”.

El brazo derecho discurre por el mismo trazado del anterior ferrocarril de la margen derecha, hasta su finalización en Plentzia.

El brazo izquierdo recorre las localidades de la margen izquierda pasando, en trayecto subterráneo, por el centro de los principales núcleos de población.

MB transporta anualmente cerca de 90 millones de viajeros/as (año 2019) y realiza un recorrido anual de más de 4.500.000 kilómetros, lo que equivale a dar 100 veces la vuelta al perímetro terrestre. Estos volúmenes de actividad convierten a MB en la tercera red de metro del estado en cuanto al número de pasajeros/as transportados por detrás de las de Madrid y Barcelona, y por delante de las de Valencia o Palma de Mallorca.

La Red de MB está conectada en estaciones intermodales con las líneas de Renfe (cercanías y largo recorrido), EuskoTren (cercanías y regionales), Feve (cercanías, regionales y largo recorrido) y EuskoTran (tranvía), así como con la terminal de autobuses Intermodal.

Tabla 6: Principales hitos y fechas clave en la construcción y funcionamiento de Metro Bilbao.

Cronología.
1971: La Diputación Foral de Bizkaia, el Ayuntamiento de Bilbao y la Cámara de Comercio constituyen la Comisión de Comunicaciones de Bizkaia para analizar el problema del transporte del Gran Bilbao.
1975: Constitución del Consorcio de Transportes de Bizkaia.
1987: Tras un periodo de información pública se aprueba definitivamente por el Gobierno Vasco el Plan de Construcción y financiación del Metro de Bilbao.
1989: Se comienzan las obras en el área central de Bilbao.
1993: El día 1 de octubre se crea la sociedad anónima MB.
1995: El día 11 de noviembre el Lehendakari José Antonio Ardanza inaugura 23 estaciones de la Línea 1 correspondientes al tramo comprendido entre Casco Viejo - Plentzia.
1996: El día 24 de junio se inaugura una nueva estación en la Línea 1, situada entre Areeta y Neguri, Gobela. Y el 9 de noviembre entran en funcionamiento los ascensores de Mallona.
1997: El día 5 de julio entran en servicio las estaciones de Santutxu, Basarrate y Bolueta, sumando un total de 27 correspondientes a la Línea 1.
2002: El día 13 de abril se inaugura el primer tramo de la Línea 2, incorporando a la red de metro cinco nuevas estaciones ubicadas en la margen izquierda de la ría: Gurutzeta - Cruces, Ansio, Barakaldo, Bagatza y Urbinaga.
2005: El 8 de enero se inauguraron dos nuevas estaciones, Etxebarri y Sestao, situadas en el tramo común y en la Línea 2 respectivamente.
2007: El 20 de enero tuvo lugar la inauguración de dos nuevas estaciones en la Línea 2: Abatxolo y Portugaleta.
2009: El 4 de Julio tuvo lugar la inauguración de dos nuevas estaciones Peñota y Santurtzi situadas en la Línea 2.
2010: El 3 de septiembre ponía en funcionamiento la Lanzadera a Mamariga, en el extremo oeste de la línea 2, dotando a Santurtzi de un tercer acceso.
2011: El 28 de febrero se inauguró Ariz, en el lado este de la línea 2.
2011: El 11 de noviembre entró en funcionamiento Basauri, en el extremo este de la línea 2.
2014: El 28 de junio se inauguró la estación de Kabiezes, dando así por finalizado el proyecto definitivo de la línea 2.
2017: El 8 de abril se inauguró la línea 3, entrando en servicio el tramo compuesto por las estaciones de Kukullaga, Otxarkoaga, Txurdinaga, Zurbaranbarri, Zazpikaleak/Casco Viejo, Uribarri y Matiko, explotadas por Eusko Tren.
2017: El 10 de abril se reabrió el extremo final de la Línea 1 tras los trabajos para el soterramiento de la estación de Urduliz.
2020: El 15 de junio se abrió al público la estación de Ibarbengoa junto con su parking disuasorio.

2.- OBJETIVOS.

2.1.- OBJETIVO GENERAL.

Evaluar el riesgo de exposición de polvo respirable de sílice cristalina en los trabajos ferroviarios en un metro y proponer un programa de gestión conducente al control de dicho riesgo, su minimización y propuesta de sustitución. Reflejar la situación por presencia de sílice cristalina en Metro Bilbao tras la aplicación de la Directiva (UE) 2017/2398 y su desarrollo normativo posterior.

2.2.- OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- .- Identificar y evaluar la presencia de polvo respirable de sílice cristalina en Metro Bilbao determinando los puestos de trabajo que presentan una exposición y cuantificando su riesgo.
- .- Conocer la prevalencia de patología relacionada con la sílice cristalina en la población laboral de Metro Bilbao. Esto es, estudiando la posible presencia de casos de cáncer de pulmón y de alteraciones en la función pulmonar en la plantilla vinculados a la presencia de sílice cristalina.
- .- Proponer una gestión integrada por la presencia de sílice cristalina en un operador ferroviario desde las cuatro especialidades preventivas: Medicina del Trabajo, Seguridad, Higiene y Ergonomía y Psicosociología como minimizador del riesgo.
- .- Proponer la sustitución de la sílice cristalina en una instalación ferroviaria teniendo en cuenta las distancias de frenado, la conductividad y la degradación de los materiales, todo ello cumpliendo con la normativa de seguridad ferroviaria y medioambiental.

3.- SUJETOS, MATERIAL Y METODOLOGÍA.

3.1.- RECURSOS HUMANOS: ÁMBITO POBLACIONAL DEL ESTUDIO.

3.1.1.- PLANTILLA.

MB comenzó su andadura en 1995 con una plantilla de 425 personas (media de edad de 36,4 años), 363 hombres (85,4% y media de edad de 37,3 años) y 62 mujeres (14,6% y media de edad de 30,9 años).

La población trabajadora de MB a 31 de diciembre de 2021 era de: 772 personas: 523 (67,7%) hombres y 249 mujeres (32,3%), habiendo trabajado en MB en su historia un total de 1055 personas de las cuales se dispone de su historial médico. 208 personas ejercen su profesión en MB desde su creación.

La edad media de la plantilla es de 47,8 años, siendo de 48,8 los varones y de 45,8 las mujeres.

Tabla 7: Edad de la plantilla a 31/12/2021.

Edad	Hombres		Mujeres		Total
	nº	%	nº	%	nº
20-25	3	0,6	0	0	3
26-30	10	2	4	1,6	14
31-35	36	7	14	5,6	50
36-40	41	8	33	13,2	74
41-45	80	15	66	26,5	146
46-50	112	21,4	77	31	189
51-55	123	23,5	35	14,1	158
56-60	71	13,5	16	6,4	87
>60	47	9	4	1,6	51
Total	523	67,7	249	32,3	772
Media de edad	48,8		45,8		47,8

Gráfica 1: Media de edad de la plantilla.

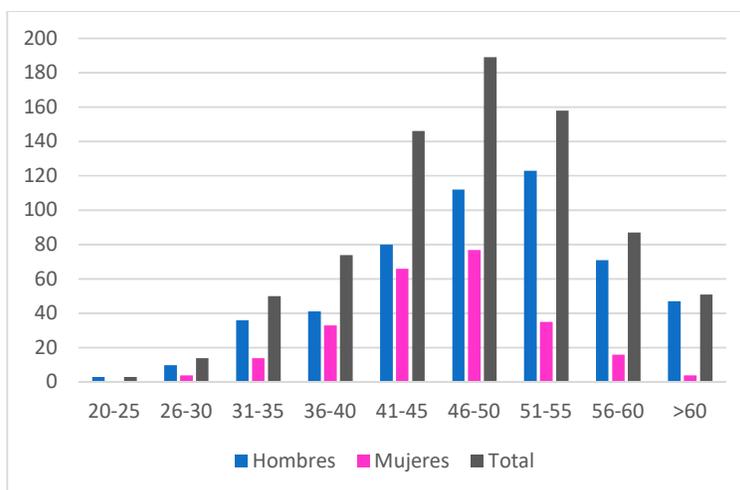


Tabla 8: Evolución de la media de edad de la plantilla por años.

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Media edad hombres	45,4	45,9	46,2	46,5	47	47,3	47,8	47,9	48,7	48,8
Media edad mujeres	39,2	40	40,1	41,5	42,5	43,1	43,6	44,1	45	45,8
Media edad plantilla	43,7	44,3	44,6	45,1	45,7	46	46,6	46,8	47,5	47,8

Gráfica 2: Evolución de la media de edad de la plantilla de Metro Bilbao.

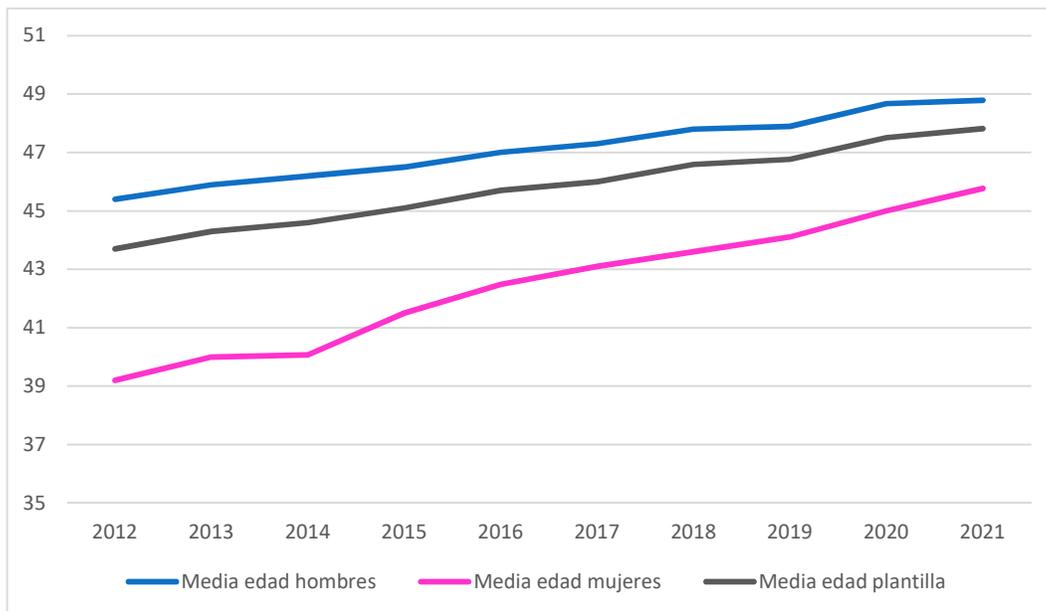


Tabla 9: Distribución de la plantilla dividida en colectivos relacionados con los puestos.

Plantilla a 31 de diciembre de 2021.		
	Hombres	Mujeres
Total:	523	249
Supervisión Estación.	93	131
Maquinista tracción eléctrica.	146	37
Personal Administrativo y Mandos. ¹	76	51
Mantenimiento Taller (Personal Técnico y Supervisión).	98	1
Instalaciones (Personal Técnico y Supervisión).	63	1
Puesto de Mando Centralizado (PMC).	22	9
Unidad de Supervisión e Intervención (USI).	9	4
Jefatura Operaciones.	12	1
Oficina Atención Cliente (OAC).	0	12
Otros. ²	4	2

¹ Oficina. Central + Jefatura, Personal Administrativo, Auxiliar Línea, Mat. Móvil e Instalaciones + Ingeniería.

² Conducción Limpieza + Supervisión Limpieza + Recepción y Distribución Materiales + Supervisión de Logística y Almacén.

El colectivo de OAC está feminizado, y los talleres e instalaciones (supervisión y personal técnico de Material Móvil) masculinizados. El colectivo más igualado es la supervisión de estaciones (58,1 % de mujeres frente a 41,9 % de hombres), seguido de los puestos de oficinas (38,4 % de mujeres frente a 61,6 % de hombres) donde también están los puestos de dirección y jefaturas.

3.1.2.- SERVICIO DE PREVENCIÓN.

MB dispone dentro de su Servicio de Prevención Propio (SPP) de un **Médico del Trabajo y 2 Enfermeras especialistas en Enfermería del Trabajo (DUE)**, contratados a tiempo completo, quienes realizan su trabajo en sus dependencias, teniendo externalizados exclusivamente los análisis clínicos y la radiología.

Además, MB dispone en plantilla de **2 Técnicos de Prevención de Riesgos Laborales (TSPRL)** que asumen la especialidad de Seguridad y dispone de los servicios contratados de un **Servicio de Prevención Ajeno (SPA)**, quién trabaja en colaboración con nuestros TSPRL, realizando las especialidades de higiene y ergonomía y psicología. **Laboratorios externos** analizan las muestras obtenidas y derivadas en nuestras instalaciones.

3.2.- MATERIAL.

Gestión de la exposición a Sílice Cristalina.

MB, como cualquier otra empresa que manipule SC en sus instalaciones, ha debido adecuar sus procedimientos de trabajo a las distintas clasificaciones de la SC, hasta su consideración final como material cancerígeno.

.- Mediciones realizadas en los Laboratorios de Higiene Industrial de la Asociación para la Prevención de Accidentes (APA), en colaboración con el SPA.

- Para la recogida de muestras se emplean bombas de muestreo personales, marca SKC Aircheck 5000, CICLON GK2.69, bomba MSA Escort.

Imagen 4 y 5: Bombas de muestreo personales.



- Colaboración con el Registro Vasco de Cáncer del Departamento de Salud del Gobierno Vasco.

- Procedimientos de trabajo.

- Actas de los Comités de Seguridad y Salud de MB, desde 1995.

- Informes y requerimientos de OSALAN e Inspección de Trabajo.

- FDS de los productos utilizados facilitados por los distribuidores: Arena y equipos de protección individual entre otros.

- Auditorias de Prevención de riesgos laborales.

Material para la realización de los procedimientos y sustitución de la sílice cristalina respirable.

- Casetes con filtros de PVC y filtros de esteres de celulosa apareados en peso.
- Calibrador digital marca BI-CBO-C/BIOS, modelo de caudalímetro DRY-CAL DCM N/S 4231, con Certificado de Calibración.
- Balanza analítica (sensibilidad mínima: 0,001 mg).
- Difracción de rayos X (DRX).
- Fluorescencia de rayos X (FRX).
- Analizador láser de tamaños de partículas (MASTERSIZER).

Medios técnicos para realizar las pruebas médicas complementarias y la interpretación de sus resultados.

.- Espirómetro DATOSPIR 100 nº 115-973, homologado y revisado anualmente atendiendo al procedimiento específico de verificación y ajuste SIBEL S.A.U. PES 511-50V, verificado con los patrones de referencia: Jeringa de calibración S3000 ID 104 nº de serie 557-411106, con calibración externa trazable NIST.

Imagen 6: Espirómetro.



.- Electrocardiógrafo HELLIGE EK 531, con nº de serie 83003, revisado anualmente verificando su señal de calibración y probado y efectuado el test de seguridad eléctrica con el Analizado de Seguridad Eléctrica METRON QA-90 (Ser. nº 12292) con certificado de calibración ESTEM-MAD-CI-16001233.

Imagen 7: Electrocardiógrafo.



.- Peso y tallímetro.

.- Radiología. Servicio de radiodiagnóstico concertado externo. Interpretación de los resultados siguiendo los criterios ILO. Interpretación por radiólogo o radióloga externo. Negatoscopio.

.- Laboratorio de análisis clínicos. Análíticas de sangre.

.- Aplicación informática de Gestión de la especialidad de Medicina del Trabajo.

3.3.- MÉTODO.

Realizamos un estudio observacional, descriptivo y transversal del riesgo higiénico por la presencia de SCR y sus posibles consecuencias sanitarias en la plantilla de MB.

3.3.1.- MEDICIONES DE CONCENTRACIONES DE SÍLICE CRISTALINA.

El SPP de MB lleva desde 2001 abordando, junto con los integrantes del Comité de Seguridad y Salud (CSS) y el SPA, la prevención de riesgos laborales derivada del uso de SC en MB. En abril de ese año se realizaron las primeras mediciones de SC en los talleres de MB, en los puestos de trabajo que manipulaban directamente la arena de sílice: personal mecánico-neumático, personal que realiza la función de arenar las UT, repitiéndose y extendiéndose por el resto de puestos de la empresa.

La estrategia de muestreo para identificar, cuantificar y valorar la exposición de la plantilla a la SC comienza con una entrevista con objeto de determinar las condiciones de trabajo de los puestos objeto de estudio y una observación “in situ” de las tareas realizadas en dichos puestos. En este proceso se recoge la información de las tareas desarrolladas, los tiempos de duración de los ciclos y los tiempos de exposición a sílice. Posteriormente, establecidos los puestos a analizar y las tareas realizadas en cada grupo de exposición similar, se diseña la estrategia de muestreo y se llevan a cabo las mediciones de la exposición a la SCR, como cuarzo y cristobalita, para determinar las exposiciones diarias promediadas y verificar su conformidad con los correspondientes valores límites ambientales.

Las técnicas analíticas empleadas son, por un lado, la gravimetría para la determinación másica de la materia particulada presente en el ambiente de los puestos de trabajo y la difracción de rayos X para determinar la cantidad de cuarzo y/o cristobalita presente en la fracción respirable de la masa recogida en los elementos de captación. Para determinar la concentración ambiental de SCR se debe ajustar el caudal de muestreo (l/m) al muestreador utilizado y, al mismo tiempo, alcanzar el volumen de aire mínimo requerido por el procedimiento de medida para proporcionar resultados en el intervalo de aplicación de dicho procedimiento.

Para la toma de muestras se han seguido las recomendaciones de las normas UNE, Guías del INSST y Normas internacionales, verificándose metrológicamente los equipos utilizados antes y después de la toma de muestras con un calibrador digital, teniendo para ello en cuenta la guía práctica para la toma de muestras y el control ambiental de contaminantes químicos del último año vigente, publicada por el laboratorio de higiene industrial analítica de APA.

Se calcula el Índice de Exposición “I”: Dividir ED, exposición diaria, concentración ponderada durante toda la jornada referida a un periodo de 8 horas, por el valor límite VLA-ED, Valor Límite Ambiental-Exposición Diaria, obteniendo el índice de exposición de la jornada (I)

$$I = \frac{ED}{VLA - ED}$$

3.3.2.- ANÁLISIS EPIDEMIOLÓGICO DE LA INCIDENCIA DE PATOLOGÍA ASOCIADA AL RIESGO.

MB ha formalizado contrato desde su inicio con 1055 personas hasta el 31 de diciembre de 2021 y dispone de sus historias clínicas (HC). Se utiliza para su gestión una aplicación informática

específica. En ella se almacenan desde 1995 los datos médicos de la plantilla de MB, siendo actualizados diariamente desde la Dirección de Capital Humano los datos de filiación, de cambios de puestos de trabajo, así como de incapacidades de cualquier tipo a través de la aplicación utilizada. Se mantiene igualmente archivo de las historias clínicas en formato carpeta.

En el título segundo "Derechos colectivos, artículo 17.- Salud laboral", del Convenio colectivo de MB, 2020-21 y anteriores, se releja el apartado "Comunicaciones de situaciones de IT", indicando que:

Toda persona en situación de incapacidad temporal deberá ponerlo en conocimiento de su mando a los efectos de la organización del servicio en el momento de producirse el hecho. Asimismo, también deberá comunicarlo al personal de vigilancia de la salud del Servicio de Prevención, en el momento de producirse el hecho. Si dicha circunstancia se diera en periodos en los que el personal de vigilancia de la salud no está presente, el trabajador o trabajadora dejará un número de teléfono para que este personal se ponga en contacto en cuanto sea posible.

Además, se dispone de los siguientes procedimientos:

.- Protocolos para la realización de los Exámenes de salud y las Certificaciones de aptitud psicofísica, realizados a la plantilla de MB.

17-SP-PR-004. Procedimiento para la Certificación de Aptitud Psicofísica del Personal que desarrolla su actividad laboral en relación con la Circulación Ferroviaria, siguiendo los requerimientos del Ministerio de Fomento, Orden FOM/679/2015, de 9 de abril, por la que se modifica la Orden FOM/2872/2010, de 5 de noviembre, por la que se determinan las condiciones para la obtención de los títulos habilitantes que permiten el ejercicio de las funciones del personal ferroviario relacionadas con la seguridad en la circulación, así como el régimen de los centros homologados de formación y de los de reconocimiento médico de dicho personal.

16-SP-PR.006. Procedimiento para la realización de la vigilancia de la salud según los protocolos específicos del Ministerio de Sanidad y Osalan.

15-SP-DC-007. Protección de la Maternidad y Lactancia natural frente a los riesgos derivados del trabajo.

Se estudian todas las neoplasias, pero en especial, las neoplasias que abarcan los códigos C34 del CIE10. Se han excluido los tumores benignos, así como las displasias y carcinomas in situ.

Se han estudiado el resto de posibles patologías vinculadas a la SCR a través de los datos de la HC.

Variables

Fecha de Nacimiento.

Fecha de ingreso en MB.

Fecha de baja en MB.

Motivo de la baja.

Edad de ingreso: Diferencia entre fecha de ingreso y fecha de nacimiento.

Edad de baja: Diferencia entre fecha de baja y fecha de nacimiento.

Puestos de trabajo: Tras la identificación del riesgo, en base a la evaluación del riesgo, agrupamos a la plantilla en 4 grupos:

Grupo 1: Personal Mecánico Neumático (PMN). Personal que realiza la carga de arena.

Grupo 2: Resto de Personal de Mantenimiento. Resto de Personal en talleres y vía.

Grupo 3: Personal de línea. Personal de estaciones y conducción.

Grupo 4: Personal de Servicios Centrales. Personal de oficinas, Puesto de Mando Centralizado y Oficinas de Atención a la clientela.

Si algún trabajador o trabajadora, a lo largo de su vida laboral ha ocupado puestos de trabajo de diferentes grupos, se le ubica en el grupo más desfavorable en el ámbito de la prevención de riesgos laborales.

Exposición por puestos: El grupo 1 manipula directamente la SC. El grupo 2 comparte espacio físico o proximidad a traza de vía. El grupo 3 trabaja en línea y el grupo 4 no tiene contacto con la traza de vía.

Antecedentes personales.

Consumo de tabaco. Se han agrupado por personas fumadoras, exfumadoras o no fumadoras, independiente de los años o cantidad de consumo.

Diagnóstico: Notificado por el trabajador durante su Incapacidad Temporal o bien durante su reconocimiento médico de retorno al trabajo.

Certificaciones psicofísicas/Exámenes de salud. Los primeros exámenes de salud vinculados a la SC fueron realizados en 2017 al personal más expuesto, PMN, extendiéndose con posterioridad a otros colectivos. Las siguientes pruebas fueron realizadas en 2020, tres años después, siendo las personas convocadas por Gestión de mano de obra en horas de trabajo, o fuera de ellas siendo el personal indemnizado.

EKG. Se agrupan los diagnósticos en normal u alterado.

Espirometrías. Agrupadas en capacidad vital forzada, FVC%, ≤ 69 , 70-79 o ≥ 80 , FVE1% %, ≤ 59 , 60-69, 70-79 o ≥ 80 , FEV/FVC% ≤ 49 , 50-59, 60-69, ≥ 70 , así como patrón normal, restrictivo u obstructivo.

Radiografías de tórax.

Estudio de las variables descritas, cualitativas y cuantitativas.

Se ha dispuesto de la colaboración del Registro Vasco de Cáncer del Departamento de Salud del Gobierno Vasco, para el contraste de la información.

Análisis estadístico.

En primer lugar, se llevó a cabo la descripción univariante, en donde las variables cualitativas se describieron con frecuencias y porcentajes.

Para el análisis bivariante se empleó el test de la chi cuadrado de Pearson. En el caso de que los valores esperados fueran menores a 5, se empleó el test exacto de Fischer. (IBM SPSS Statistics®).

Para relacionar el tipo de trabajo con cáncer de pulmón o cáncer de pulmón, laringe, boca o

lengua, y espirometría normal/anormal se calculó el OR de prevalencia y el intervalo de confianza al 95% mediante la aplicación OpenEpi®.

Se consideró estadísticamente significativo cuando $p < 0,05$.

3.3.3.- COMITÉ DE ÉTICA PARA LAS INVESTIGACIONES CON SERES HUMANOS DE LA UPV/EHU.

Se ha consultado el Comité de ética, cuyo dictamen era necesario/preceptivo por el uso de datos sensibles y por la necesidad de su correcto uso, quién emitió informe favorable de fecha 9 de febrero de 2021.

3.3.4.- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

Estrategia de búsqueda bibliográfica: Buscador Pubmed y Google Scholar, así como el repositorio ADDI de la UPV/EHU.

Se ha realizado una revisión internacional de los estudios que han valorado la exposición a SC y la morbilidad del personal trabajador del sector ferroviario.

La búsqueda bibliográfica ha comprendido de 1 de enero de 1995 hasta 31 de diciembre de 2021. Se decidió comenzar en 1995 por la coincidencia de la creación de MB ese mismo año. Los idiomas de los artículos consultados fueron el inglés, francés y castellano.

El procedimiento de búsqueda se ha realizado combinando las modalidades controlada y libre. Los descriptores MeSH escogidos (tesauro Medical Subject Headings) y texto libre como base para la búsqueda han sido:

.- OCCUPATIONAL DISEASES / OCCUPATIONAL EXPOSURE / WORKPLACE / OCCUPATION / ENFERMEDAD PROFESIONAL / EXPOSURE EVALUATION / RESPIRABLE DUST.

.- RAILROADS / SUBWAY STATIONS / TRAINS.

.- MORBIDITY / SILICOSIS / LUNG CANCER / GASTRIC CANCER/ PNEUMOCONIOSIS / DIFFUSE INTERSTITIAL FIBROSIS.

.- SILICA / QUARTZ / SILICON DIOXIDE / CRYSTALLINE SILICA POWDER

La mayoría de las consultas se han realizado gracias a las opciones de búsqueda avanzada, que permite seleccionar los campos de búsqueda para ajustar los resultados. Se utilizaron diferentes combinaciones de búsqueda haciendo uso de los operadores booleanos y truncamientos que permitieron múltiples combinaciones.

El resultado de la búsqueda QUARTZ and RAILROADS en el periodo descrito solo genera como resultado 5 publicaciones. La búsqueda QUARTZ and SUBWAY solo 6 publicaciones.

Por ello se optó por QUARTZ and OCCUPATIONAL DISEASES (268 publicaciones), siendo QUARTZ and OCCUPATIONAL DISEASES and SILICOSIS con 173 publicaciones, y QUARTZ and OCCUPATIONAL DISEASES and CANCER con 65 publicaciones, las búsquedas de partida del estudio.

Los criterios de selección han sido de idoneidad, de calidad, de autoridad y de relevancia. La gran mayoría de los artículos obtenidos hacían referencia a la exposición de amianto, a la exposición

de humos de diésel o bien a la construcción, que no explotación, de los túneles ferroviarios. Todos ellos no fueron tenidos en cuenta. La pertinencia de las referencias se ha decidido analizando en un principio el título y el resumen. Esta tarea ha permitido eliminar el ruido documental. Una lectura completa de los artículos seleccionados permitió decidir su inclusión. Tras la selección de los mismos, también se revisó manualmente al apartado de referencias de dichos artículos.

Además, para el mismo periodo de tiempo, se han consultado revistas científicas españolas de libre acceso, a disposición en la Biblioteca de la UPV/EHU.

3.3.5.- HIGIENE INDUSTRIAL.

Estudio de la identificación (presencia) y cuantificación de SCR en MB y de los diferentes escenarios donde ésta pueda estar presente.

Estudio de las evaluaciones de riesgo higiénico realizadas en MB, vinculada a la SCR, tanto por lugares de trabajo, por puesto o por actividades. 16-SP-DC-039_1.

Se revisan y actualizan todas las evaluaciones de riesgo realizadas, así como las modificaciones de los procedimientos de trabajo.

La evaluación del riesgo higiénico de los puestos de trabajo afectados por exposición a SCR es actualizada según la metodología establecida en el P-217 Evaluación de Riesgos.

Los Criterios de Exposición Aceptable, Indeterminación y Exposición Inaceptable seguían la norma UNE-EN 689:1996 hasta que dicha norma fue modificada en julio 2019 estando actualmente vigente la norma UNE-EN 689:2019+AC:2019 *“Exposición en el lugar de trabajo. Medición de la exposición por inhalación de agentes químicos. Estrategia para verificar la conformidad con los valores límite de exposición profesional”*.

3.3.6.- SEGURIDAD.

Se estudia la evaluación de riesgos de accidente de trabajo del proceso de carga de arena desde las tolvas a los depósitos de las UT, siguiendo el método FINE. PR.0.011.

3.3.7.- ERGONOMÍA Y PSICOSOCIOLOGÍA.

La evaluación de puestos ergonómicos incluye el estudio postural del proceso de carga de arena en las UT. La evaluación de riesgos psicosociales puede tener una relativa vinculación al presente trabajo, pero si se incluye por la convivencia de la plantilla con un cancerígeno y la inquietud que esto pueda generar. Ésta se ha realizado siguiendo el método ISTAS 21 a lo largo del año 2021 por segunda vez.

3.3.8.- SUSTITUCIÓN DE LA SÍLICE CRISTALINA.

En prevención de riesgos laborales, la primera medida ante la existencia de un riesgo es su eliminación. La SC es un abrasivo que permite un frenado más eficaz de las UT en caso de emergencia. Por lo tanto, su sustitución por otro elemento menos peligroso para la salud del personal expuesto, debe reunir, además de esta premisa de salud, otras tres características primordiales para el correcto funcionamiento del sistema.

.- igualar o mejorar las distancias de frenado de las UTs tanto en seco como en húmedo.

- igualar o disminuir el desgaste de los materiales en contacto, esto es, rueda y carril.
- igualar o mejorar la conductividad entre rueda y carril, entre UT y vía, que permita un correcto funcionamiento de los sistemas de conducción y seguridad ferroviarios, esto es, sistema ATO (Automatic Train Operation) y ATP (Automatic Train Protection), asegurando en todo momento la localización de la UT por el PMC.

Para el estudio de dicha sustitución, MB firmó con el INSST un Acuerdo de Colaboración para estudiar el comportamiento de sustancias alternativas a la SC en una explotación ferroviaria, de 16 de julio de 2019.

Fases del proceso de sustitución.

1. Establecimiento de los condicionantes exigibles a los productos alternativos a la arena de Sílice.
2. Estudio previo y análisis técnico-económico de posibles productos candidatos existentes en la industria.
3. Análisis técnicos de cada alternativa.
4. Selección de alternativas técnicamente viables y verificación de resultados.
5. Pérdida de peso en rueda o carril.
6. Resistividad eléctrica y aparición de fisuras o inclusiones en rueda o carril.
7. Prestaciones de freno con el nuevo producto.
8. Pruebas de Implantación.
9. Implantación definitiva.

Se valoraron diferentes productos en el mercado, se estudiaron sus prestaciones y características, siendo realizado un estudio de mercado con el fabricante de las UT.

Ante cualquier modificación de las UT se debe consultar con el fabricante sobre la idoneidad de los posibles cambios (CAF, fabricantes de la UT).

Equipo de tamizado: el equipo empleado por la empresa externa para tamizar la arena de sílice es una máquina cribadora (modelo AS300 control de la casa RETSCH) y los tamices empleados tienen un diámetro de 200 mm y una altura de 50 mm con la siguiente luz de malla: 2.8, 2.36, 2.0, 1.7, 1.4, 1.0, 0.71, 0.5, 0.2, 0.1 y 0.025 mm, todos normalizados bajo las Normas Internacionales ISO3310-1 e ISO3310-2. La altura o tiempo de oscilación es de 1mm y el tiempo de cribado es de 12 minutos. Se han realizado dos réplicas de 200 g, aproximadamente, cada una.

Microscopía: para la determinación de los elementos químicos presentes en cada una de las fracciones del tamizado se emplea un microscopio electrónico de barrido acoplado a un detector de rayos X (SEM-EDX) de la casa ZEISS (modelo EVO 50). Este equipo permite realizar análisis cualitativos y semicuantitativos de los elementos químicos presentes en cada una de las fracciones.

Equipo de difracción de rayos X: Los análisis mineralógicos se han llevado a cabo por DRX con un difractómetro PANalytical X'pert PRO, equipado con anticátodo de cobre ($\lambda_{CuK_{\alpha media}} = 1,5418 \text{ \AA}$, $\lambda_{CuK_{\alpha 1}} = 1,54060 \text{ \AA}$ y $\lambda_{CuK_{\alpha 2}} = 1,54439 \text{ \AA}$), goniómetro vertical con geometría Bragg-Brentano, rendijas programables de entrada y salida, cargador automático de muestras, monocromador secundario y detector ultrarrápido. El método empleado ha sido el de muestra policristalina. Para ello, una porción alícuota de cada muestra ha sido molida y homogeneizada manualmente en un mortero de ágata, y colocada sobre un portamuestras de aluminio, utilizándose un

monitor de silicio, de “fondo cero”, para control de la deriva instrumental. Las condiciones instrumentales utilizadas han sido:

- corriente del generador: 40 KV y 40 mA.

- para mejorar la resolución estructural, las medidas se llevaron a cabo en el intervalo angular: 5-70 °2θ, con un incremento angular de 0.02º y un tiempo de adquisición de datos de 2 segundos por paso.

Para su tratamiento informático e identificación de fases se ha empleado el software específico PANalytical X’Pert HighScore, en combinación con la base de datos mineralógica PDF2 del International Centre for Diffraction Data (ICDD).

Equipo de FRX: A partir de una porción alícuota de muestra, se ha preparado una perla de vidrio borado mediante fusión en un microhorno de inducción, mezclando el fundente Spectromelt A12 de la casa Merck (ref. nº 11802) y la muestra seca y molida en proporciones aproximadas de 20:1. El análisis químico de la perla se ha realizado en atmósfera de vacío, empleando un espectrómetro secuencial de fluorescencia de rayos X por dispersión de longitud de onda (WDXRF), de la marca PANalytical, modelo AXIOS, dotado con un tubo de Rh, y tres detectores (flujo gaseoso, centelleo y sellado de Xe). Para la confección de las rectas de calibrado se han utilizado patrones internacionales bien caracterizados de rocas y minerales.

Dureza de Mohs: Para la estimación de la dureza de Mohs nos basaremos en parte en los análisis DRX y FRX de la muestra, además de las pruebas experimentales realizadas a la muestra y a una serie de minerales y materiales de referencia en cuanto a la escala de dureza de Mohs.

Densidad: Se aplica la norma EN 993-2: 1995. Métodos de ensayo para productos refractarios conformados densos.

Tabla 10: Cronograma: Se enumeran a continuación las fechas e hitos más relevantes:

11/2012	Informe interno de MB IG-12-DT-241 sobre arenado y alternativas.
7/2013	MB contrata a GAIKER IK4 un informe de búsqueda y análisis de áridos alternativos a la sílice.
3/2018	Comunicación del Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales, OSALAN, recomendando “que se inicien estudios para poder realizar el frenado de los trenes de otra manera, o con otra sustancia o compuesto”.
7/2018	MB propone una colaboración a la empresa fabricante del tren, Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles (CAF), con el objetivo de encontrar un árido alternativo a la SC.
8/2018	La empresa fabricante del tren, Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles (CAF), confirma su colaboración en el proceso de búsqueda de un árido alternativo a la SC.
2/2019	Verificación de las condiciones aplicables a las pruebas tipo y serie del freno neumático de la serie 600.
5/2019	MB y CAF acuerdan protocolos de validación.
6/2019	Contratación de CAF para ensayos validación sustitución arena de sílice por arena de olivino.
6/2019	Realización de prueba en vía con arena olivino. Dos noches de trabajos con tren. Informe de fecha 29/07/2019.
6-7/2019	Realización de ensayos de resistividad eléctrica de arenas de sílice y de olivino. Informes de fecha 26/06/2019 y 26/07/2019.

7/2019	Firma de Acuerdo de colaboración entre el INSST y MB.
7-8/2019	Realización de ensayos de discos gemelos (twin-disc) con arenas de sílice y de olivino. Informe preliminar 10/10/2019, informe final 30/01/2020.
29/10/2019	Se comunica al Comité de Seguridad y Salud, en reunión extraordinaria, que el olivino no se considera sustituto válido de la arena de sílice.
12/2019-1/2020	Realización de ensayos de resistividad eléctrica a 6 productos candidatos de durezas similares a la de la SC: Silicato de calcio (SCA), basalto, granate, bauxita, fonolito y granalla de vidrio. Informes 16/11/2019 y 10/01/2020.
1/4/2020	Contratación de CAF para ensayos de discos gemelos (twin-disc) de 5 productos candidatos: SCA, granate, bauxita, fonolito y granalla de vidrio.
5/2020	Realización de ensayos de los 5 productos alternativos a la arena de sílice. Informe 26/05/2020: A la vista de los resultados, se seleccionan dos de los productos para pruebas complementarias (medio húmedo): SCA y fonolito.
10/2020	Realización de ensayos twin-disc complementarios de los dos productos seleccionados. Informe 30/10/2020. A la vista de los resultados obtenidos y de dictamen del INSST, se elige el SCA como candidato a las pruebas en vía.
11/2020	Contratación a CAF de pruebas en vía con SCA.
4-6/11/2020	Realización de pruebas en vía con SCA. Informe 20/11/2020.
12/2020	Publicación en la revista del INSST del artículo: "Sílice cristalina en explotaciones ferroviarias: la experiencia en MB".
20/1/2021	El Comité de Seguridad en la Circulación aprueba en reunión ordinaria el plan de sustitución de la arena de sílice por SCA.
21/1/2021	Se informa al Comité de Seguridad y Salud en reunión ordinaria de que se va a proceder a sustituir la arena de sílice por SCA en las unidades de tren de la serie 550. En función del resultado, se extendería la medida al resto de unidades del parque.
15-17/2/2021	Se retira la arena de sílice de la instalación de carga de arena del taller de Sopela.
8/3/2021	Se carga arena de SCA en la instalación de carga de arena del taller de Sopela.
10/3/2021	Se comienza la sustitución de la arena de sílice por SCA en las unidades de la serie 550 (30%).
31/3/2021	Recepción del "Estudio del material Prominent Grit para MB" realizado en el marco del acuerdo de colaboración entre el INSST y MB donde se confirma que en dicho material no se observa presencia de SC, ni cuarzo ni cristobalita.
29/4/2021	Recepción del Informe técnico elaborado en el marco del acuerdo de colaboración entre el INSST y MB para estudiar el comportamiento de sustancias alternativas a la SC en una explotación ferroviaria.
12/5/2021	Finaliza la retirada de la SC en los areneros de la serie 550. Comienza la retirada en la serie 500.
17/11/2021	Se retira la arena de sílice de la instalación de carga de arena del taller de Ariz.
Continuación de la tabla anterior.	

19/11/2021	Se carga arena de SCA en la instalación de carga de arena del taller de Ariz finalizando así la retirada de la sílice de las áreas técnicas de MB.
2/2022	Finalizada la sustitución de SC en toda la flota de UT.
12/2022	Publicación en la revista del INSST del artículo: "Sílice cristalina en explotaciones ferroviarias: la solución aplicada en MB".
Continuación de la tabla anterior.	

4.- RESULTADOS.

4.1.- IDENTIFICAR Y EVALUAR EL RIESGO POR LA PRESENCIA DE SÍLICE CRISTALINA EN METRO BILBAO. DETERMINAR LOS PUESTOS DE TRABAJO QUE PRESENTAN UNA EXPOSICIÓN.

MB lleva a cabo el control de cualquier riesgo incluido en el ámbito de la higiene industrial según indica su Plan de higiene general mostrado a continuación:

4.1.1.- PLAN DE HIGIENE GENERAL EN METRO BILBAO.

Tabla 11: Plan de higiene general de Metro Bilbao.

PLAN DE HIGIENE					Fecha:	feb.-11			
					Revisión nº:	1			
MB					Fecha última revisión:	Ene.-15			
1. Identificación		2. Valoración Cuantitativa			3. Vigilancia de la Salud				
Agente Ambiental	Método Evaluación	Valor Límite	Magnitud de Riesgo	Control Periódico	Reconocimiento médico específico	Frecuencia	Frecuencia Propuesta	Observaciones	
Vibraciones cuerpo entero	Vibrometría	<0,16 m/s ²	1	Control y seguimiento	NO	--	--		
		0,16- 0,5 m/s ²	2	Estudiar posibles correcciones	NO	--	--		
		0,5-1,15 m/s ²	3	Trienal	SI	--	--		
		>1,15m/s ²	4	Bienal	SI	--	Trienal	Radiografía columna vertebral	
		>1,15m/s ²	5	A determinar	SI	--	Trienal	Radiografía columna vertebral	
Vibraciones mano brazo	Vibrometría	< 1 m/s ²	1	Control y seguimiento	NO	--	--		
		1-2,5 m/s ²	2	Estudiar posibles correcciones	NO	--	--		
		2,5-5 m/s ²	3	Trienal	SI	--	--		
		>5m/s ²	4	Bienal	SI	--	--		
		>5 m/s ²	5	A determinar	SI	--	--		
Ruido	Somometrías	<75dB(A)	1	Control y seguimiento	NO	--	--		
		75-80dB (A)	2	Trienal	NO	--	--		
		80-85dB (A)	3-5*	Trienal	SI	Trienal	Trienal	Audiometría	
		>85dB (A)	4-5*	Anual	SI	Anual	Anual	Audiometría	
Químicos	Muestreo personal	IED(1)< 0,1 IEC(1)< 0,1 IED(LD)< 3	1	Aceptable	Reevaluación en caso de cambio de las condiciones de trabajo	SI	Quinquenal	Quinquenal	En caso de agente cancerígeno y/o con VLB
		0,1<IED(1)<0,25 0,1 < IEC(1)< 0,25	2	Indeterminación	Cada 64 semanas (Anual)	SI	Trienal	Trienal	En caso de agente cancerígeno y/o con VLB
		0,25< IED(1)< 0,50 0,25< IEC(1)< 0,50	3		Cada 32 SEMANAS (Semestral)	SI	Trienal	Trienal	En caso de agente cancerígeno y/o con VLB
		0,5< IED(1)< 1 0,5< IEC(1)< 0,9	3		Cada 16 SEMANAS (Cuatrimestral)	SI	Bienal	Bienal	En caso de agente cancerígeno y/o con VLB

		IED(1)> 1 IEC(1)> 0,9 IED(LD)> 3 IED(LD)> 5	4	Inaceptable	A determinar	SI	Anual	Anual	En caso de agente cancerígeno y/o con VLB
Estrés Térmico	Medición T _e	WBGT	4	Aceptable	Control y seguimiento	NO	--	Trienal	
			5	Inaceptable	Necesidad de establecer medidas correctoras	SI	--	Anual	
Iluminación	Luxometría	Estar dentro del nivel establecido por reglamentación vigente y garantizar la uniformidad de los resultados.	1		Reevaluación en caso de cambio de las condiciones de trabajo Control periódico mínimo Trienal	NO	--		
		Estar dentro del nivel establecido por reglamentación vigente pero no garantizar la uniformidad de los resultados.	2		Trienal	NO	--		
		No estar dentro del nivel establecido por reglamentación vigente.	3		Trienal	NO	--		
		Estar alejado un 30% del nivel establecido por reglamentación vigente.	4		Anual	NO	--		
		Estar en situación de riesgos de nivel 4 y en aplicación de personal considerado especialmente sensible, según el artículo 25 de la LEY 31/1995 de PRL, o personal ya afectado y/o en proceso médico originado por este agente	5		Anual	NO	--		

Continuación de la tabla anterior.

4.1.2.- MEDICIONES DE SÍLICE CRISTALINA REALIZADAS EN TALLERES, VÍA Y LÍNEA.

Tabla 12: Nº de Mediciones de sílice cristalina realizadas, ubicación, año y resultado.

Puesto	Zona	Número mediciones	Año	Observaciones	Índice de exposición (I)
Supervisión de Estación	Abando	1	2001	-	< 0,1
	Basarrate	2	2002	-	1 medición: > 0,1 1 medición: < 0,1
	Basarrate	1	2003	-	> 0,1
	San Mamés Gurutzeta Deustu San Ignazio	6	2017	-	< 0,1
	San Ignazio Deustu Gurutzeta / Cruces Zazpikaleak / Casco Viejo	4	2018	-	3 mediciones: < 0,1 Medición en Gurutzeta: 0,5
	Línea	49 (3 de exterior 3 antes y 3 después de filtros EBA)	2019	-	3 mediciones > 1 2 mediciones entre 0,1 y 0,3 44 < 0,1
	Recorrido por Bilbao	1	2019	-	< 0,1
	Línea	4 48	2020 2021	-	2 mediciones < 0,1 2 mediciones entre 0,1 y 0,3 47 mediciones < 0,1 1 medición ≈ 0,2
Jefatura de Mantenimiento	Sopela Taller	1	2018	-	< 0,1
Jefatura de Operaciones	Línea	1	2019	-	< 0,1

Puesto	Zona	Número mediciones	Año	Observaciones	Índice de exposición (I)
Maquinista Tracción Eléctrica	Línea	5	2019	-	< 0,1
Personal Técnico Mantenimiento Catenaria	Limpieza aisladores	2	2018	-	> 1
Personal Técnico Mantenimiento Eléctrico- Electrónico	Sopela Taller	1	2013	-	< 0,1
		1	2014	-	< 0,1
		1	2016	-	< 0,1
		1	2018	-	< 0,1
	Ariz taller	1	2018	-	< 0,1
Personal Técnico Mantenimiento Mecánico- Neumático	Sopela Taller	2	2001	Túnel de soplado	Entre 0,2 y 0,4
	Sopela Taller	2	2003	Arenero	1 medición: < 0,1 1 medición: 0,41
	Sopela Taller	4	2010	Túnel de soplado	1 medición: > 1 3 mediciones entre 0,1 y 1
	Sopela Taller	3	2011	Arenero	1 medición: > 1 1 medición: < 0,1 1 medición: > 0,1 y < 1
		2		Desmontaje tapas cofres	< 0,1
	Ariz Taller	8	2012	Arenero	5 mediciones > 1 2 mediciones entre 0,1 y 1 1 medición < 0,1
		4		Ambiental	2 mediciones > 0,1 2 mediciones < 0,1
	Sopela taller	2	2013	Arenero	1 medición: > 0,1 1 medición: > 1
		1	2013	Ambiental	1 medición: < 0,1
	Ariz taller	6	2013	Arenero	2 mediciones > 0,1 4 mediciones > 1
		1	2013	Conducción	< 0,1
		6	2013	Ambiental	< 0,1
	Sopela taller	2	2014	Arenero	> 1
		1	2014	Ambiental	> 0,1
	Ariz taller	2	2014	Arenero	1 medición: > 0,1 1 medición: < 0,1
		1	2014	Torno de Ruedas	> 0,1
	Personal Técnico Mantenimiento Mecánico- Neumático	Ariz taller	2	2015	Arenero
1			2015	Conducción	> 0,1
3			2015	Ambiental	> 0,1
Ariz taller		2	2016	Arenero	> 0,1
		1	2016	Conducción	< 0,1
		2	2016	Ambiental	< 0,1
Sopela taller		2	2016	Arenero	> 1
		2	2016	Ambiental	< 0,1
Ariz taller		2	2017	Arenero	1 medición: > 0,1 1 medición: < 0,1
Sopela taller		2	2017	Arenero	> 1
Ariz taller		2	2018	Arenero	1 medición: > 1 1 medición: > 0,1
		2	2018	Trabajos técnicos	1 medición: > 0,1 1 medición: < 0,1
Sopela taller	4	2018	Arenero	2 mediciones > 0,1 2 mediciones < 0,1	
	1	2018	Trabajos técnicos	< 0,1	
Sopela taller	1	2020	Torno de ruedas	< 0,1	
Personal Técnico Mantenimiento SCC	Vía	2	2020	Limpieza de Señales	< 0,1
		2	2020	Mantenimiento de agujas y Limpieza Señales	1 medición: > 0,1 1 medición: < 0,1
		1	2020	Pérdida de códigos	> 0,1
		2	2020	Limpieza de luminarias	< 0,1

Continuación de la tabla anterior

Puesto	Zona	Número mediciones	Año	Observaciones	Índice de exposición (I)
Personal Técnico Mantenimiento Vía	Vía	2	2017	Limpieza de vía	> 1
		1	2018	Limpieza de vía	> 1
		2	2019	Carga y descarga de balasto	< 0,1
Responsable de almacén	Sopela taller	1	2020	Control almacén	< 0,1
		1	2021		< 0,1
Supervisión Mantenimiento Eléctrico- Electrónico	Ariz taller	1	2018	Carga arena	> 0,1
	Sopela taller	1	2018	Carga arena	> 0,1
Supervisión Mantenimiento Vía	Vía	1	2018	Limpieza de vía	> 1
Supervisión Mantenimiento Mecánico	Ariz taller	1	2018	Carga arena	< 0,1
	Sopela taller	1	2018	Carga arena	> 0,1
USI	Línea	1	2019	-	< 0,1
Total	-	226	-	-	-

Continuación de la tabla anterior.

Los límites de detección y cuantificación recogidos en tablas corresponden a los límites del procedimiento de medida y están relacionados con el volumen de muestreo y con el límite de detección y cuantificación del método analítico UNE 81550.

Tabla 13: Nº de Mediciones realizadas y resultado. Límite de detección (LD); Límite de cuantificación (LC).

Índice de exposición	Nº de mediciones	%	Entre 2001 y 2021	
			< LD	< LC
> 1	28	12,3	-	-
> 0,1	40	17,7	-	-
< 0,1	158	70	< LD	92
			< LC	27
TOTAL:	226	100		

Tabla 14: Nº de Mediciones realizadas y resultado en personal supervisor de estación (SPVE). Límite de detección (LD); Límite de cuantificación (LC).

Índice de exposición	Nº de mediciones	%	Entre 2001 y 2021	
			< LD	< LC
> 1	3	2,6		
> 0,1	7	6		
< 0,1	106	91,4	< LD	52
			< LC	20
TOTAL:	116	100		

Tabla 15: Nº de Mediciones realizadas y resultado en Jefatura de Mantenimiento. Límite de detección (LD).

Índice de exposición	Nº de mediciones	2019	
		< LD	< LC
< 0,1	1	< LD	1
TOTAL:	1		

Tabla 16: Nº de Mediciones realizadas y resultado en Jefatura de operaciones. Límite de detección (LD).

Índice de exposición	Nº de mediciones	2019	
< 0,1	1	< LD	1
TOTAL:	1		

Tabla 17: Nº de Mediciones realizadas y resultado en Maquinistas de tracción eléctrica. Límite de detección (LD); Límite de cuantificación (LC).

Índice de exposición	Nº de mediciones	2019	
< 0,1	5	< LD	4
		< LC	1
TOTAL:	5		

Tabla 18: Nº de Mediciones realizadas y resultado en Personal Técnico Mantenimiento. Catenaria. Límite de detección (LD); Límite de cuantificación (LC).

Índice de exposición	Nº de mediciones	2018	
> 1	2	Limpieza aisladores	
TOTAL:	2		

Tabla 19: Nº de Mediciones realizadas y resultado en Personal Técnico Mantenimiento Eléctrico- Electrónico. Límite de detección (LD).

Índice de exposición	Nº de mediciones	2013-2018	
< 0,1	5	< LD	5
TOTAL:	5		

Tabla 20: Nº de Mediciones realizadas y resultado en Personal Técnico Mantenimiento mecánico neumático. Límite de detección (LD); Límite de cuantificación (LC).

Índice de exposición	Nº de mediciones	%	Entre 2001 y 2020	
> 1	19	25		
> 0,1	28	36,8		
< 0,1	29	38,2	< LD	19
			< LC	5
TOTAL:	76	100		

Tabla 21: Nº de Mediciones realizadas y resultado en Personal Técnico Mantenimiento Señalización, Comunicación y Control. Límite de detección (LD); Límite de cuantificación (LC).

Índice de exposición	Nº de mediciones	2020	
> 0,1	2		
< 0,1	5	< LD	4
		< LC	1
TOTAL:	7		

Tabla 22: Nº de Mediciones realizadas y resultado en Personal Técnico Mantenimiento. Vía. Límite de detección (LD).

Índice de exposición	Nº de mediciones	Entre 2017 y 2019	
> 1	3		
< 0,1	2	< LD	2
TOTAL:	5		

Tabla 23: Nº de Mediciones realizadas y resultado en responsable de Almacén. Límite de detección (LD).

Índice de exposición	Nº de mediciones	2020-2021	
< 0,1	2	< LD	2
TOTAL:	2		

Tabla 24: Nº de Mediciones realizadas y resultado Supervisión Mantenimiento Electricidad y Electromecanismos.

Índice de exposición	Nº de mediciones	2018	
> 0,1	2		
TOTAL:	2		

Tabla 25: Nº de Mediciones realizadas y resultado en Supervisión Mantenimiento Vía.

Índice de exposición	Nº de mediciones	2018	
> 1	1		
TOTAL:	1		

Tabla 26: Nº de Mediciones realizadas y resultado en Supervisión Mantenimiento Mecánico Neumático. Límite de detección (LD).

Índice de exposición	Nº de mediciones	2018	
> 0,1	1		
< 0,1	1	< LD	1
TOTAL:	2		

Tabla 27: Nº de Mediciones realizadas y resultado en puesto Unidad de Supervisión e Intervención. Límite de detección (LD).

Índice de exposición	Nº de mediciones	2019	
< 0,1	1	< LD	1
TOTAL:	1		

Tabla 28: Nº de Mediciones realizadas por años e índices de exposición. Índice de exposición (I).

Año	Total	I > 1	I > 0,1	I < 0,1
2001	3	--	2	1
2002	2	--	1	1
2003	3	--	1	2
2010	4	1	3	--
2011	5	1	1	3
2012	12	5	4	3
2013	17	5	3	9
2014	7	2	2	3
2015	6	--	6	--
2016	10	2	2	6
2017	12	4	1	7
2018	24	5	7	12
2019	59	3	2	54
2020	13	--	4	9
2021	49	--	1	48

Tabla 29: Nº de Mediciones realizadas e índice de exposición por lugar. Índice de exposición (I).

Lugar	Año	Total	I > 1	I > 0,1	I < 0,1
Ariz taller	2012	12	5	4	3
	2013	13	4	2	7
	2014	3	--	1	2
	2015	6	--	6	--
	2016	5	--	3	2
	2017	2	--	1	1
	2018	7	1	2	4
Sopela taller	2001	2	--	2	--
	2003	2	--	1	1
	2010	4	1	3	--
	2011	5	1	1	3
	2013	4	1	1	2
	2014	4	2	1	1
	2016	5	2	--	3
	2017	2	2	--	--
	2018	9	--	4	5
	2020	2	--	--	2
2021	1	--	--	1	
Línea	2001	1	--	--	1

	2002	2	--	1	1
	2003	1	--	--	1
	2017	6	--	--	6
	2018	6	2	1	3
	2019	57	3	2	52
	2020	4	--	2	2
	2021	48	--	1	47
Recorrido por Bilbao	2019	1	--	--	1
Vía	2017	2	2	--	--
	2018	2	2	--	--
	2019	2	--	--	2
	2020	7	--	2	5
TALLER ARIZ: En junio de 2013 se sustituye la arena por otra con menor porcentaje de finos. Cambio de la granulometría de la arena de sílice utilizada. Nov 2013: Instalación de Carga de areneros modificada.					
TALLER SOPELA: En 2016 se sustituye la arena por otra con menor porcentaje de finos. 2018: Instalación de Carga de areneros modificada.					

Continuación de la tabla anterior.

Tabla 30: Granulometrías anteriores y posteriores al cambio.

Tabla 30a: Antigua: Coeficiente de uniformidad medio A-S25: 2.27

Referencia	Arena de sílice cristalina A-S25 Sibelco		
REF. Gaiker	A-S25 Sibelco Replica 2		
Tamiz,mm	Porcentaje i	Diámetro i	Pi x Di
D> 2,8	0,0000	2,8000	0,0000
2,8>D>2,36	0,0200	2,5800	0,0515
2,36>D>2	0,1548	2,1800	0,03375
2>D>1,7	0,6243	1,8500	1,1550
1,7>D>1,4	4,8699	1,5500	7,5483
1,4>D>1	15,4887	1,2000	18,5865
1>D>0,71	7,4722	0,8550	6,3887
0,71>D>0,5	13,4009	0,6050	8,1076
0,5>D>0,2	54,4678	0,3500	19,0637
0,2>D>0,1	2,9519	0,1500	0,4428
0,1>D>0,025	0,5145	0,0625	0,0322
D<0,025	0,0350	0,0250	0,0009
		Suma (PixDi)	61,7147
Dm (mm)	0,62		
Dm (µm)	617		

Tabla 30b: SC posterior: Coeficiente de uniformidad medio A-GRS12-CMB: 1.375

Referencia	Arena de sílice cristalina A- GRS12-CMB Sibelco		
REF. Gaiker	A-GRS12-CMB-Sibelco post silo a tolva Replica 2		
Tamiz,mm	Porcentaje i	Diámetro i	Pi x Di
D> 2,8	0,0449	2,8000	0,1258
2,8>D>2,36	1,1083	2,5800	2,8594
2,36>D>2	15,9653	2,1800	34,8043
2>D>1,7	32,4797	1,8500	60,0874
1,7>D>1,4	36,2488	1,5500	56,1857
1,4>D>1	9,5901	1,2000	11,5082
1>D>0,71	2,5311	0,8550	2,1641
0,71>D>0,5	1,3180	0,6050	0,7974
0,5>D>0,2	0,6440	0,3500	0,2254
0,2>D>0,1	0,0250	0,1500	0,0037
0,1>D>0,025	0,0349	0,0625	0,0022
D<0,025	0,0100	0,0250	0,0002
		Suma (PixDi)	
Dm (mm)	1,69		
Dm (µm)	1688		

Resultados Línea.

Tabla 31. Estudio por estación. (Página siguiente).

RESIDENCIA	oct 01	sep 02	abr 03	mar 17	jun 17	may 18	jul 19	nov 19			feb 20	nov 20	feb 21	mar 21
ABANDO	0,06	---	---	---	---	---	---	0,047	---	1,152	---	0,01	0,034	
	0,08	---	---	---	---	---	---	0,025	---	---	---	0,015	0,030	
DEUSTU	---	---	---	0,02	---	0,02	---	0,009	---	2,639	---	0,256	0,036	
	---	---	---	0,06	---	0,06	---	0,026	---	---	---	---	0,041	
GURUTZETA/ CRUCES	---	---	---	---	0,01	0,13	---	0,009	---	0,01	---	---	0,033	
	---	---	---	---	0,01	0,49	0,26	0,026	---	0,029	---	---	0,030	
SAN IGNAZIO	---	---	---	0,02	---	0,02	0,02	0,037	---	---	---	---	---	---
	---	---	---	0,05	---	0,02	0,03	0,021	---	---	---	---	---	---
SANTIMAMI / SAN MAMES	---	---	---	0,05	---	---	---	0,018	---	0,012	---	---	---	---
	---	---	---	0,06	---	---	---	0,024	---	0,037	---	---	---	---
ZAZPIKALEAK / CASCO VIEJO	---	---	---	---	---	0,02	---	0,007	---	0,027	---	---	---	---
	---	---	---	---	---	0,03	---	0,022	---	0,031	---	---	---	---
EXTERIOR	---	---	---	---	---	---	0,02	0,014	0,007	0,009	---	---	---	---
	---	---	---	---	---	---	0,04	0,043	0,02	0,028	---	---	---	---
BIDEZABAL	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1,702	---	0,256	0,034	
	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0,015	
BASAURI	---	---	---	---	---	---	---	0,017	---	0,012	---	---	0,033	
	---	---	---	---	---	---	---	0,102	---	0,019	---	---	0,015	
INDAUTXU	---	---	---	---	---	---	---	0,029	---	0,007	---	---	0,182	
	---	---	---	---	---	---	---	0,022	---	0,021	---	---	0,175	
BARAKALDO	---	---	---	---	---	---	---	0,009	---	---	---	---	0,037	
	---	---	---	---	---	---	---	0,028	---	---	---	---	0,033	
MOYUA	---	---	---	---	---	---	---	0,017	---	0,01	---	---	0,038	
	---	---	---	---	---	---	---	0,025	---	0,029	---	---	0,034	
ALGORTA	---	---	---	---	---	---	---	0,01	---	0,01	---	---	0,036	0,034
	---	---	---	---	---	---	---	0,031	---	0,03	---	---	0,065	0,015
ABATXOLO	---	---	---	---	---	---	---	0,009	---	---	---	---	0,038	0,035
	---	---	---	---	---	---	---	0,027	---	---	---	---	0,033	0,032
ANSIO	---	---	---	---	---	---	---	0,009	---	---	---	---	0,036	0,034
	---	---	---	---	---	---	---	0,026	---	---	---	---	0,016	0,031
ARIZ	---	---	---	---	---	---	---	0,009	---	---	---	---	0,040	0,036
	---	---	---	---	---	---	---	0,027	---	---	---	---	0,018	0,033
AREETA	---	---	---	---	---	---	---	0,012	---	---	---	---	0,036	0,036
	---	---	---	---	---	---	---	0,037	---	---	---	---	0,016	0,016
BAGATZA	---	---	---	---	---	---	---	0,009	---	---	---	---	0,054	0,034
	---	---	---	---	---	---	---	0,027	---	---	---	---	0,034	0,015

RESIDENCIA	oct 01	sep 02	abr 03	mar 17	jun 17	may 18	jul 19	nov 19			feb 20	nov 20	feb 21	mar 21
BASARRATE	--	0,153	0,077	--	--	--	--	0,017	--	--	--	--	0,037	0,033
	--	0,0438	0,5	--	--	--	--	0,024	--	--	--	--	0,033	0,050
ERANDIO	--	--	--	--	--	--	--	0,012	--	--	--	--	0,032	0,035
	--	--	--	--	--	--	--	0,037	--	--	--	--	0,015	0,016
ETXEBARRI	--	--	--	--	--	--	--	0,008	--	--	--	--	0,030	0,030
	--	--	--	--	--	--	--	0,025	--	--	--	--	0,013	0,013
LARRABASTERRA	--	--	--	--	--	--	--	0,009	--	--	--	--	0,038	0,034
	--	--	--	--	--	--	--	0,027	--	--	--	--	0,017	0,015
LEIOA	--	--	--	--	--	--	--	0,011	--	--	--	--	0,034	0,055
	--	--	--	--	--	--	--	0,034	--	--	--	--	0,015	0,034
PEÑOTA	--	--	--	--	--	--	--	0,01	--	--	--	--	0,044	0,038
	--	--	--	--	--	--	--	0,03	--	--	--	--	0,043	0,034
PORTUGALETE	--	--	--	--	--	--	--	0,021	--	--	--	--	0,038	0,036
	--	--	--	--	--	--	--	0,028	--	--	--	--	0,034	0,016
SANTURTZI	--	--	--	--	--	--	--	0,014	--	--	--	--	0,034	0,036
	--	--	--	--	--	--	--	0,043	--	--	--	--	0,031	0,016
SANTUTXU	--	--	--	--	--	--	--	0,018	--	--	--	--	0,035	0,042
	--	--	--	--	--	--	--	0,024	--	--	--	--	0,032	0,069
SARRIKO	--	--	--	--	--	--	--	0,008	--	--	--	--	0,034	0,033
	--	--	--	--	--	--	--	0,023	--	--	--	--	0,015	0,049
SESTAO	--	--	--	--	--	--	--	0,009	--	--	--	--	0,035	0,036
	--	--	--	--	--	--	--	0,027	--	--	--	--	0,016	0,033
SOPELA	--	--	--	--	--	--	--	0,011	--	--	--	--	0,037	0,043
	--	--	--	--	--	--	--	0,032	--	--	--	--	0,033	0,019
URDULIZ	--	--	--	--	--	--	--	0,009	--	--	--	--	0,034	0,034
	--	--	--	--	--	--	--	0,028	--	--	--	--	0,015	0,015
TALLER SOPELA	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0,057	--	--	0,045
	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0,080	--	--	0,020

Continuación de la tabla anterior.

Tabla 32. Valoración según Norma UNE EN 689:2019. Sigüientes páginas.

RESIDENCIA	VALORACIÓN 2020 - NORMA UNE-EN 689:2019		OBSERVACIONES
	PRELIMINAR	CONCLUSIÓN	
ABANDO	NO DECISIÓN. Necesitamos tener mínimo hasta 6 mediciones para realizar la Prueba estadística.	NO DECISIÓN	Necesarias medidas de control y volver a muestrear.
DEUSTO	NO DECISIÓN. Necesitamos tener mínimo hasta 6 mediciones para realizar la Prueba estadística.	NO DECISIÓN	Necesarias medidas de control y volver a muestrear.
GURUTZETA/ CRUCES	PRUEBA ESTADÍSTICA.	ACEPTABLE/ NO CONFORME	Necesarias medidas de control y volver a muestrear. En dos de las mediciones dan valores altos.
SAN IGNAZIO	CONFORME: < 0,1 VLA	CONFORME / ACEPTABLE	Realizar otras 3 mediciones hasta tener las seis para llevar a cabo la prueba estadística, en el plazo de un año, para poder establecer la periodicidad de las de control.
SANTIMAMI / SAN MAMES	CONFORME: < 0,1 VLA	CONFORME / ACEPTABLE	Realizar otras 3 mediciones hasta tener las seis para llevar a cabo la prueba estadística, en el plazo de un año, para poder establecer la periodicidad de las de control.
ZAZPIKALEAK / CASCO VIEJO	CONFORME: < 0,1 VLA	CONFORME / ACEPTABLE	Realizar otras 3 mediciones hasta tener las seis para llevar a cabo la prueba estadística, en el plazo de un año, para poder establecer la periodicidad de las de control.
EXTERIOR	CONFORME: < 0,1 VLA	CONFORME / ACEPTABLE	Realizar otras 3 mediciones hasta tener las seis para llevar a cabo la prueba estadística, en el plazo de un año, para poder establecer la periodicidad de las de control.
BIDEZABAL	NO DECISIÓN. Necesitamos tener mínimo hasta 6 mediciones para realizar la Prueba estadística.	NO DECISION	Necesarias medidas de control y volver a muestrear.
BASAURI	NO DECISIÓN. Necesitamos tener mínimo hasta 6 mediciones para realizar la Prueba estadística.	NO DECISION	Falta, como mínimo, 1 medición más.
INDAUTXU	NO DECISIÓN. Necesitamos tener mínimo hasta 6 mediciones para realizar la Prueba estadística.	NO DECISION	Faltan, como mínimo, 2 mediciones más.
BARAKALDO	NO DECISIÓN. Necesitamos tener mínimo hasta 6 mediciones para realizar la Prueba estadística.	NO DECISION	Falta, como mínimo, 1 medición más.
MOYUA	CONFORME: < 0,1 VLA	CONFORME / ACEPTABLE	Realizar otras 3 mediciones hasta tener las seis para llevar a cabo la prueba estadística, en el plazo de un año, para poder establecer la periodicidad de las de control.
ALGORTA	CONFORME: < 0,1 VLA	CONFORME / ACEPTABLE	Realizar otras 3 mediciones hasta tener las seis para llevar a cabo la prueba estadística, en el plazo de un año, para poder establecer la periodicidad de las de control.
ABATXOLO	CONFORME: < 0,1 VLA	CONFORME / ACEPTABLE	Realizar otras 3 mediciones hasta tener las seis para llevar a cabo la prueba estadística, en el plazo de un año, para poder establecer la periodicidad de las de control.

RESIDENCIA	VALORACIÓN 2020 - NORMA UNE-EN 689:2019		OBSERVACIONES
	PRELIMINAR	CONCLUSIÓN	
AREETA	CONFORME: < 0,1 VLA	CONFORME / ACEPTABLE	Realizar otras 3 mediciones hasta tener las seis para llevar a cabo la prueba estadística, en el plazo de un año, para poder establecer la periodicidad de las de control.
BAGATZA	CONFORME: < 0,1 VLA	CONFORME / ACEPTABLE	Realizar otras 3 mediciones hasta tener las seis para llevar a cabo la prueba estadística, en el plazo de un año, para poder establecer la periodicidad de las de control.
BASARRATE	CONFORME: < 0,1 VLA	CONFORME / ACEPTABLE	Realizar otras 3 mediciones hasta tener las seis para llevar a cabo la prueba estadística, en el plazo de un año, para poder establecer la periodicidad de las de control.
ERANDIO	CONFORME: < 0,1 VLA	CONFORME / ACEPTABLE	Realizar otras 3 mediciones hasta tener las seis para llevar a cabo la prueba estadística, en el plazo de un año, para poder establecer la periodicidad de las de control.
ETXEBARRI	CONFORME: < 0,1 VLA	CONFORME / ACEPTABLE	Realizar otras 3 mediciones hasta tener las seis para llevar a cabo la prueba estadística, en el plazo de un año, para poder establecer la periodicidad de las de control.
LARRABASTERRA	CONFORME: < 0,1 VLA	CONFORME / ACEPTABLE	Realizar otras 3 mediciones hasta tener las seis para llevar a cabo la prueba estadística, en el plazo de un año, para poder establecer la periodicidad de las de control.
LEIOA	CONFORME: < 0,1 VLA	CONFORME / ACEPTABLE	Realizar otras 3 mediciones hasta tener las seis para llevar a cabo la prueba estadística, en el plazo de un año, para poder establecer la periodicidad de las de control.
PEÑOTA	CONFORME: < 0,1 VLA	CONFORME / ACEPTABLE	Realizar otras 3 mediciones hasta tener las seis para llevar a cabo la prueba estadística, en el plazo de un año, para poder establecer la periodicidad de las de control.
PORTUGALETE	CONFORME: < 0,1 VLA	CONFORME / ACEPTABLE	Realizar otras 3 mediciones hasta tener las seis para llevar a cabo la prueba estadística, en el plazo de un año, para poder establecer la periodicidad de las de control.
SANTURTZI	CONFORME: < 0,1 VLA	CONFORME / ACEPTABLE	Realizar otras 3 mediciones hasta tener las seis para llevar a cabo la prueba estadística, en el plazo de un año, para poder establecer la periodicidad de las de control.
SANTUTXU	CONFORME: < 0,1 VLA	CONFORME / ACEPTABLE	Realizar otras 3 mediciones hasta tener las seis para llevar a cabo la prueba estadística, en el plazo de un año, para poder establecer la periodicidad de las de control.
SARRIKO	CONFORME: < 0,1 VLA	CONFORME / ACEPTABLE	Realizar otras 3 mediciones hasta tener las seis para llevar a cabo la prueba estadística, en el plazo de un año, para poder establecer la periodicidad de las de control.
SESTAO	CONFORME: < 0,1 VLA	CONFORME / ACEPTABLE	Realizar otras 3 mediciones hasta tener las seis para llevar a cabo la prueba estadística, en el plazo de un año, para poder establecer la periodicidad de las de control.
SOPELA	CONFORME: < 0,1 VLA	CONFORME / ACEPTABLE	Realizar otras 3 mediciones hasta tener las seis para llevar a cabo la prueba estadística, en el plazo de un año, para poder establecer la periodicidad de las de control.

RESIDENCIA	VALORACIÓN 2020 - NORMA UNE-EN 689:2019		OBSERVACIONES
	PRELIMINAR	CONCLUSIÓN	
URDULIZ	CONFORME: < 0,1 VLA	CONFORME / ACEPTABLE	Realizar otras 3 mediciones hasta tener las seis para llevar a cabo la prueba estadística, en el plazo de un año, para poder establecer la periodicidad de las de control.
TALLER SOPELA	NO DECISIÓN. 6 mediciones para realizar la Prueba estadística.	NO DECISIÓN	Falta, como mínimo, 1 medición más.
ANSIO	CONFORME: < 0,1 VLA	CONFORME / ACEPTABLE	Realizar otras 3 mediciones hasta tener las seis para llevar a cabo la prueba estadística, en el plazo de un año, para poder establecer la periodicidad de las de control.
ARIZ	CONFORME: < 0,1 VLA	CONFORME / ACEPTABLE	Realizar otras 3 mediciones hasta tener las seis para llevar a cabo la prueba estadística, en el plazo de un año, para poder establecer la periodicidad de las de control.

Tabla 33: Valoración según Norma UNE-EN 689:2019. (2). Personal supervisor de estación (SPVE).

SPVE	AGENTE	OCT 2001	MAR 2017	JUN 2017	MAY 2018	JUL 2019	NOV 2019		NOV 2020	FEB 2021	MAR 2021	VALORACION 2020 - NORMA UNE-EN 689:2019		OBSERVACIONES
												PRELIMINAR	CONCLUSION	
ABA	Partículas respirable	0,06	---	---	---	---	0,05	---	1,15	0,01	0,034	NO DECISION Necesitamos tener mínimo hasta 6 mediciones para realizar la Prueba estadística.	NO DECISION	Necesarias medidas de control y volver a muestrear.
	Sílice	0,08	---	---	---	---	0,03	---	0,02	0,030				
DEU	Partículas respirable	---	0,02	---	0,02	---	0,01	---	2,64	0,26	0,036	PRUEBA ESTADISTICA	ACEPTABLE/ NO CONFORME	Necesarias medidas de control y volver a muestrear. 2 mediciones dan valores altos.
	Sílice	---	0,06	---	0,06	---	0,03	---	0,03	0,041				
GUR	Partículas respirable	---	---	0,01	0,13	0,26	0,01	---	0,01	---	0,033	CONFORME, <0,1VLA	CONFORME / ACEPTABLE	Realizar otras 3 mediciones hasta tener las 6 para llevar a cabo la prueba estadística, en el plazo de un año, para poder establecer la periodicidad de las de control.
	Sílice	---	---	0,01	0,49	---	0,03	---	0,03	---	0,030			
SIN	Partículas respirable	---	0,02	---	0,02	0,02	0,04	---	---	---	---	CONFORME, <0,1VLA	CONFORME / ACEPTABLE	Realizar otras 3 mediciones hasta tener las 6 para llevar a cabo la prueba estadística, en el plazo de un año, para poder establecer la periodicidad de las de control.
	Sílice	---	0,05	---	0,02	0,03	0,02	---	---	---	---			
SAM	Partículas respirable	---	0,05	---	---	---	0,02	---	0,01	---	---	CONFORME, <0,1VLA	CONFORME / ACEPTABLE	Realizar otras 3 mediciones hasta tener las 6 para llevar a cabo la prueba estadística, en el plazo de un año, para poder establecer la periodicidad de las de control.
	Sílice	---	0,06	---	---	---	0,02	---	0,04	---	---			
CAV	Partículas respirable	---	---	---	0,02	---	0,01	---	0,03	---	---	CONFORME, <0,1VLA	CONFORME / ACEPTABLE	Realizar otras 3 mediciones hasta tener las 6 para llevar a cabo la prueba estadística, en el plazo de un año, para poder establecer la periodicidad de las de control.
	Sílice	---	---	---	0,03	---	0,02	---	0,03	---	---			
EXT	Partículas respirable	---	---	---	---	0,02	0,01	0,01	0,01	---	---	CONFORME, <0,1VLA	CONFORME / ACEPTABLE	Realizar otras 3 mediciones hasta tener las 6 para llevar a cabo la prueba estadística, en el plazo de un año, para poder establecer la periodicidad de las de control.
	Sílice	---	---	---	---	0,04	0,04	0,02	0,03	---	---			
BID	Partículas respirable	---	---	---	---	---	---	---	1,7	0,26	0,034	NO DECISION. Necesitamos tener mínimo hasta 6 mediciones para realizar la Prueba estadística.	NO DECISION	Necesarias medidas de control y volver a muestrear.
	Sílice	---	---	---	---	---	---	---	---	0,015	---			
BSR	Partículas respirable	---	---	---	---	---	0,02	---	0,01	---	0,033	CONFORME, <0,1VLA	CONFORME / ACEPTABLE	Falta, mínimo, 1 medición más.
	Sílice	---	---	---	---	---	0,1	---	0,02	---	0,015			

SPVE	AGENTE	OCT 2001	MAR 2017	JUN 2017	MAY 2018	JUL 2019	NOV 2019			NOV 2020	FEB 2021	MAR 2021	VALORACION 2020 - NORMA UNE-EN 689:2019		OBSERVACIONES
													PRELIMINAR	CONCLUSION	
IND	Partículas respirable	---	---	---	---	---	0,03	---	0,01	---	0,182			Faltan, mínimo, 2 mediciones más.	
	Sílice	---	---	---	---	---	0,02	---	0,02	---	0,175				
BAR	Partículas respirable	---	---	---	---	---	0,01	---	---	---	0,037			Falta, mínimo, 1 medición más.	
	Sílice	---	---	---	---	---	0,03	---	---	---	0,033				

Tabla 34. Valoración según Norma UNE-EN 689:2019 (3). Personal supervisor de estación (SPVE).

SPVE	AGENTE	SEP 2002	ABR 2003	NOV 2019		FEB 2021	MAR 2021	VALORACION 2020 - NORMA UNE-EN 689:2019		OBSERVACIONES
								PRELIMINAR	CONCLUSION	
MOY	Partículas respirable	---	---	0,02	0,01	0,038			CONFORME, <0,1VLA	Realizar otras 3 mediciones hasta tener las 6 para llevar a cabo la prueba estadística, en el plazo de un año, para poder establecer la periodicidad de las de control.
	Sílice	---	---	0,03	0,03	0,034				
ALG	Partículas respirable	---	---	0,01	0,01	0,036	0,034			
	Sílice	---	---	0,03	0,03	0,065	0,015			
ABR	Partículas respirable	---	---	0,01		0,038	0,035			
	Sílice	---	---	0,03		0,033	0,032			
ANS	Partículas respirable	---	---	0,01		0,036	0,034			
	Sílice	---	---	0,03		0,016	0,031			
ARI	Partículas respirable	---	---	0,01		0,040	0,036			
	Sílice	---	---	0,03		0,018	0,033			
ARE	Partículas respirable	---	---	0,01		0,036	0,036			
	Sílice	---	---	0,04		0,016	0,016			
BAG	Partículas respirable	---	---	0,01		0,054	0,034			
	Sílice	---	---	0,03		0,034	0,015			
BAS	Partículas respirable	0,153	0,08	0,02		0,037	0,033			
	Sílice	0,044	0,5	0,02		0,033	0,050			
ERA	Partículas respirable	---	---	0,01		0,032	0,035			
	Sílice	---	---	0,04		0,015	0,016			
ETX	Partículas respirable	---	---	0,01		0,030	0,030			
	Sílice	---	---	0,03		0,013	0,013			

SPVE	AGENTE	OCT 2001	MAR 2017	JUN 2017	MAY 2018	JUL 2019	NOV 2019	NOV 2020	FEB 2021	MAR 2021	VALORACION 2020 - NORMA UNE-EN 689:2019		OBSERVACIONES
											PRELIMINAR	CONCLUSION	
LAR	Partículas respirable		---	---	0,01		0,038	0,034					
	Sílice		---	---	0,03		0,017	0,015					
LEI	Partículas respirable		---	---	0,01		0,034	0,055					
	Sílice		---	---	0,03		0,015	0,034					

Tabla 35. Agrupación zonal, en base a Norma UNE EN 689:2019 (4). Personal supervisor de estación (SPVE).

AGRUPACION ZONAL		ESTACIONES	nov-19	feb-21	mar-21	VALORACION 2020 - NORMA UNE-EN 689:2019		OBSERVACIONES
						PRELIMINAR	CONCLUSION	
A	BASAURI-SAN INAZIO	SARRIKO	0,023	0,015	0,049	PRUEBA ESTADISTICA.	CONFORME / ACEPTABLE	Realizar nuevas mediciones para evaluar la exposición de una o más jornadas de trabajo en un periodo máximo de 36 meses.
		SANTUTXU	0,024	0,032	0,069			
		ETXEBARRI	0,025	0,013	0,013			
		BASARRATE	0,024	0,033	0,050			
		ARIZ	0,027	0,018	0,033			
B	ERANDIO-IBARBENGOA	LEIOA	0,034	0,015	0,034	PRUEBA ESTADISTICA.	CONFORME / ACEPTABLE	Realizar nuevas mediciones para evaluar la exposición de una o más jornadas de trabajo en un periodo máximo de 36 meses.
		ERANDIO	0,037	0,015	0,016			
		AREETA	0,037	0,016	0,016			
		ALGORTA	0,031	0,065	0,015			
C	LARRABASTERRA-PLENTZIA	URDULIZ	0,028	0,015	0,015	PRUEBA ESTADISTICA.	CONFORME / ACEPTABLE	Realizar nuevas mediciones para evaluar la exposición de una o más jornadas de trabajo en un periodo máximo de 36 meses.
		SOPELA	0,032	0,033	0,019			
		LARRABASTERRA	0,027	0,017	0,015			
D	GURUTZETA-KABIEZES	BARAKALDO	0,028	0,033	---	PRUEBA ESTADISTICA.	CONFORME / ACEPTABLE	Realizar nuevas mediciones para evaluar la exposición de una o más jornadas de trabajo en un periodo máximo de 36 meses.
		SESTAO	0,027	0,016	0,033			
		SANTURTZI	0,043	0,031	0,016			
		PORTUGALETE	0,028	0,034	0,016			
		PEÑOTA	0,03	0,043	0,034			
		BAGATZA	0,027	0,034	0,015			

Tabla 36. Agrupación Conducción, en base a Norma UNE-EN 689:2019. Índice de exposición (I). Límite de detección (LD); Límite de cuantificación (LC). Maquinista de tracción eléctrica (MTE).

PUESTO	AGENTE	jul-19			Noviembre 2019			VALORACION 2022- NORMA UNE-EN 689:2019							
		1	2	3- USI	1	2	3	PRUEBA PRILIMINAR	MAGNITUD DE RIESGO	ACTUACION	PRUEBA ESTADISTICA	MAGNITUD DE RIESGO	PERIODICIDAD (utilizando MG o MA)		
MTE	SCR	<LD	<LC	<LD	<LD	<LD	<LD	CONFORME (6 muestras; $I < 0,10$)	CONFORME / ACEPTABLE	1	EVALUACIÓN PERIÓDICA: Periodicidad según J Realizar prueba estadística.	CONFORME ($U_R \geq U_T; I < 0,20$)	1	J<0,25	36 meses

Datos de Concentración para el cálculo estadístico. CALCULADOR INSST	1	2	3- USI	1	2	3
	0,0016	0,003	0,001	0,001	0,002	0,001

RESULTADO

Nivel de exposición
ACEPTABLE

La exposición al agente químico es inferior al VLA-ED , según las condiciones de conformidad establecidas en el TEST ESTADÍSTICO para la evaluación de la exposición a agentes químicos en la Norma UNE-EN 689:2019.

DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL	ESTADÍSTICOS	PRUEBA ESTADÍSTICA
W (Shapiro-Wilk) = 0,841 W_{crítico} = 0,788	MG = 0,0015 DSG = 1,583	LSC_{95,70} = 0,00398 U_R = 7,69 U_T = 2,187

Sugerencia: Realizar nuevas mediciones para evaluar la exposición de una o más jornadas de trabajo en un periodo máximo de 36 meses.

4.1.3.- EVALUACIÓN DE RIESGOS POR PUESTOS.

A continuación, se expone la evaluación de riesgos de los puestos de trabajo con mayor exposición a SC.

Tabla 37: Personal Técnico Mecánico Neumático. Imágenes propias.

- Evaluación/Información de los riesgos higiénicos del puesto de trabajo.16-SP-DC-041_1.
- Material Móvil.
- Mantenimiento Mecánico Neumático.

1. Relación de los riesgos del Puesto de trabajo de personal mecánico neumático (PMN).

Origen del factor de riesgo / condiciones de trabajo	Preparado Químico	Agente Ambiental	Equipos de trabajo	Medidas de Prevención
<p>Ruido: emitido principalmente por los compresores de las UT y la máquina herramienta (taladros, torno, etc.), por equipos de soldadura, esmeriles y máquinas portátiles (máquinas neumáticas para apretar tornillos, rotaflex, vibradoras para quitar silicona, ...).</p> 		Ruido	Máquinas portátiles Máquina herramienta UT	<p>Utilización de los equipos de protección auditiva: TAPONES / OREJERAS</p> <p>Cumplir las medidas propuestas en los informes específicos.</p> <p>Sistemas de amortiguación.</p> <p>Control y seguimiento del uso de los equipos de protección individual por parte del personal de plantilla.</p>
		Vibraciones (VMB)	Máquinas portátiles	<p>Mantenimiento adecuado de estos equipos para evitar su deterioro y, evitar así el aumento de ruido y vibraciones.</p> <p>Rotarse a en tareas realizadas programadas que impliquen el uso de máquinas portátiles de forma que se repartan los periodos de exposición a ruido y vibraciones.</p> <p>Comunicación inmediata de cualquier anomalía que se detecte en estos equipos.</p> <p>En el caso de trabajar de manera continuada con alguna máquina portátil que produzca vibraciones excesivas, utilizar guantes VIBRAGUARD.</p>

Origen del factor de riesgo / condiciones de trabajo	Preparado Químico	Agente Ambiental	Equipos de trabajo	Medidas de Prevención
<p>Contacto con la piel y exposición a los productos químicos: grasas, etc.</p> 	<p>Grasas Aceites</p>	<p>Irritante de la piel y ojos tras contacto repetido</p>		<p>99-SP-PR-314 Control de productos químicos, normas generales de utilización</p> <p>En caso de contacto con la piel, lavar con abundante agua y jabón. En caso de contacto con los ojos, lavar inmediatamente con abundante agua.</p> <p>Utilización de guantes (resistentes a los hidrocarburos) para evitar el contacto con la piel. Se recomienda el uso de guantes de nitrilo SOLVEX-PLUS. Si existiesen riesgos mecánicos añadidos, tales como corte, abrasión, etc., se deberán utilizar guantes HYCRON, o si el riesgo de corte es elevado guantes NITRASAFE.</p> <p>En caso de que se prevean salpicaduras del producto a los ojos, utilización de gafas de seguridad PANORÁMICAS de montura integral o bien PANTALLA de protección FACIAL.</p> <p>Control y seguimiento del uso de los EPI.</p>
<p>Utilización de aceites en tareas como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • mantenimiento de compresores y reductores. • lubricación de equipos de trabajo. 	<p>Aceites Taladrinas</p>	<p>Irritante de la piel y ojos tras contacto repetido</p>		

Origen del factor de riesgo / condiciones de trabajo	Preparado Químico	Agente Ambiental	Equipos de trabajo	Medidas de Prevención
Utilización de barnices y lacas, en pequeñas cantidades para el pintado de superficies de equipos de trabajo.		Vapores orgánicos Partículas inhalables (Aerosoles)	Pistola	Ventilación adecuada de la zona de trabajo. Evitar el contacto con la piel, utilizando guantes de seguridad (por ej. de goma). En caso de que se prevean salpicaduras del producto a los ojos, utilización de gafas de seguridad PANORÁMICAS de montura integral o bien PANTALLA de protección FACIAL . En caso de aplicación con pistola: utilizar Mascarilla 3M 4251 , o bien: Máscara 3M 7907 S con filtro combinado para gases y vapores orgánicos 3M 6057 y partículas P2. Cumplir las medidas propuestas en los informes específicos.
Tareas de pintura, tanto en el interior de la cabina de pintado, como en el exterior de la misma, por lo que puede existir exposición a vapores orgánicos y a partículas sólidas: debido a la aplicación con pistola. 	Barnices Pinturas Lacas	Vapores orgánicos Partículas inhalables (Aerosoles) Ruido	Pistola Plataforma elevadora Cabina de Pintura	99-SP-PR-314 Control de productos químicos, normas generales de utilización Trabajar siempre con las extracciones en marcha. Evitar el contacto con la piel, utilizando guantes de seguridad (por ej. de goma). Utilizar Mascarilla 3M 4251 , o bien: Máscara 3M 7907 S con filtro combinado para gases y vapores orgánicos 3M 6057 y partículas P2. Uso de protección auditiva: TAPONES / OREJERAS Cumplir las medidas propuestas en los informes específicos. Control y seguimiento del uso de los EPI. Personas con historial asmático, alérgico o dificultades respiratorias crónicas o recurrentes no deben tratar con productos de este tipo; ni dentro, ni fuera de la cabina.
Interior de cabina de pintura. Esta instalación dispone de extracción. Exposición a ruido durante el pintado.				

Origen del factor de riesgo / condiciones de trabajo	Preparado Químico	Agente Ambiental	Equipos de trabajo	Medidas de Prevención
Utilización de disolventes y decapantes en diversas tareas como preparación de pinturas, limpieza de piezas, etc.	Disolventes	Vapores orgánicos		<p>99-SP-PR-314 Control de productos químicos, normas generales de utilización</p> <p>Ventilación adecuada de la zona de trabajo</p> <p>Evitar el contacto con la piel, utilizando guantes de seguridad (por ej. de goma); y en caso de preverse salpicaduras del producto, utilización de GAFAS PANORÁMICAS, o PANTALLA FACIAL.</p> <p>En caso de aplicación con pistola: utilizar MASCARILLA 3M 4251, o bien: MÁSCARA 3M 7907 S con filtro combinado para gases y vapores orgánicos 3M 6057 y partículas P2.</p> <p>Control y seguimiento del uso de los equipos de protección individual por parte del personal de plantilla.</p> <p>Cumplir las medidas propuestas en los informes específicos.</p>

Origen del factor de riesgo / condiciones de trabajo	Preparado Químico	Agente Ambiental	Equipos de trabajo	Medidas de Prevención
<p>Contacto con la piel y exposición a los productos químicos (aceites, grasas, resinas, pinturas, esmaltes,...),</p>		Aerosoles		<p>99-SP-PR-314 Control de productos químicos, normas generales de utilización</p> <p>Emplear EPI específicos para riesgos químicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ Ropa de protección del cuerpo ◦ Calzado ◦ Protección de los ojos y cara. ◦ Guantes. <p>Formación:</p> <ul style="list-style-type: none"> – EPI: colocación y ajuste, mantenimiento que requieren, cuando deben ser sustituidos, etc. – FDS (peligros, precauciones, formas de actuar en caso de derrame, incendio, accidente, intoxicación, etc.). <p>Etiquetar los recipientes que contengan sustancias o preparados peligrosos según lo dispuesto en el R.D. 485/97 sobre señalización. Las etiquetas deben colocarse en lugares visibles de los recipientes.</p> <p>Existe un lava-ojos en la zona de los lavabos.</p> <p>Emplear sistemas seguros para el trasvase de líquidos corrosivos (bombas, etc.)</p> <p>Cumplir las medidas propuestas en los informes específicos.</p>
<p>Contacto puntual con los ácidos de las baterías eléctricas.</p>	Ácidos		Baterías	

Continuación de la tabla anterior.

Origen del factor de riesgo/condiciones de trabajo	Preparado Químico	Agente Ambiental	Equipos de trabajo	Medidas de Prevención
En las lavadoras de piezas , se emplea una mezcla de sosa y agua.	Hidróxido sódico (corrosivo)	Hidróxido sódico (corrosivo)	Máquinas de lavado	
Trabajos realizados en el campo de acción de las antenas (trabajos en el foso).		Radiaciones electro-magnéticas		IO-308 Norma para evitar la exposición de radiaciones procedentes de los equipos ATP-ATO. Vigilancia de la salud.
Torneado de ruedas: la tarea es realizada por dos Técnicos situados uno a cada costado de la UT, cuyas ruedas se van a tornear. 		Ruido		Vigilancia de la salud. Utilización de los equipos de protección auditiva: TAPONES / OREJERAS Control y seguimiento del uso de EPI. Cumplir las medidas propuestas en los informes específicos.
		Partículas sólidas, no clasificadas de otra manera Metales		Utilizar la ventilación del área de trabajo. Vigilancia de la salud de los trabajadores expuestos. Control y seguimiento del uso de EPI. Cumplir las medidas propuestas en los informes específicos.
Tareas esporádicas de soldadura eléctrica y oxi-acetilénica. En la zona destinada a las tareas de soldadura está ubicada una máquina de aspiración portátil.	Oxígeno Acetileno	Humos soldadura Metales: Fe, Cu, ...)	Equipos de Soldadura	Información sobre el riesgo. Utilización de la extracción localizada portátil. Utilización de equipos de MASCARILLA FFP1 para partículas. Control y seguimiento del uso de los EPI.
		Radiaciones no ionizantes		Utilización de Pantallas / Caretas con Filtro Inactivo - Colocación de las mamparas contra radiaciones para la protección del personal que se encuentra las proximidades.

Continuación de la tabla anterior.

Origen del factor de riesgo / condiciones de trabajo	Preparado Químico	Agente Ambiental	Equipos de trabajo	Medidas de Prevención
<p>Cambio de lunas de los trenes, para lo cual una vez aplicada la silicona y seca ésta, se retiran los restos.</p> <p>Es una tarea muy esporádica.</p>		<p>Partículas sólidas, no clasificadas de otra manera</p>		<p>Se recomienda la utilización de Mascarilla FFP1 contra partículas durante la retirada de residuos.</p> <p>Gestión de los Residuos OT-11-PR-225.</p>
<p>Exposición a sílice durante la recarga de areneros.</p> <p>El tiempo de exposición es mínimo.</p> 		<p>Sílice</p> <p>Partículas, fracción respirable</p>		<p>Utilizar la aspiración, siempre que sea posible.</p> <p>Utilizar <u>Mascarilla FFP3</u> contra polvo durante la recarga.</p> <p>Vigilancia de la salud del personal expuesto.</p> <p>Control y seguimiento del uso de EPI.</p> <p>Cumplir las medidas propuestas en los informes específicos.</p> <p>Utilizar la ficha de Observación de la tarea de carga de areneros.</p>
<p>Lijado.</p>		<p>Partículas sólidas:</p> <p>Metales y Fibra de Vidrio</p>		<p>Siempre que sea posible utilizar lijadoras con aspiración incorporada. Si la aspiración utilizada fuera insuficiente: utilizar protección respiratoria.</p> <p>Control y seguimiento del uso de EPI.</p> <p>Cumplir las medidas propuestas en los informes específicos.</p>

Origen del factor de riesgo / condiciones de trabajo	Preparado Químico	Agente Ambiental	Equipos de trabajo	Medidas de Prevención
Iluminación.		Iluminación		Riesgo de fatiga visual y/o accidentes por escasa iluminación en las diferentes áreas de las instalaciones (visa fosa, techos, bogies, taller en general, ...). Evaluar el riesgo y aplicar las medidas preventivas propuestas en los informes específicos.
Condiciones ambientales.		Estrés térmico (frío o calor)		Cuando las temperaturas sean superiores o inferiores a las recomendadas por RD 486/1997 (lugares de trabajo) podrá encontrarse el personal en riesgo de estrés térmico por calor o por frío (<10°C) según el caso. Controlar las condiciones ambientales desde la especialidad de ergonomía con el fin de detectar posibles situaciones de riesgo a tiempo.
Biológicos.		Biológicos		Realizar evaluaciones higiénicas de exposición a agentes biológicos periódicamente, en función de los resultados obtenidos y/o cambio de las condiciones de trabajo que puedan afectar a la exposición del personal a los agentes biológicos. Aplicar las medidas preventivas y/ correctivas establecidas en la evaluación específica realizada respecto a este riesgo. Realizar controles periódicos de la instalación: elaborar un programa de mantenimiento periódico (plano instalación, revisión, tratamiento de agua, limpieza y desinfección) y registrar documentalmente los mantenimientos. Trabajadoras embarazadas o en periodo de lactancia natural: en caso de estar expuesto a agentes biológicos, consultar con Vigilancia de la Salud, debido a que puede influir negativamente en la salud.

Continuación de la tabla anterior.

2. Resumen de las mediciones realizadas y valoración del riesgo.

Personal Técnico Mantenimiento Mecánico Neumático.

Contaminante	Valor	Magnitud de riesgo			Fecha medición	Lugar/tarea	Observaciones
Partículas, fracción inhalable	0,0940	■	■	■	Dic. 02	Cabina pintura -lijado	
Metales	0,6255	■	■	■		Cabina pintura - capa metalizada	Equipo protección respiratoria.
Partículas, fracción inhalable	0,0690	■	■	■		Cabina pintura - capa laca	
Vapores orgánicos	0,1028	■	■	■		Cabina pintura - capa antigrafiti	
Partículas, fracción inhalable	0,2780	■	■	■		Torno foso lado opuesto Panel Control	
Vapores orgánicos	0,0484	■	■	■		Torno foso lado opuesto Panel Control no foso	
Partículas, fracción inhalable	0,4880	■	■	■		Torno foso-Panel Control	
Vapores orgánicos	0,0916	■	■	■	Dic. 11	Sopela Taller / Torneado	Personal
Partículas, fracción inhalable	0,0394	■	■	■			Ambiental
Metales	0,0244	■	■	■			Torneado de ruedas
Partículas, fracción inhalable	0,0338	■	■	■	Dic. 12	Ariz Taller / Torneado	
Metales	0,0196	■	■	■			
Partículas Inhalable	0,2653	■	■	■			
Partículas Respirable	0,0927	■	■	■			
Partículas Inhalable	0,2653	■	■	■			
Nieblas de aceite	0,3720	■	■	■			

Nota: En verde se representan dosis a contaminantes químicos cuyo I es inferior a 0,1, niveles de ruido inferiores a 80 dB(A) y niveles de vibración (VMB) < 0,5 m/s².

En amarillo, dosis a contaminantes químicos cuyo I es inferior 1 y superior a 0,1, niveles de ruido comprendidos entre 80 y 85 dB(A) y niveles de vibración (VMB) entre 0,5 y 1,5 m/s².

En rojo, se representan aquellas dosis a contaminantes químicos cuyo I es superior a 1, niveles de ruido igual o superiores a 85 dB(A) y niveles de vibración (VMB) > 1,5 m/s².

Contaminante	Valor (en tanto por uno)	Magnitud de riesgo	Fecha medición	Lugar/tarea	Observaciones
Partículas respirable	0,7710	  	Sep. 10	• Sopela taller / Túnel de soplado.	Tarea completa (1,5h)
Sílice	0,9900	  			
Partículas Inhalable	0,2130	  			
Aluminio	0,0002	  			
Cobre	0,0150	  			
Hierro	0,1220	  			
Manganeso	0,0050	  			
Cinc	0,0005	  			Por operario Coches 1y3 (0,37h)
Partículas respirable	0,1900	  			
Sílice	0,2450	  			
Partículas Inhalable	0,3160	  			
Aluminio	0,0003	  			
Cobre	0,0220	  			
Hierro	0,1810	  			
Manganeso	0,0070	  			
Cinc	0,0007	  			
Partículas respirable	0,2820	  			
Sílice	0,3640	  			
Partículas respirable	0,7710	  			
Sílice	0,9900	  			
Partículas Inhalable	0,2130	  			
Aluminio	0,0002	  			
Cobre	0,0150	  			
Hierro	0,1220	  			

Continuación de la tabla anterior.

Contaminante	Valor (en tanto por uno)	Magnitud de riesgo			Fecha medición	Lugar/tarea	Observaciones		
Sílice	0,6733		■	■	Abr. 03	• Recarga de areneros	Con aspiración.		
Partículas, fracción respirable	0,3211	■					Valores de corta exposición		
Sílice	3,3130			■			Sin aspiración.		
Partículas, fracción respirable	0,3897	■			May. 11	• Sopela Taller / Carga de Arena	Valores de corta exposición		
Partículas Respirable	0,1340		■	■			Desmontaje cofres		
Sílice	0,0944	■					Desmontaje tapas cofres		
Partículas Respirable	0,0630	■							
Partículas Inhalable	0,0499	■							
Partículas Respirable	0,0316	■							
Sílice	0,0568	■							
Partículas Respirable	0,0150	■							
Sílice	0,0220	■					Sep. 13	Ariz Taller / Carga de Arena. Ambiental	Cuadro eléctrico entrada vía 12. Portón abierto.
Partículas Respirable	0,0150	■			A la altura del torno.				
Sílice	0,0230	■			Cuadro eléctrico zona oficinas.				
Partículas Respirable	0,0150	■			Cuadro eléctrico vía 9. Centro del taller, junto al extintor.				
Sílice	0,0230	■			Ariz Taller / Carga de Arena.	Conductor unidad			
Partículas Respirable	0,0150	■							
Sílice	0,0460	■			Jun.13	Sopela Taller / Carga de Arena. Ambiental			6ª Columna Junto al Extintor
Partículas Respirable	0,0250	■							
Sílice	0,0920	■			Nov.13	Ariz Taller / Carga de Arena. Arenero			Instalación de extracción colocada
Partículas Respirable	0,0380	■							
Sílice	0,0260	■							
Partículas Respirable	0,0150	■			Jun.13	Sopela Taller / Carga de Arena	Arenero		
Sílice	0,0220	■							
Partículas Respirable	0,0570	■							
Sílice	0,2760		■	■					
Partículas Respirable	0,0280	■			Oct. 14	Ariz Taller / Carga de Arena	Arenero 1		
Sílice	0,1010	■							
Partículas Respirable	0,0230	■					Arenero 2		
Sílice	0,1120		■	■					
Partículas Respirable	0,2520		■	■			6ª Columna junto al extintor		
Sílice	3,2560			■					
Partículas Respirable	1,6300			■					
Sílice	15,235			■	Oct. 14	Ariz Taller / Carga de Arena	6ª Columna junto al extintor		
Partículas Respirable	0,1510		■	■					
Sílice	3,2520			■					
Partículas Respirable	0,0580	■			Oct. 14	Ariz Taller / Carga de Arena	6ª Columna junto al extintor		
Sílice	0,7400		■	■					

Contaminante	Valor	Magnitud de riesgo			Fecha medición	Lugar/tarea	Observaciones
Partículas	0,038	■	■	■	Dic. 14	Ariz Taller / Carga de Arena	Ambiental
Partículas	0,040	■	■	■			Torno
Partículas Respirable	0,157	■	■	■			Torno
Sílice	0,090	■	■	■			Arenero 1
Partículas Respirable	0,131	■	■	■			Arenero 2
Sílice	0,111	■	■	■			
Partículas Respirable	0,108	■	■	■			
Sílice	0,073	■	■	■			
Partículas Respirable	0,312	■	■	■	Feb. 15	Ariz Taller / Carga de Arena	Arenero 1
Sílice	0,667	■	■	■			Arenero 2
Partículas Respirable	0,054	■	■	■			
Sílice	0,165	■	■	■			
Partículas Respirable	0,350	■	■	■	Feb. 15	Ariz Taller / Carga de Arena	Ambiental. Cuadro eléctrico zona oficinas.
Sílice	0,150	■	■	■			Ambiental. Cuadro eléctrico junto a unidad
Partículas Respirable	0,415	■	■	■			Ambiental. Junto a señal vía 11
Sílice	0,195	■	■	■			
Partículas Respirable	0,630	■	■	■			
Sílice	0,180	■	■	■			
Partículas Respirable	1,370	■	■	■			Conducción
Sílice	0,330	■	■	■			
Partículas Respirable	0,030	■	■	■	Oct .16	Ariz Taller / Carga de Arena	Arenero 1
Sílice	0,210	■	■	■			Arenero 2
Partículas Respirable	0,030	■	■	■			Ambiental. Cuadro eléctrico vías 9-10 en vía de pilares
Sílice	0,290	■	■	■			Ambiental. Junto al torno
Partículas Respirable	0,020	■	■	■			
Sílice	0,040	■	■	■			
Partículas Respirable	0,020	■	■	■			
Sílice	0,040	■	■	■			
Partículas Respirable	0,030	■	■	■			Conducción
Sílice	0,050	■	■	■			

Nota: En verde se representan dosis a contaminantes químicos cuyo I es inferior a 0,1, niveles de ruido inferiores a 80 dB(A) y niveles de vibración (VMB) < 0,5 m/s². En amarillo, dosis a contaminantes químicos cuyo I es inferior 1 y superior a 0,1, niveles de ruido comprendidos entre 80 y 85 dB(A) y niveles de vibración (VMB) entre 0,5 y 1,5 m/s². En rojo, se representan aquellas dosis a contaminantes químicos cuyo I es superior a 1, niveles de ruido igual o superiores a 85 dB(A) y niveles de vibración (VMB) > 1,5 m/s².

Continuación de la tabla anterior.

Contaminante	Valor	Magnitud de riesgo			Fecha medición	Lugar/tarea	Observaciones	
Partículas Respirable	0,039	■	■	■	Sep .16	Sopela Taller / Carga de Arena	Arenero 1	
Sílice	1,044	■	■	■			Arenero 2	
Partículas Respirable	0,042	■	■	■			Conducción	
Sílice	0,783	■	■	■			Ambiental. Junto a BIE 6	
Partículas Respirable	0,009	■	■	■			Ambiental. Vía 3: junto al extintor.	
Sílice	0,017	■	■	■				
Partículas Respirable	0,009	■	■	■				
Sílice	0,017	■	■	■				
Sílice	0,170	■	■	■				
Partículas Respirable	0,027	■	■	■	Nov. 17	Ariz Taller / Carga de Arena	Arenero 1	
Sílice- Cuarzo	0,040	■	■	■		Ariz Taller / Carga de Arena	Arenero 2	
Sílice- Cristobalita	0,040	■	■	■	Nov. 17	Sopela Taller / Carga de Arena	Arenero 1	
Sílice	1,215	■	■	■			Arenero 2	
Sílice	0,738	■	■	■	Jun. 18	Ariz Taller / Carga de Arena	Arenero 1	
Sílice	1,470	■	■	■			Arenero 2	
Sílice	0,250	■	■	■			Revisión visita 5. Trabajos de supervisión.	
Partículas Respirable	0,040	■	■	■		Jun. 18	Ariz Taller / Carga de Arena	Revisión visita 5. Trabajos de revisión
Sílice	0,060	■	■	■				Arenero 1
Partículas Respirable	0,080	■	■	■				Arenero 2
Sílice	0,120	■	■	■			Sopela Taller / Carga de Arena	
Sílice	0,060	■	■	■				
Sílice	0,291	■	■	■				
Partículas Respirable	0,030	■	■	■	Oct. 18	Sopela Taller / Carga de Arena	Arenero 1	
Sílice	0,050	■	■	■			Arenero 2	
Sílice	0,130	■	■	■				
Partículas Respirable	0,030	■	■	■				
Sílice	0,090	■	■	■			Tareas revisión	

Nota: En verde se representan dosis a contaminantes químicos cuyo I es inferior a 0,1, niveles de ruido inferiores a 80 dB(A) y niveles de vibración (VMB) < 0,5 m/s².
En amarillo, dosis a contaminantes químicos cuyo I es inferior 1 y superior a 0,1, niveles de ruido comprendidos entre 80 y 85 dB(A) y niveles de vibración (VMB) entre 0,5 y 1,5 m/s².
En rojo, se representan aquellas dosis a contaminantes químicos cuyo I es superior a 1, niveles de ruido igual o superiores a 85 dB(A) y niveles de vibración (VMB) > 1,5 m/s².

Continuación de la tabla anterior.

Contaminante	Valor	Magnitud de riesgo			Fecha medición	Lugar/tarea	Observaciones	
Ruido dB(A)	66,60	■	■	■	May. 03	• Administración		
	69,00	■	■	■		• Bancos de trabajo	Ruido ambiente	
	68,00	■	■	■		• Esmeriladora E-8	Trabajando en vacío	
	87,00	■	■	■		• Cabina de pintura		
	81,70	■	■	■		• Torno foso	Durante la medición no funcionaba el triturador de virutas	
	84,90	■	■	■	Jun. 09	• Personal Tec. Mto. (Sopela)	Dosimetría	
	84,70	■	■	■		• Personal Tec. M.to (Ariz)		
	91,70	■	■	■				
	85,20	■	■	■				
	81,62	■	■	■	Jun. 12	• Sopela Taller	Dosimetría Noche	
	80,10	■	■	■				
	86,70	■	■	■				Dosimetría Mañana
	80,90	■	■	■				Dosimetría Tarde
	79,50	■	■	■				
	84,20	■	■	■	Sep. 12	• Ariz Taller	Dosimetría Tarde	
	89,30	■	■	■	Dic. 12			
	91,12	■	■	■	Dic. 14	• Ariz Taller (Torno)		
	82,90	■	■	■	Feb. 15	• Ariz Taller	Dosimetría Tarde	
	81,90	■	■	■				Dosimetría Noche
	82,60	■	■	■				Dosimetría Mañana
	83,00	■	■	■				
	72,80	■	■	■				
	75,40	■	■	■	Mar. 17	• Sopela Taller	Dosimetría Mañana- Tarde	
	86,00	■	■	■				
79,00	■	■	■					
79,00	■	■	■					
86,00	■	■	■					
77,00	■	■	■					
73,00	■	■	■				Dosimetría Jornada Partida	
84,00	■	■	■					

Continuación de la tabla anterior.

Contaminante	Valor	Magnitud de riesgo			Fecha medición	Lugar/tarea	Observaciones
Ruido dB(A)	99,60				Sep. 17	• Ariz Taller	
	84,50						
	77,10	■					
	93,10						
	84,00						
	84,10						
	93,00				May. 18		Dosimetría Noche
	94,60						Estimado
	79,30	■					Dosimetría Jornada partida
	84,60						Dosimetría Noche
93,70					Dosimetría Noche		
					Estimado		

Continuación de la tabla anterior.

Supervisión Mecánica Neumática.

Contaminante	Valor	Magnitud de riesgo			Fecha	Lugar / tarea	Observaciones
Partículas, fracción respirable	0,050	■			Jun. 18	• Ariz Taller. Carga de Areneros	Tareas propias del puesto.
Sílice	0,070	■					
Sílice	0,191				Oct. 18	• Sopela Taller. Carga de Areneros	
Contaminante	Valor dB(A)	Magnitud de riesgo			Fecha medición	Lugar/tarea	Observaciones
Ruido	83,14				2006-2012	Nivel Sonoro Equivalente diario	Dosimetrías Sopela.
	84,47				1995-2006		Dosimetrías Sopela.
	83,97						Sonometrías de Tareas Sopela.
	55,50	■			May. 03	• Supervisión	Ruido ambiente
	72,30	■			Sep. 12	Ariz Taller	Dosimetría Tarde
	77,70	■					
	72,50	■			Feb. 15	Ariz Taller	Dosimetría Jornada Partida
	79,30	■				Sopela Taller	
	97,60				Jun. 17	Ariz Taller	Dosimetría Jornada Partida
	82,60						Estimado
94,70							

Nota: En verde se representan dosis a contaminantes químicos cuyo I es inferior a 0,1, niveles de ruido inferiores a 80 dB(A) y niveles de vibración (VMB) < 0,5 m/s².

En amarillo, dosis a contaminantes químicos cuyo I es inferior 1 y superior a 0,1, niveles de ruido comprendidos entre 80 y 85 dB(A) y niveles de vibración (VMB) entre 0,5 y 1,5 m/s².

En rojo, se representan aquellas dosis a contaminantes químicos cuyo I es superior a 1, niveles de ruido igual o superiores a 85 dB(A) y niveles de vibración (VMB) > 1,5 m/s².

Jefatura Mantenimiento.

Contaminante	Valor	Magnitud de riesgo	Fecha	Lugar / tarea	Observaciones
Partículas, fracción respirable	0,03	■ ■ ■	Oct. 18	• Sopela Taller. Carga de Areneros	Tareas propias del puesto.
Sílice	0,09	■ ■ ■			
Contaminante	Valor	Magnitud de riesgo	Fecha medición	Lugar/tarea	Observaciones
Ruido dB(A)	67,0	■ ■ ■	May. 03	• Jefatura Taller	Dosimetría
	54,0	■ ■ ■		• Jefe Planta	
	76,9	■ ■ ■	Jun. 09	• Sopela Taller	
	75,6	■ ■ ■		• Ariz Taller	
	68,1	■ ■ ■	Feb. 15	Ariz Taller	
	77,0	■ ■ ■		Sopela Taller	
	75,7	■ ■ ■	May.18	Ariz Taller	

Ingeniería.

Contaminante	Valor	Magnitud de riesgo	Fecha medición	Lugar/tarea	Observaciones
Ruido	67,0	■ ■ ■	May. 03	• Jefatura de Taller	Dosimetría
	54,0	■ ■ ■		• Jefatura de Planta	
	76,9	■ ■ ■	Jun. 09	• Sopela Taller	
	75,6	■ ■ ■		• Ariz Taller	
	68,1	■ ■ ■	Feb. 15	Ariz Taller	
	77,0	■ ■ ■		Sopela Taller	

Nota: En verde se representan dosis a contaminantes químicos cuyo I es inferior a 0,1, niveles de ruido inferiores a 80 dB(A) y niveles de vibración (VMB) < 0,5 m/s².
 En amarillo, dosis a contaminantes químicos cuyo I es inferior 1 y superior a 0,1, niveles de ruido comprendidos entre 80 y 85 dB(A) y niveles de vibración (VMB) entre 0,5 y 1,5 m/s².
 En rojo, se representan aquellas dosis a contaminantes químicos cuyo I es superior a 1, niveles de ruido igual o superiores a 85 dB(A) y niveles de vibración (VMB) > 1,5 m/s².

Jefatura Material Móvil.

Contaminante	Valor	Magnitud de riesgo	Fecha medición	Lugar/tarea	Observaciones
Ruido	67,0	■ ■ ■	May. 03	• Jefatura de Taller	Dosimetría
	54,0	■ ■ ■		• Jefatura de Planta	
	76,9	■ ■ ■	Jun. 09	• Sopela Taller	
	75,6	■ ■ ■		• Ariz Taller	
	68,1	■ ■ ■	Feb. 15	Ariz Taller	
	77,0	■ ■ ■		Sopela Taller	

Contaminante	Valor ufc/m ³	Magnitud de riesgo	Fecha medición	Trayecto / Lugar	Observaciones	
Biológicos						
Taller Material Móvil Sopela	1400	■ ■ ■ ■	• Dic. 16	• Vestuario Masculino Mantenimiento	Aerobios	
	240	■ ■ ■		• Vestuario Masculino Conducción	Mohos Levaduras	
	280	■ ■ ■		• Vestuario de Conductoras, Personal limpieza, taller y contratas	Aerobios	
	360	■ ■ ■		• Exterior, frente al portón del almacén	Mohos Levaduras	
	790	■ ■ ■		• Exterior, frente al portón del almacén	Aerobios	
	270	■ ■ ■		• Exterior, frente al portón del almacén	Mohos Levaduras	
	340	■ ■ ■		• Exterior, frente al portón del almacén	Aerobios	
	600	■ ■ ■	• Abr. 17	• Exterior, frente al portón del almacén	Mohos Levaduras	
	210	■ ■ ■		• Exterior, frente al portón del almacén	Aerobios	
	440	■ ■ ■		• Exterior, frente al portón del almacén	Mohos Levaduras	
	1700	■ ■ ■ ■	Dic. 18	• Vestuario Masculino Mantenimiento	Aerobios	
	110	■ ■ ■		• Vestuario de Conductoras, Personal limpieza, taller y contratas		
	340	■ ■ ■		• Exterior, junto a la entrada Oficinas Material Móvil.		Mohos Levaduras
	380	■ ■ ■		• Exterior, junto a la entrada Oficinas Material Móvil.		Mohos Levaduras
320	■ ■ ■		• Vestuario Masculino Mantenimiento	Aerobios		

Nota: En verde se representan dosis a contaminantes químicos cuyo I es inferior a 0,1, niveles de ruido inferiores a 80 dB(A) y niveles de vibración (VMB) < 0,5 m/s².
 En amarillo, dosis a contaminantes químicos cuyo I es inferior 1 y superior a 0,1, niveles de ruido comprendidos entre 80 y 85 dB(A) y niveles de vibración (VMB) entre 0,5 y 1,5 m/s².
 En rojo, se representan aquellas dosis a contaminantes químicos cuyo I es superior a 1, niveles de ruido igual o superiores a 85 dB(A) y niveles de vibración (VMB) > 1,5 m/s².

3. Medidas de prevención generales.

Agente	Medidas de prevención		
Ruido	Evaluación higiénica.	Trienal	  1995 Orejas 3M 1440 / MSA EXC Tapones 3M 1100, Tapones EAR Classic 2014 Orejas Peltor X1A 2014 Tapones GAES DLO-DLX proH
	Formación e información sobre riesgos, medidas preventivas, protectores auditivos y control médico.	Inicial	
	Acceso de los órganos en Seguridad e Higiene y de los representantes de los trabajadores a la evaluaciones, resultados y medidas preventivas	Si	
	Control médico inicial	Si	
	Vigilancia médica de la función auditiva	Trienal	
	Suministro protección auditiva	Si	
	Utilización protección auditiva Obligatorio utilizar protección auditiva a partir de 85 dB(A), pero se recomienda a partir de 80 dB(A). Para que los protectores auditivos le protejan correctamente debe llevarlos durante todo el tiempo que está expuesto a ruido y correctamente ajustados. Mantenga los protectores limpios y deseche los protectores en mal estado: almohadillas rotas, agujereados, etc.	Si	
	Señalizar los lugares con riesgo y establecer limitaciones de acceso	Si	
Programa de medidas de control técnicas y administrativas	Si		

Agente	Medidas de prevención	
Agentes químicos	<p>Leer la ficha de riesgos químicos.</p> <p>Uso de los equipos de protección individual establecidos.</p> <p>No llenar botellas con productos distintos a los indicados en la etiqueta.</p> <p>Lavarse las manos y cara antes de los descansos para comer, beber o fumar y al finalizar la jornada laboral.</p>	
Agentes químicos	<p>Ventilación del lugar de trabajo para mantener las concentraciones de los contaminantes por debajo de los valores límite.</p> <p>Mantener el puesto de trabajo limpio y ordenado.</p> <p>Los recipientes destinados a contener productos químicos deben estar siempre perfectamente identificados.</p> <p>Nunca se emplearán recipientes destinados a contener bebidas o comidas.</p> <p>No llenar los envases con productos distintos a los indicados en la etiqueta.</p> <p>Vigilancia de la salud individual y colectiva.</p>	

<ul style="list-style-type: none"> Vibraciones 	<p>Vibraciones mano-brazo:</p> <p>Utilización de máquinas y equipos de trabajo con niveles de vibración lo más bajos posibles.</p> <p>Mantenimiento adecuado de estos equipos para evitar su deterioro y el aumento de las vibraciones.</p> <p>Cuidar Posturas de trabajo.</p> <p>Herramientas con sistemas de amortiguación en la empuñadura.</p> <p>Guantes antivibratorios.</p>
<ul style="list-style-type: none"> Prevención de los efectos del Calor 	<p>23/06/2016 - 16-SP-CR-005 - Recomendaciones Preventivas ante situaciones de calor</p> <p>En días de mucho calor:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Beber mucha agua. Por lo menos un vaso cada 15 o 20 min. ▶ No ingerir alcohol o bebidas con cafeína: favorecen la deshidratación. ▶ Evitar las comidas copiosas. ▶ En caso de estar tomando alguna medicación, consultar a especialista en medicina de familia / medicina del trabajo. ▶ Capacidad para identificar los síntomas principales: dolor de cabeza, agotamiento, mareos debilidad, dolor de estómago, vómito. <p>Si detecta alguno de estos síntomas, traslade a la persona a un lugar fresco. Si los síntomas incluyen mareos o debilidad, acuéstela de espaldas y con las piernas ligeramente levantadas. Consulta médica necesaria.</p>

Continuación de la tabla anterior.

Agente	Medidas de prevención
<ul style="list-style-type: none"> • Prevención de los efectos del frío 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Protección de extremidades, evitar enfriamiento localizado. Minimizar el descenso de la temperatura de la piel. ▶ Seleccionar la vestimenta. Facilitar evaporación del sudor. Minimizar pérdidas de calor a través de la ropa. ▶ Establecer regímenes de trabajo-recuperación. Recuperar pérdidas de energía calorífica. ▶ Ingestión de líquidos calientes. Recuperar pérdidas de energía calorífica. Limitar el consumo de café como diurético y modificador de la circulación sanguínea. Minimizar pérdidas de agua. Evitar vasodilatación. ▶ Medir periódicamente la temperatura y la velocidad del aire. Controlar las dos variables termo-higrométricas de mayor influencia en el riesgo de estrés por frío. ▶ Controlar el ritmo de trabajo. Aumentar el metabolismo para generar mayor potencia calorífica evitando excederse, ya que podría aumentar la sudoración y el humedecimiento de la ropa. ▶ Sustituir la ropa humedecida. Evitar la congelación del agua y la consiguiente pérdida de energía calorífica. ▶ Reconocimientos médicos previos. Detectar disfunciones circulatorias, problemas dérmicos, etc.
<ul style="list-style-type: none"> • Biológicos 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Sustitución periódica de filtros de la instalación de aire acondicionado. Cotejar que la periodicidad de la sustitución es efectiva. ▶ Ventilar las instalaciones.

Continuación de la tabla anterior.

4. Listado de productos químicos empleados.

Nombre comercial	Aplicación	Código	Riesgos	Uso
ACETILENO	Soldadura	00060454	Combustible Inflamable	Esporádico: Ariz y Sopela
ARGON SOLDADURA	Soldadura	00060472		Esporádico: Ariz y Sopela
OXIGENO	Limpieza aire acondicionado	00060490		Esporádico: Ariz y Sopela
GAS R-22 PARA AIRE ACONDICIONADO	Refrigerante	00131495		Según necesidades: Ariz y Sopela
GRASA ESSO BEACON EP-2	Cajas reductoras	00060597		Puntual: Ariz y Sopela
GRASA SHELL ALVANIA EPF2	Puertas	00060677		Puntual: Ariz y Sopela
GRASA ECOLUB ECO	Engrase pestaña	00060739		Puntual: Ariz y Sopela
GRASA PENETROX A-13	Pantógrafos	00060748	Acta CSS 104 (ver punto 5)	Puntual: Ariz y Sopela
GRASA MOLIKOTE 55M	General	00060757		Puntual: Ariz y Sopela
GRASA MOLIKOTE GN PLUS	General	00060775		Puntual: Ariz y Sopela
GRASA UNIMOLY C-220 SPRAY	General	00060800		Puntual: Ariz y Sopela

Nombre comercial	Aplicación	Código	Riesgos	Uso
ACEITE SHELL CORENA P-100	Compresores UT-500	00061060		Puntual: Ariz y Sopela
ACEITE ANDEROL 3057 M	Compresores UT-550	00061079		Puntual: Ariz y Sopela
ACEITE SHELL SPIRAX MB 90	Reductoras	00061122		Puntual: Ariz y Sopela
BARNIZ POLIURETANO ANTIGRAFITTI S-999/0		00070728		Puntual: Sopela
ANTIGRAFFITI IMLAR CPC DUPONT		8000005		Puntual: Sopela
LACA POLIURETANO 2C GP10-0950		00070791		Puntual: Sopela
LACA BARNIZ AZUL CEPINYL 581		00070808		Puntual: Sopela
PINTURA CREMA SINTETICA RAL 1015		8000020		Puntual: Ariz y Sopela
PINTURA GRIS METALIZADO 2C GE-75 9136		00070853		Puntual: Sopela
ESMALTE PUR NARANJA 2C S-888		00070906		Puntual: Sopela
PINTURA GALVANIZANTE EN FRIO GALVA+		00070924		Puntual: Ariz y Sopela

Continuación de la tabla anterior.

Nombre comercial	Aplicación	Código	Riesgos	Uso
IMPRIMACION ANTIOXIDANTE FOSFATANTE		00070951		Puntual: Ariz y Sopela
PINTURA ANTICORROSIVA LOCTITE X-80		00070960		Puntual: Ariz y Sopela
SELLADORA TITAN		8000040		Puntual: Sopela
IMPRIMACION EPOXI 12GEF C/CAT. BEIGE ROJ		8000045		Puntual: Sopela
IMPRIMACION EPOXI FOSFATO DE ZINC (BICO)		8000046		Puntual: Sopela
IMPRIMACION TITAN FOSFATANTE		8000050		Puntual: Sopela
IMPRIMACION BETAPRIME 5100		8000055		Puntual: Ariz y Sopela
IMPRIMACION BETAWIPE VP-04604		00071068		Puntual: Ariz y Sopela
IMPRIMACION SIKA PRIMER 210T		00071077		Puntual: Ariz y Sopela
ESMALTE TITANLUX 566 BLANCO		00071120		Puntual: Sopela
PINTURA AMARILLA MEDIO 450 VALENTINE		00071193		Puntual: Ariz y Sopela

Continuación de la tabla anterior.

Nombre comercial	Aplicación	Código	Riesgos	Uso
PINTURA POLIURETANO GRIS RAL 7021 2COMP		00071228		Puntual: Ariz y Sopela
PINTURA POLIURETANO GRIS RAL 9002 2COMP.		00071237		Puntual: Ariz y Sopela
PINTURA POLIURETANO NEGRO RAL 9005 2COMP.		00071246		Puntual: Ariz y Sopela
ESMALTE TITANLUX 567 NEGRO		00071273		Puntual: Ariz y Sopela
PINTURA ANTISONORA KRAFFT		8000145		Puntual: Sopela
SPRAY PINTURA NEGRA 400 ML.		00071380		Puntual: Ariz y Sopela
ADHESIVO BANDA ANTIDESLIZANTE 1357		8001000		Puntual: Ariz y Sopela
COLA IMPACTO (BOTE 1Kg.)		8001005		Puntual: Ariz y Sopela
COLA IMPACTO (BOTE DE 5Kg.)		8001010		Puntual: Sopela
COLA RACOLL BLANCA		00071497		Puntual: Sopela

Continuación de la tabla anterior.

Nombre comercial	Aplicación	Código	Riesgos	Uso
LOCTITE PASTA JUNTAS 5922		00071558		Puntual: Ariz y Sopela
LOCTITE FIJAESPARRAGOS 270 TUBO	15-MM-PR-018	00071567		Conversión Válvula doble pistón ZKV03 UT-600 Ariz y Sopela
LOCTITE SUPER-GLUE 3	Pegamento	00071576		Puntual: Ariz y Sopela
LOCTITE 416 BOTE	Pegamento	00071585		Puntual: Ariz y Sopela
LOCTITE 401	Pegamento	00071594	Irritante piel y vías respiratorias	Puntual: Ariz y Sopela
SILICONA GRIS SIKAFLEX 211	Sellado: espejos y juntas	00072003		Puntual: Ariz y Sopela
SILICONA BETAMATE 7120	Sellado: Lunas	00072030		Puntual: Ariz y Sopela
LOCTITE FIJAROSCAS 2701	Adhesivo	00071610		Esporádico: Ariz y Sopela
LOCTITE RETENCION 638	Adhesivo	8001044		Esporádico: Ariz y Sopela
LOCTITE 549 PASTA	Adhesivo	8001045		Esporádico: Sopela

Continuación de la tabla anterior.

Nombre comercial	Aplicación	Código	Riesgos	Uso
LOCTITE FIJATONILLOS REF. 222-E	15-MM-PR-018 Adhesivo	00071656		Conversión Válvula doble pistón ZKV03 UT-600 Ariz y Sopela
SPRAY 3M ADHESIVO REPOSICIONABLE	Adhesivo	8001065		Esporádico: Sopela
PEGAMENTO CONTACTO SUPER NOVOPREN L.RAYT	Adhesivo	8001060		Esporádico: Sopela
ACETONA	Disolvente	00071674		Esporádico: Ariz y Sopela
QUITAPINTADAS MARSTRIP-R	IG-11-PR-143 Ariz MM-07-PR-124 Sopela	00071772		Limpieza de grafitis de UT Esporádico: Ariz y Sopela
DISOLVENTE UNIVERSAL VHERSOL L	IG-11-PR-143 Ariz MM-07-PR-124 Sopela	00071709		Limpieza de grafitis de UT Esporádico: Ariz y Sopela
DISOLVENTE PARA PINTURAS DE POLIURETANO	Disolvente	00071727		Esporádico: Ariz y Sopela
DISOLVENTE PARA PINTURAS EPOXI	Disolvente	00071736		Esporádico: Ariz y Sopela
DECAPANTE PINTURAS MK-PROCAP	Decapante	00071754		Esporádico: Ariz y Sopela

Continuación de la tabla anterior.

Nombre comercial	Aplicación	Código	Riesgos	Uso
DECAPANTE PARA ESTAÑO-PLATA	Decapante	8002020		Esporádico: Sopela
QUITAPINTADAS MARSTRIP-R	IG-11-PR-143 Ariz MM-07-PR-124 Sopela	00071772		Limpieza de grafitis de UT Puntual: Ariz y Sopela
ARDROX PENETRANTE ROJO 996-P		00071781		Esporádico: Ariz y Sopela
ARDROX SLT 692		00071790		Esporádico: Ariz y Sopela
LIMPIADOR SOLMAN	Disolvente	8002032		Esporádico: Sopela
ARDROX ELIMINADOR 9-PR-5		00071816		Esporádico: Ariz y Sopela
ARDROX REVELADOR 9-D-1-B		00071825		Esporádico: Ariz y Sopela
QUITAPINTURAS WIPE-OUT	Disolvente IG-11-PR-143 Ariz MM-07-PR-124 Sopela	8002045		Esporádico: Ariz y Sopela
QUITAPINTURAS BIOSANE D-255	Disolvente	8002046		Esporádico: Sopela
ARENAS SILÍCEAS	Carga Areneros con Aspiración	00079854	Silicosis: Evaluación de Riesgos por exposición a Sílice Libre Cristalina	Diaria (puntual): Exposiciones /año: (media) Ariz: 42 Sopela: 4

Continuación de la tabla anterior.

5. Evaluación de Riesgos por exposición a Sílice Libre Cristalina.

- Material Móvil.

Puesto	Gravedad	Probabilidad	Exposición	Magnitud de Riesgo	Valoración
Auxiliar de Ingeniería	20	0,5	2	20	No concluyente*
Ingeniería Material Móvil	20	0,5	2	20	No concluyente*
Jefatura de Mantenimiento Eléctrico-Electrónico Ariz	20	1	3	60	Posible
Jefatura de Mantenimiento Mecánico-Neumático Ariz	20	0,8	4	64	Posible
Jefatura de Mantenimiento Mecánico-Neumático Sopela	20	0,8	3	48	Posible
Jefatura de Mantenimiento Eléctrico-Electrónico Sopela	20	0,8	2,5	40	Posible
Jefatura de Material Móvil	20	0,5	2	20	No concluyente*
Personal administrativo Material Móvil Ariz	20	0,5	0,5	5	No concluyente*
Personal administrativo Material Móvil Sopela	20	0,5	0,5	5	No concluyente*
Personal Técnico Mantenimiento Eléctrico-Electrónico Sopela	20	0,9	3	54	Posible
Personal Técnico Mantenimiento Eléctrico-Electrónico Ariz	20	0,9	3,5	63	Posible
Personal Técnico Mantenimiento Mecánico-Neumático Ariz	20	1	6	120	Importante
Personal Técnico Mantenimiento Mecánico-Neumático Sopela	20	0,8	5,5	88	Importante
Supervisión Eléctrica-Electrónica Ariz	20	0,8	3,5	56	Posible
Supervisión Eléctrica-Electrónica Sopela	20	1	3	60	Posible
Supervisión Mecánica-Neumática Ariz	20	1	5	100	Importante
Supervisión Mecánica-Neumática Sopela	20	0,8	4,5	72	Importante

La probabilidad de exposición al riesgo de Sílice es muy baja dado que se tratan de exposiciones esporádicas y de muy baja intensidad ($\ll 0,1$). Valoración realizada teniendo en cuenta su capacidad de provocar silicosis.

Protocolos específicos de Vigilancia de la Salud.

- Material Móvil.

Puestos de trabajo	Protocolos	Ruido	Posturas forzadas	Manipulación manual de cargas	PVD	Sílice
Auxiliar de Ingeniería		-	-	-	1	-
Ingeniería Material Móvil		-	-	-	1	-
Jefatura de Mantenimiento Material Móvil Ariz		-	-	-	1	-
Jefatura de Mantenimiento Material Móvil Sopela		-	-	-	1	-
Jefatura Material Móvil		-	-	-	1	-
Personal Técnico Mantenimiento Eléctrico-Electrónico Ariz		1	1	1	-	-
Personal Técnico Mantenimiento Eléctrico-Electrónico Sopela		-	1	1	-	-
Personal Técnico Mantenimiento Mecánico-Neumático Ariz		1	1	1	-	1
Personal Técnico Mantenimiento Mecánico-Neumático Sopela		-	1	1	-	1
Supervisión Eléctrica-Electrónica Ariz		-	-	1	1	-
Supervisión Eléctrica-Electrónica Sopela		-	-	1	1	-
Supervisión Mecánica-Neumática Ariz		-	-	1	1	1
Supervisión Mecánica-Neumática Sopela		1	-	1	1	1

.- Ergonomía y Psicosociología:

Tabla 38: Evaluación de Riesgo del Puesto de Personal Técnico Mecánico Neumático.

Información de los Riesgos Ergonómicos y Psicosociales del puesto de trabajo

Personal técnico de mantenimiento mecánico-neumático

Riesgo de tu trabajo	Pueden ocasionar daños a tu salud	Medidas de prevención: Cómo puedes evitarlos
<p>Posturas forzadas</p> <ul style="list-style-type: none"> Durante la realización de tareas que requieran atención o trabajo en detalle en los bancos de trabajo. Durante la realización de diversas tareas con bastante ejercicio de fuerza en vía de foso. Durante la realización de diversas tareas sobre las unidades, en posición de agachado o cuclillas Durante la realización de trabajo en los bogues. Durante las operaciones de cambios de lunas (uso de maquinaria portátil, porra, formón, etc.) 	<p>Alteraciones osteomusculares con riesgo de adquisición o agravamiento de lesiones y enfermedades musculoesqueléticas en zona de cuello-hombros, espalda, piernas, brazos-mano, y mano-muñeca.</p>	<p>Realiza ejercicios de potenciación de la musculatura y relajación-estiramiento muscular al inicio de la jornada como precalentamiento y en cada pausa</p>  <p>Puedes consultar y ampliar estos ejercicios en:</p> <p>Gure tokia>> biblioteca>> salud>> ergonomía >>Análisis ergonómico del puesto de trabajo en oficina: Estiramientos para realizar en el lugar de trabajo</p> <ul style="list-style-type: none"> Ejercicios de manos y muñecas, Ejercicios de hombros y brazos, cuello y espalda Ejercicios de piernas



metro bilbao

Riesgo de tu trabajo	Pueden ocasionar daños a tu salud	Medidas de prevención: Cómo puedes evitarlos
<p>Manipulación manual de cargas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Durante la colocación de lunas, por manipulación de materiales como zapatas, amortiguadores, etc. Por utilización de herramientas portátiles de forma frecuente: lijadoras, soldadura, etc. 	<p>Alteraciones osteomusculares con riesgo de adquisición o agravamiento de lesiones y enfermedades musculoesqueléticas en zona lumbar y miembros superiores.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Mantén la columna lo más recta posible, con la carga lo más próxima al centro de gravedad, evitando los movimientos de torsión y flexión de la columna. Para más información consulta Gure tokia>> mi trabajo>> prevención>> ergonomía y psicosociología>>Manipulación manual de cargas Realiza ejercicios para fortalecer la musculatura abdominal. <p>Puedes consultar algunos ejercicios y estiramientos en:</p> <p>Gure tokia>> biblioteca>> salud>> ergonomía >>Protege tu espalda: Ejercicios y Estiramientos</p>
<p>Exposición a ruido</p>	<p>Perdida de audición</p>	<p>Realiza los reconocimientos de salud que se programen.</p> <p>En caso de que aprecies cualquier anomalía consulta a Salud Laboral.</p>

- Evaluación de riesgos psicosociológicos en Metro Bilbao.

Tabla 39: Evaluación de riesgos Psicosociales por el método ISTAS 21, actualizada en 2021.

	Dimensión	Más Desfavorable	Situación Intermedia	Más favorable
 <p>MÁS PROBLEMÁTICAS</p>	Previsibilidad	76,2	18,9	5
	Calidad de liderazgo	62,4	26	11,5
	Ritmo de trabajo	60,5	28,4	11,2
	Exigencias emocionales	59,5	29,5	11
	Claridad de rol	54,8	32,3	13
	Apoyo social de superiores	52,8	29,4	17,9
	Conflicto de rol	52,4	31,6	16,1
	Inseguridad sobre las condiciones de trabajo	47,9	27,1	24,9
	Exigencias de esconder emociones	45,6	22,5	31,9
	Doble presencia	41	44	15
	Influencia	38,5	39,4	22,1
	Posibilidades de desarrollo	37,7	38,7	23,5
	Justicia	37,6	27,8	34,6
	Inseguridad sobre el empleo	32,2	23,1	44,7
	Apoyo social de compañeros	25,8	33,2	41
	Exigencias cuantitativas	24,7	43,8	31,5
	Reconocimiento	20,4	19,7	60
MENOS PROBLEMÁTICAS O FAVORABLES	Sentido del trabajo	19	29,2	51,8
	Sentimiento de grupo	17,0	39,3	42,8
	Confianza vertical	15,2	23,2	61,6

Rojo tercil menos favorable para la salud. **Amarillo** tercil intermedio. **Verde** tercil más favorable para la salud

		Exigencias cuantitativas	Ritmo de trabajo	Exigencias emocionales	Exigencias de esconder	Doble presencia	Influencia	Posibilidades de desarrollo	Sentido del trabajo	Claridad de rol	Conflicto de rol	Apoyo social de compañeros	Sentimiento de grupo	Apoyo social de superiores	Calidad de liderazgo	Previsibilidad	Reconocimiento	Inseguridad sobre el empleo	Inseguridad sobre las	Confianza vertical	Justicia
Puestos	CONDUCCION / MAQUINISTA	Verde	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
	PERSONAL DE SUPERVISION DE ESTACIONES	Verde	Verde	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
	PERSONAL OAC	Verde	Verde	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
	PUESTO MTO. MATERIAL MOVIL ARIZ	Verde	Verde	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
	PUESTO MTO. MATERIAL MOVIL SOPELA	Verde	Verde	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
	PUESTO MANDO CENTRAL	Verde	Verde	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
	PERSONAL ADMINISTRATIVO Y SERVICIOS	Verde	Verde	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
	PERSONAL DE GESTION	Verde	Verde	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
	PUESTOS DE INSTALACIONES	Verde	Verde	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
JEFATURAS Y DIRECCIONES	Verde	Verde	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	
Departamentos	CONDUCCION	Verde	Verde	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
	PERSONAL QUE ATIENDE AL PUBLICO	Verde	Verde	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
	MATERIAL MOVIL ARIZ	Verde	Verde	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
	MATERIAL MOVIL SOPELA	Verde	Verde	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
	INSTALACIONES	Verde	Verde	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Sexo	OFICINAS	Verde	Verde	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
	PUESTO MANDO CENTRAL	Verde	Verde	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
	Mujeres	Verde	Verde	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Hombres	Verde	Verde	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde

Rojo tercil menos favorable para la salud. **Amarillo** tercil intermedio. **Verde** tercil más favorable para la salud

No se ha transmitido una inquietud referente a la presencia de SC en MB en los círculos de prevención.

4.2.- PREVALENCIA DE PATOLOGÍA RELACIONADA CON LA SÍLICE CRISTALINA EN LA POBLACIÓN LABORAL DE METRO BILBAO.

Plantilla.

La plantilla de MB ha experimentado un aumento de sus efectivos desde su creación, habiendo sido contratadas 1055 personas a lo largo de sus más de 25 años de existencia.

Tabla 40: Evolución de la plantilla.

Año	Plantilla	Mujeres	Hombres	Supervisión Estación	Maquinista	Mantenimiento Material Móvil.	Mantenimiento Instalaciones.
1996	424	62	362	109	68	48	44
2008	661	165	496	177	158	76	67
2017	742	220	522	208	184	99	65

Absentismo:

La plantilla ha presentado los siguientes índices anuales de absentismo, vinculados a la Incapacidad temporal desde 2008.

Gráfica 3: Evolución del absentismo. Años e índice anual.



4.2.1.- DATOS MÉDICOS: VIGILANCIA COLECTIVA, vinculada a la posible exposición a polvo respirable de SC.

MB dispone del Procedimiento para la realización de la Vigilancia de la Salud según los protocolos específicos 16-SP-PR-006.

La aplicación del protocolo por exposición a polvo respirable de SC se realiza a los siguientes colectivos:

Personal técnico Mantenimiento Mecánico Neumático (PMN).

Personal técnico Energía y Electromecanismos (PEE).

Personal técnico Mantenimiento de Catenaria.

Personal técnico mantenimiento de Señalización, Comunicación y Control (SCC).

Personal técnico mantenimiento de Vía.

Supervisión Mecánico Neumático.

Supervisión de Instalaciones eléctricas.

Supervisión de Catenaria.

Supervisión de Vía.

Son 140 personas, siendo solo 2 mujeres, con edades comprendidas entre los 25 y los 65 años, con exposiciones que van de uno a 47 años.

Durante 2022 se ha extendido la posibilidad de realizar los exámenes de salud al colectivo de línea ante la posibilidad de exposiciones accidentales, resultados no incluidos en este estudio.

ESPIROMETRÍAS.

Las principales variables de la espirometría forzada son la FVC y el volumen espiratorio forzado en el primer segundo (FEV₁). La FVC representa el volumen máximo de aire exhalado en una maniobra espiratoria de esfuerzo máximo, iniciada tras una maniobra de inspiración máxima, expresado en litros. El FEV₁ corresponde al volumen máximo de aire exhalado en el primer segundo de la maniobra de FVC, también expresado en litros. A su vez, el cociente FEV₁/FVC muestra la relación entre ambos parámetros (78).

Se han ofertado espirometrías a todas las personas trabajadoras de los puestos citados (140) cuando la evaluación de riesgos así lo indica.

Tabla 41: Número de espirometrías realizadas por edad.

Edades	Nº	%
<=29	7	5
30-39	24	17
40-49	43	31
50-59	44	31
>=60	22	16

Tabla 42: Espirometrías realizadas por años de exposición.

Años en el puesto	Nº de años	%
<=5	40	29
6-20	65	46
21-39	18	13
>=40	17	12

Tabla 43: Número de espirometrías realizadas por puesto de trabajo.

Puesto de trabajo	Nº	%
Personal Técnico Mantenimiento Catenaria	12	8
Personal Técnico Mantenimiento Vía	15	11
Personal Técnico Mto. Señalización, Comunicación y Control	26	19
Personal Técnico Mantenimiento Energía y Electromecanismos	11	9
Supervisión Instalaciones Eléctricas	4	2
Personal Técnico Mantenimiento Mecánico-Neumático	70	50
Personal Técnico Mantenimiento Eléctrico-Electrónico	2	1

.- Primeras espirometrías realizadas: 130 trabajadores y trabajadoras aceptaron realizar el protocolo médico específico, siguiendo las pautas de OSALAN, con una periodicidad de 3 años.

Tabla 44: Resultados obtenidos de las primeras espirometrías. Capacidad Vital forzada, FVC %. y Volumen espirado máximo en el primer segundo de la espiración forzada, FEV1 %.

FVC %		FVE1 %		FEV1/FVC %	
<=69	0	<=59	1	<=49	0
70-79	9	60-69	1	50-59	0
>=80	121	70-79	5	60-69	0
		>=80	123	>=70	130

Tabla 45: Capacidad Vital forzada, FVC %. Personal mecánico neumático (PMN).

Puesto	FCV% > 80	FCV% < 79	Total
Resto	63	3	66
PMN.	58	6	64
Total	121	9	130

OR= 2,17 IC95% [0,52;9,08]. De los 9 FVC%, 6 son PMN con FVC alterada p=0,462.

Tabla 46: Volumen espirado máximo en el primer segundo de la espiración forzada, FEV1 %. Personal mecánico neumático (PMN).

Puesto	FEV1% > 80	FEV1% < 79	Total
Resto	63	3	66
PMN.	60	4	64
Totales	123	7	130

OR= 1,4 IC95% [0,30;6,51] p= 0,965.

Tabla 47: Espirometrías. Personal mecánico neumático (PMN).

Puesto	Normal	Alterado	Total
Resto	46	20	66
PMN.	48	16	64
Total	94	36	130

OR= 0,76 IC95% [0,35;1,65] p=0,499.

Tabla 48: Datos obtenidos de las espirometrías con capacidad vital forzada, FVC% < 80. Hipertensión arterial (HTA). Tensión arterial (TA). Personal mecánico neumático (PMN). Energía y electromecanismos (EEM). Reconocimiento médico (RM).

Plantilla con FVC % <80	Edad a fecha del RM	Puesto	Años en el puesto	Tabaquismo	Clínica	TA
9 personas	59	Vía	38	Ex		HTA
	41	PMN	2	No		-
	42	PMN	1	Ex	Asma	-
	54	PMN	9	Ex	Hiperreactividad bronquial	-
	34	PMN	6	No	Asma	-
	63	PMN	44	Si		HTA
	65	PMN	39	Ex		HTA
	53	EEM	1	Si		-
59	Vía	40	Ex		HTA	

Tabla 49: Estudio radiológico de las primeras radiografías efectuadas.

Radiología	Nº	%
Atelectasia laminar	1	1
Elongación aortica	8	6
Engrosamiento de pleura	1	1
Obliteración del seno costo-frénico izq.	1	1
Granuloma	4	3
Normal	110	85
Renuncia	5	3

Tabla 50: Patología referida por el trabajador.

TIPO PATOLOGIAS	N	%
Patología respiratoria previa	20	15
Patología cardiovascular previa	34	26
Sin antecedentes patológicos	78	59

Tabla 51: Presencia o ausencia de clínica respiratoria del examen de salud. Historia clínica (HC).

HC el día	N	%
Sin clínica	104	80

Tabla 52: Consumo de alcohol.

Alcohol	N	%
Diario	13	10
Fin de semana	16	12
Esporádico	70	54
No bebedor o bebedora	31	24

Tabla 53: Tabaquismo.

Hábito tabáquico	N	%
Si	23	18
No	69	53
Ex	38	29

Tabla 54: Alteraciones analíticas.

Alteraciones analíticas	N	%
Creatinina.	1	1
Hiperlipemia	47	36
Normal	64	51
Hiperglucemia	8	6
Transaminasas	8	6

Tabla 55: Alteraciones electrocardiográficas (EKG).

EKG	N	%
Normal	112	86
Alterado	18	14

Tabla 56: Electrocardiograma y puestos. Personal mecánico neumático (PMN).

Puesto	Normal	Alterado	Total
Resto	61	4	65
PMN.	51	14	65
Total	112	18	130

OR= 4,18 IC95% [1,29;13,51] p=0,011.

Tabla 57: Tensión arterial. Hipertensión arterial (HTA).

TA	N	%
Normotenso	75	58
HTA leve	35	27
HTA Moderada	11	8
HTA severa	9	7

Tabla 58: Hipertensión arterial y puestos. Personal mecánico neumático (PMN). Hipertensión arterial (HTA).

Puesto	Normal	HTA	Total
Resto	35	31	66
PMN.	40	24	64
Total	75	55	130

OR= 0,67 IC95% [0,33;1,36] p=0,276.

Tabla 59: Auscultación.

AUSCULTACIÓN	N	%
Normal	122	94
Alterada	8	6

Tabla 60: Auscultación alterada y puesto. Personal mecánico neumático (PMN).

Puesto	Alterada	Normal	Total
Resto	4	62	66
PMN.	4	60	64
Total	8	122	130

OR= 1,03 IC95% [0,24;4,32] p=0,684.

Tabla 61: Trabajo previo en empresa con posible exposición a amianto.

POSIBLE EXPOSICIÓN PREVIA A AMIANTO	N	%
SI	11	8
NO	119	92

Tabla 62: Uso de Equipos de Protección Individual (EPI).

EPI	N	%
Uso correcto	104	80
No necesario en su puesto	12	9
Uso discontinuo	14	11

- Segundas espirometrías realizadas:

Tabla 63: Resultados de las segundas espirometrías realizadas. Capacidad Vital forzada, FVC %, y Volumen espirado máximo en el primer segundo de la espiración forzada, FEV1 %.

2º RRMM							
FVC %		FVE1 %		FEV1/FVC %		Patrón de Espirometría	
<=69	0	<=59	0	<=49	0	Normal	38
70-79	2	60-69	1	50-59	0	Obstructivo leve	14
>=80	52	70-79	4	60-69	0	Restrictivo leve	2
		>=80	49	>=70	54		

PMN Alterada 2. De los 5 con FVE1% alterada en segunda espirometría, 4 son PMN.

Tabla 64: Volumen espirado máximo en el primer segundo de la espiración forzada, 2ª FEV1 %. Personal mecánico neumático (PMN).

Puesto	FEV1% > 80	FEV1% < 79	Total
Resto	12	1	13
PMN.	37	4	41
Totales	49	5	54

OR=1,29 IC95% [0,13;12,76] p=0,653.

Tabla 65: Comparación entre primeras y segundas espirometrías. Personal mecánico neumático (PMN).

Puesto	Cambio positivo	Cambio negativo	Total
Resto	5	8	13
PMN.	19	22	41
Totales	24	30	54

OR=0,72 IC95% [0,20;2,58] p=0,618. De los 41 PMN que repitieron espirometría a los 3 años, 19 mejoraron sus valores y 22 los empeoraron.

Tabla 66: Comparación entre Capacidad Vital Forzada, FVC % de primeras y segundas espirometrías. Personal mecánico neumático (PMN).

Puesto	FVC % > 80	FVC% < 80	Total
Resto	13	0	13
PMN.	39	2	41
Totales	52	2	54

p>0,99 no se puede calcular OR porque un valor es 0.

Tabla 67: Tensión arterial y puestos. Personal mecánico neumático (PMN). Hipertensión arterial (HTA).

Puesto	Normal	HTA	Total
Resto	4	7	11
PMN.	24	14	38
Total	28	21	49

OR=0,33 IC95% [0,08;1,34] p= 0,217.

Tabla 68: Resultados de las analíticas de sangre.

Analítica 2º	N	%
Hiperlipemia	14	30
Normal	30	67
Hiperglucemia	1	1
Transaminasas	3	2

Tabla 69: Alteraciones electrocardiográficas (EKG).

EKG 2º	N	%
Normal	45	83
Alterado	6	17

Tabla 70: Alteraciones radiológicas.

Radiología	N	%
Normal	40	82
Renuncia	1	2
Elongación aórtica	2	4
Callo de Fractura	1	2
Granuloma	2	4
Ácigos	1	2
Obliteración seno costo diafragmático.	1	2
Suturas Metálicas	1	2

4.2.2.- CÁNCER EN METRO BILBAO.

54 integrantes de la plantilla han sufrido un proceso neoplásico desde la creación de MB.

Tabla 71: Tasas de incidencia de cánceres por año.

Año	Tasa de incidencia Nº casos/plantilla x 100.000 a 31 de diciembre.	Tasa de incidencia Hombres	Nº casos	Tasa de incidencia Mujeres	Nº casos
1996	236	276	1	0	
1997	475	557	2	0	
1998	907	800	3	1515	1
1999	225	267	1	0	
2000	0	0	0	0	
2001	0	0	0	0	
2002	175	0	0	943	1
2003	0	0	0	0	
2004	0	0	0	0	
2005	345	435	2	0	
2006	0	0	0	0	
2007	319	408	2	0	
2008	302	403	2	0	
2009	268	363	2	0	
2010	136	0	0	500	1
2011	678	743	4	502	1
2012	554	381	2	1015	1
2013	696	763	4	515	1
2014	689	570	3	1000	2
2015	543	759	4	0	
2016	274	0	0	947	2
2017	135	191	1	0	
2018	0	0	0	0	
2019	513	561	3	408	1
2020	257	187	1	408	1
2021	259	0	0	496	2

Tabla 72: Número de cánceres por puesto y género.

Histórico	Personas
Personal supervisor de estación	18
Maquinista de tracción eléctrica	14
Administración. y Mando	7
Mantenimiento. Taller	6
Instalaciones	3
Neoplasias previas a la incorporación a MB	3
Limpieza	3

Sexo	Personas
Mujer	14 (10 cáncer de mama)
Hombre	40 (5 Cáncer de próstata)

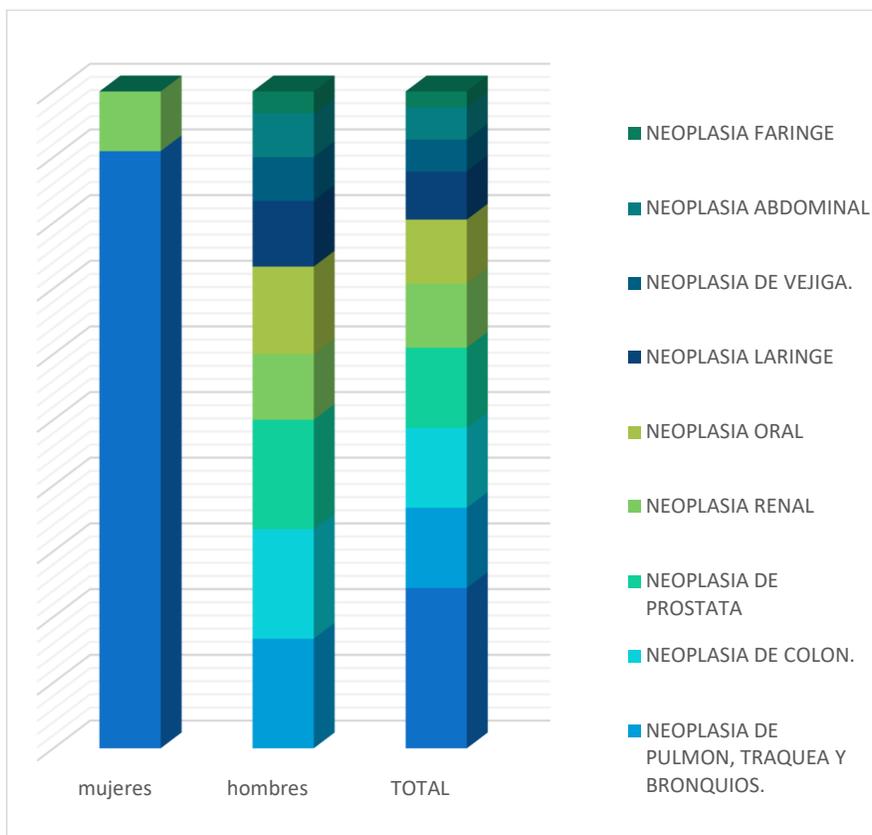
Tabla 73: Edad al diagnóstico de los cánceres.

Edad al diagnóstico	Personas	Hombres	Mujeres
<= 39 años	5	2	3
40 - 49 años	21	15	6
50 - 59 años	17	12	5
>= 60 años	11	11	0

Tabla 74: Tipos de cánceres y género.

Diagnóstico	Personas	Hombres	Mujeres
NEOPLASIA DE MAMA	10	0	10
NEOPLASIA DE PULMON, TRAQUEA Y BRONQUIOS	5	5	0
NEOPLASIA DE COLON	5	5	0
NEOPLASIA DE VEJIGA	2	2	0
NEOPLASIA LARINGE	3	3	0
NEOPLASIA DE PROSTATA	5	5	0
NEOPLASIA FARINGE	1	1	0
NEOPLASIA ORAL	4	4	0
NEOPLASIA ABDOMINAL	2	2	0
NEOPLASIA RENAL	4	3	1
Diferentes cánceres	13	10	3

Tabla 75: Cánceres más frecuentes.



Las neoplasias de pulmón fueron todas en años diferentes, sin vinculación con la antigüedad en el puesto.

Tabla 76: Cáncer de pulmón y puesto Personal Mecánico Neumático en el total de la plantilla. Personal mecánico neumático (PMN).

Puestos	Sin Neoplasia de pulmón	Cáncer de pulmón	Plantilla
Otros puestos	967	4	971
PMN	83	1	84
Totales	1050	5	1055

OR= 2,91 IC95% [0,32;26,36] p=0,680.

Tabla 77: Cáncer de pulmón y puesto Personal Mecánico Neumático y resto de taller en el total de la plantilla.

Puestos	Sin neoplasia de pulmón	Cáncer de pulmón	Plantilla
Otros puestos	813	4	817
Taller	237	1	238
Totales	1050	5	1055

OR= 0,85 IC95% [0,09;7,70] p=0,684.

Tabla 78: Cáncer de pulmón y puesto taller y línea en el total de la plantilla.

Puestos	Sin neoplasia de pulmón	Cáncer. de pulmón	Plantilla
Otros puestos	148	0	148
Taller y línea	902	5	907
Totales	1050	5	1055

p=0,938 OR sin obtener por ser un valor 0

Tabla 79: Cáncer de pulmón, boca o laringe y puesto Personal Mecánico Neumático (PMN) en el total de la plantilla.

Puestos	Sin neoplasia de pulmón	Cáncer de pulmón, boca o laringe	Plantilla
Otros puestos	958	13	971
PMN	83	1	84
Totales	1041	14	1055

OR= 0,88 IC95% [0,11;6,87] p=0,689.

Tabla 80: Cáncer de pulmón, boca o laringe y puesto Personal Mecánico Neumático y resto de taller en el total de la plantilla.

Puestos	Sin neoplasia de pulmón	Cáncer de pulmón, boca o laringe	Plantilla
Otros puestos	809	8	817
Taller	232	6	238
Totales	1041	14	1055

OR= 2,61 IC95% [0,89;7,61] p=0,144.

Tabla 81: Cáncer de pulmón, boca o laringe y puesto Personal Mecánico Neumático y taller y línea en el total de la plantilla.

Puestos	Sin neoplasia de pulmón	Cáncer. de pulmón, boca o laringe	Plantilla
Otros puestos	147	1	148
Taller y Línea	894	13	907
Totales	1041	14	1055

OR= 2,13 IC95% [0,27;16,46] p=0,788.

Tabla 82: Cáncer de pulmón y puesto Personal Mecánico Neumático (PMN) en el total de personal con neoplasias.

Puestos	Neoplasia NO pulmón	Cáncer de pulmón	Nº total de Neoplasias
Otros puestos	47	4	51
PMN	2	1	3
Totales	49	5	54

OR= 5,87 IC95% [0,43;79,76] p= 0,139.

Tabla 83: Cáncer de pulmón y puestos Personal Mecánico Neumático con resto de taller en el total de personal con neoplasias.

Puestos	Neoplasia NO pulmón	Cáncer de pulmón	Nº total de Neoplasias
Otros puestos	38	4	42
Taller	11	1	12
Totales	49	5	54

OR= 0,86 IC95% [0,09;8,54] p= 0,9.

Tabla 84: Cáncer de pulmón y taller con línea en el total de personal con neoplasias.

Puestos	Neoplasia NO pulmón	Cáncer de pulmón	Nº total de Neoplasias
Otros puestos	8	0	8
Taller y línea	41	5	46
Totales	49	5	54

OR= 5,87 IC95% [0,43;79,76] p= 0,33.

Tabla 85: Cáncer de pulmón, boca o laringe y puesto Personal mecánico neumático (PMN) en el total de personal con neoplasias.

Puestos	Neoplasia NO pulmón	Cáncer pulmón, boca o laringe	Nº total de Neoplasias
Otros puestos	39	12	51
PMN	1	2	3
Totales	40	14	54

OR= 0,61 IC95% [0,05;7,39] p= 0,09.

Tabla 86: Cáncer de pulmón, boca o laringe y Personal mecánico neumático (PMN) y resto de taller en el total de personal con neoplasias.

Puestos	Neoplasia NO pulmón	Cáncer pulmón, boca o laringe	Nº total de Neoplasias
Otros puestos	34	8	42
Taller	6	6	12
Totales	40	14	54

OR= 4,25 IC95% [1,08;16,7] p= 0,03.

Tabla 87: Cáncer de pulmón, boca o laringe y puesto taller y línea en el total de personal con neoplasias.

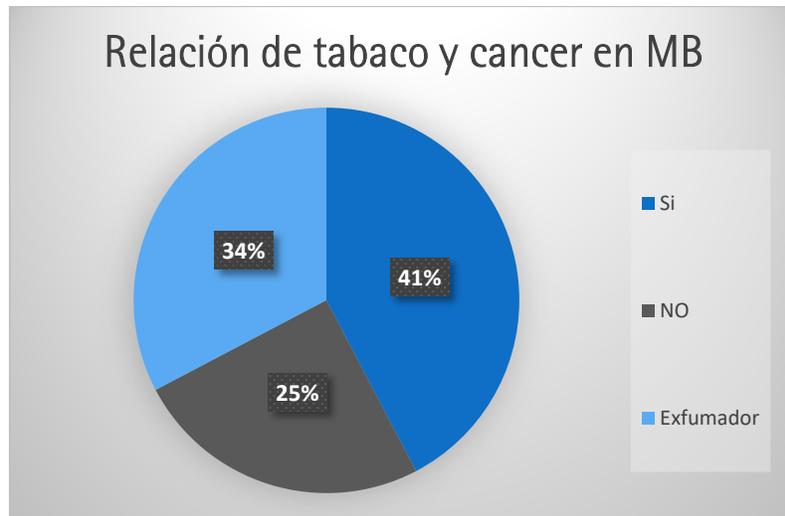
Puestos	Neoplasia NO pulmón	Cáncer pulmón, boca o laringe	Nº total de Neoplasias
Otros puestos	7	1	8
Taller y línea	33	13	46
Totales	40	14	54

OR= 2,75 IC95% [0,30;24,67] p= 0,34.

Tabla 88: Número de personas con cáncer y tabaco.

Cáncer y Tabaco	Total	Mujer	Hombre
Fumador/a	22	2	20
No	15	5	10
Exfumador/a	17	7	10
Total	54	14	40

Gráfica 4: Porcentaje de personas con cáncer y tabaco.

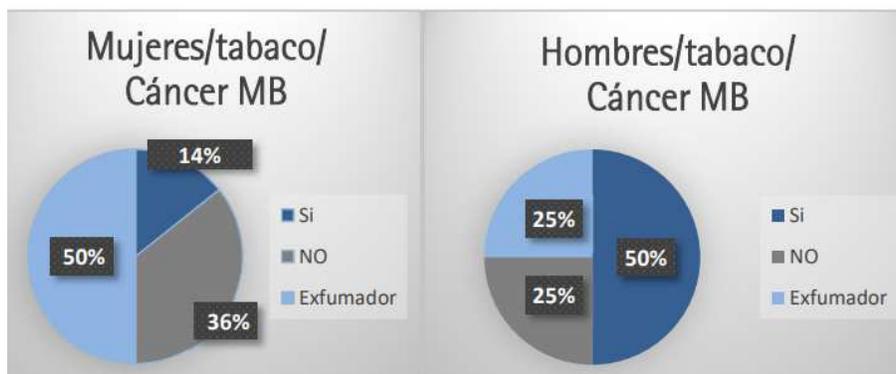


Un 41% personas que han sufrido cáncer de MB se declaran fumadoras y un 34% exfumadoras (Total 75%). Solamente el 25% de los cánceres en MB se ha dado en gente no fumadora.

Por género, los hombres que han sufrido cáncer en MB, un 50% era fumador, y un 25% exfumador (total 75%). Solamente un 25% no fumaban.

Las mujeres que han sufrido cáncer en MB, un 14% era fumadora, un 50% exfumadora (total 64%). Un 36% de los cánceres en MB en mujeres se han dado en no fumadoras.

Gráfica 5: Porcentaje de personas con cáncer, tabaco y género.



De los 5 cánceres de pulmón registrados en MB, solo uno ha sido descrito en personal mecánico neumático.

Tabla 89: Cáncer de pulmón y tabaco.

Cáncer de pulmón	No fumador	Fumador	Total
No	15	34	49
Si	1	4	5
Totales	16	38	54

OR= 1,76 IC95% [0,18;17,17] p=0,532.

Tabla 90: Cáncer de pulmón, boca o laringe y tabaco.

Cáncer de pulmón, boca o laringe	No fumador	Fumador	Total
No	15	25	40
Si	1	13	14
Totales	16	38	54

OR= 7,8 IC95% [0,92;65,78] p=0,032.

4.3.- GESTIÓN INTEGRADA POR LA PRESENCIA DE SÍLICE CRISTALINA EN UN OPERADOR FERROVIARIO.

Trabajar en prevención de riesgos laborales, y en especial con un cancerígeno, hace necesaria la participación de todas las Direcciones y Jefaturas de Unidad de la empresa, en este caso, de MB. El abordaje de su gestión debe ser transversal y todos los integrantes del organigrama juegan un rol fundamental para que la cadena preventiva no se rompa por ningún eslabón y la seguridad y salud de toda la plantilla y de su clientela se vea asegurada en todo momento.

La implementación y mantenimiento de un sistema de gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SST), su eficacia y su capacidad para lograr sus resultados previstos dependen de varios factores clave, que pueden incluir:

- a) el liderazgo, el compromiso, las responsabilidades y la rendición de cuentas de la alta dirección;
- b) que la dirección desarrolle, lidere y promueva una cultura en la organización que garantice los resultados previstos en el sistema de gestión de la SST;
- c) la comunicación;
- d) la consulta y la participación de la plantilla y de sus representantes;
- e) la asignación de los recursos necesarios para mantenerlo;
- f) las políticas de la SST, que estén actualizadas y sean compatibles con la dirección y objetivos estratégicos generales de la organización;
- g) los procesos eficaces para identificar los peligros, controlar los riesgos para la SST y aprovechar las oportunidades para su mejora;
- h) el seguimiento y la evaluación continua del sistema de gestión de la SST para mejorar su desempeño;
- i) la integración del sistema de gestión de la SST en los procesos de negocio de la organización;
- j) los objetivos de la SST que se alinean con la política de prevención y que tienen en cuenta los peligros, los riesgos y las oportunidades de la organización.
- k) garantizar el cumplimiento de todos los requisitos legales en SST que afectan a la empresa, y
- l) progresar en la consecución de otros requisitos de calidad y de mejora de las condiciones de trabajo que haya incluido la organización en su política preventiva (79).

La gestión de la exposición laboral a SC exige una intervención global de la organización que implica distintas actuaciones por parte de las diferentes direcciones de MB en la que han participado todas y cada una de las Jefaturas de Unidad.

A continuación, se hace referencia a los diferentes protocolos escritos, aplicados y actualizados, vinculados en MB a la gestión preventiva de la exposición a SC.

Director Gerente.

Esta figura lidera la organización y facilita los medios necesarios, tanto humanos como técnicos, formativos y participativos, para gestionar los riesgos y las oportunidades.

Máximo referente empresarial que transmite la necesidad de convertir todos los lugares de trabajo en lugares seguros, tanto para la plantilla de MB como para sus usuarios y usuarias, promocionando la salud plena de quienes hacen posible MB.

Para ello, con fecha 11 de febrero de 2020, firmó y publicó la actualización del Plan de prevención de riesgos laborales, refrendado previamente por el CSS el 23 de enero de 2020. 98-SP-DC-001.

Dirección Adjunta a la Gerencia.

Gestiona los recursos materiales y el personal de su dirección para promover y desarrollar las políticas de empresa concernientes a su ámbito de responsabilidad: marketing y comunicación interna y externa, y coordinar la actuación de las Direcciones, con objeto de conseguir los resultados esperados en términos de rentabilidad económica y social, calidad, medio ambiente, y seguridad.

Jefatura de Marketing y Comunicación.

Dicha Jefatura es la responsable de la comunicación, principalmente con los usuarios y usuarias, como con los medios de comunicación, y lidera la Gestión Ética y Socialmente Responsable que recoge la gestión de los riesgos identificados en los diferentes ámbitos de la actividad de MB, tanto para la clientela como para la plantilla y contratados que trabajan en MB. 17-JI-PR-002.

Jefatura de Línea.

Su participación en el CSS le convierte en una persona integradora de la PRL en el ámbito de la explotación ferroviaria. Coordina a más de la mitad de la plantilla de MB, plantilla en contacto directo con los clientes. Facilita y mantiene a disposición del personal de línea el siguiente material desde febrero de 2021. 20-PR-006.

Tabla 91: EPI recogidos en las normas para evitar frenadas de urgencia repetidas en la traza ferroviaria.

EPIs	Cantidad	Utilización	Deshecho
00068839 Buzo desechable: Lakland SAFEGard GP	2 Talla L 2 Talla XL	1 vez	Transcurridos 30 min. desde la desaparición de la nube de polvo, embolsar buzos y mascarillas, y desechar en la papelera o el contenedor de basura normal más próximo a la estación.
00167795 Mascarilla con válvula FFP3 desechable; BLS ZERO 30 GISS 839963 Moldex Classic 2555 3M 8833 FFP3	4 Mascarillas FFP3	1 vez	
00067983 Gafas Panorámicas Medop GP3 Plus	2 (individuales)	Reutilizables por la persona que las ha utilizado por primera vez.	Lavar con agua del grifo y guardar una vez secas.
Bolsas de basura	4	Embolsar buzos y mascarillas utilizados.	Desechar en la papelera o en contenedor de basura normal próximo a la estación.
Listado de contenido e instrucciones de utilización	1	Verificación	-

Cada vez que sea utilizado un Kit, SPVE solicitará los EPI necesarios a Jefatura de Operaciones o Logística de Línea para mantener la dotación.

Jefatura de Puesto de Mando Centralizado.

El puesto de mando centralizado (PMC), es el cerebro de MB. Trabaja 24 horas al día todos los días del año velando por la seguridad de toda su clientela y plantilla. Gestiona, entre otros, el arranque de ventiladores durante trabajos de mantenimiento que puedan generar polvo, vapores, gases y humos contaminantes. 07-SP-PR-364 y 01-IN-MN-009.

Tras recibir la primera comunicación de la existencia de una nube de polvo por parte de un MTE, informa al siguiente tren de lo ocurrido indicándole que pase a la velocidad normal e informe al PMC de si se reproduce la frenada de urgencia, y de si detecta vertidos de arena y/o nube de polvo en el ambiente. Si no se repite la Frenada de Urgencia, el PMC no realiza más acciones. Si la Frenada de Urgencia se reproduce en 2 trenes consecutivos, o en 3 trenes alternos al paso de 5 trenes; entonces, el PMC establece las condiciones de circulación, ordenando circular en ATP por el tramo afectado por la incidencia, y limitando el paso a 25 Km/h por el punto concreto dónde se producen las frenadas, informando del punto kilométrico (si lo conoce) al conjunto de MTE que se encuentran en servicio. Una vez restringidas las condiciones de circulación para evitar la repetición de frenadas de urgencia, requerirá la presencia en el tramo afectado de: Jefatura de Operaciones, para verificar si hay presencia de nube de polvo en la estación o estaciones afectadas, y Mantenimiento de SCC, en caso de considerar necesaria su intervención para solventar la incidencia. Las restricciones de circulación se mantendrán hasta que se resuelva el problema que origina las frenadas de urgencia. 20-SP-PR-006_0.

Jefatura de Operaciones.

Informará de la incidencia a través de las pantallas de información al colectivo de MTE. Se dirigirá a la estación más afectada con un equipo de medición de Sílice, por si fuera necesario realizar una toma de muestras; y avisará al Responsable de Seguridad e Higiene. Si pasados 2 trenes, persiste la presencia de nube de polvo, mantendrá activado el sistema EBA hasta que desaparezca.

Durante el suceso, colocará el equipo de medición a SPVE, excepto si es conocedor/a de que se ha solicitado la intervención de Mantenimiento de SCC; en cuyo caso, colocará el equipo de medición a una de las personas que vayan a acceder a gálibo de vía.

Maquinista de tracción eléctrica.

Informa al PMC nada más detectar una Frenada de Urgencia en un punto de la red cuando se produce una pérdida de códigos, o cuando el ATO de la UT no es capaz de adaptarse a la velocidad indicada por el ATP. La Velocidad Objetivo va reduciéndose progresivamente. Ambas pueden generar una acumulación de arena en la vía y/o nubes de polvo en el ambiente.

Se debe entonces reducir la velocidad a 25 Km/h en el punto kilométrico afectado, según la precaución establecida por el PMC en ambos sentidos del tramo afectado: Se debe asegurar llevar las ventanillas cerradas y desactivar el aire acondicionado (clientes y cabina). Una vez pasada la zona afectada, se puede restablecer las condiciones habituales de circulación y confort de cabina y clientes.

Personal Supervisor de Estación.

En caso de detectar nube de polvo en una estación de túnel: Informar al PMC. Protegerse con mascarilla FFP3 y gafas panorámicas.

Dirección de Administración.

Gestiona los recursos materiales y el personal de su dirección para promover y desarrollar las políticas de empresa concernientes a su ámbito de responsabilidad: actividad económico-financiera, adquisiciones y contrataciones, seguridad en la circulación, ciudadana y protección civil, eficiencia energética y asesoría jurídica con objeto de conseguir los resultados esperados en términos de rentabilidad económica y social, calidad, medio ambiente y seguridad.

Jefatura de Asesoría Jurídica.

Mantenimiento actualizado de la legislación vinculada a la SC y a la PRL. Comunicación con Inspección de Trabajo y defensa de las denuncias interpuestas. 16-SP-DC-032

Jefatura de Control Económico.

Elaboración del presupuesto anual con reserva económica destinada a la compra del sustituto de la SC, a la realización de las mediciones oportunas, a la compra de EPI, así como a la reserva del presupuesto del SP para llevar a cabo la vigilancia de la salud.

Jefatura de Contratación.

Redacción de los pliegos necesarios para la compra de material y contratación de los servicios externos necesarios, como limpieza o servicios de prevención ajenos.

Recae en su servicio la Coordinación de actividades empresariales, gestión de la información, tareas y espacios con el personal de contrata, especialmente limpieza y personal de mantenimiento externo. PR-0-010

Jefatura de Seguridad.

Planifica y gestiona los aspectos relativos a la Seguridad en la empresa en sus vertientes de Seguridad en la Circulación, Seguridad Ciudadana y Protección Civil, velando por la integridad de personas y bienes con objeto de conseguir los resultados esperados en términos de rentabilidad económica y social, calidad, medio ambiente y seguridad. PR_05_Anexo 4.

Coordinación con la contrata de seguridad de las actuaciones necesarias en caso de presencia de nube de sílice. P-205

Dirección de Capital Humano.

Gestiona los recursos materiales y el personal de su dirección para promover y desarrollar las políticas de empresa concernientes a su ámbito de responsabilidad: selección y desarrollo profesional, previsión de plantilla y contratación, conciliación, fomento de la igualdad y plan de euskaldunización, compensación salarial, relaciones laborales y **prevención de riesgos laborales**, con objeto de conseguir los resultados esperados en términos de rentabilidad económica y social, calidad, **medio ambiente, y seguridad**. Cumplir y hacer cumplir todas las normas y procedimientos de empresa, especialmente los relativos a seguridad y salud y plan de autoprotección.

Jefatura de Administración de Personas.

Desarrolla las políticas, procesos y herramientas de gestión de plantilla, su contratación, costes de personal, definir y gestionar el marco de conciliación del personal, control de absentismo y organizar la gestión administrativa y compensación del personal con objeto de conseguir los resultados esperados en términos de rentabilidad económica y social, calidad, medio ambiente y seguridad. Contrata el personal necesario para la realización del trabajo en seguridad, tanto en número como en conocimientos. Gestiona el absentismo y las sustituciones.

Jefatura de Desarrollo de Personas.

Conocer las necesidades formativas, sus objetivos, diseño y programación y evaluación posterior, tanto de satisfacción, como de asimilación de contenidos como de transferencia y aplicación práctica. Organización de diferentes cursos de formación sobre el uso de la SC y de alternativas a la misma, uso de equipos de protección individual y recogida de la SC en seguridad. Toda la información referente a la misma se encuentra a disposición de la plantilla en la intranet de la empresa. 11-FR-PR-006.

Jefatura de Relaciones Laborales.

Desarrolla las políticas, procesos, y herramientas del sistema de relaciones laborales así como la gestión de la atención e integración del personal de la empresa con objeto de conseguir los

resultados esperados en términos de rentabilidad económica y social, calidad, medio ambiente y seguridad. Interlocución con las diferentes fuerzas sindicales presentes en MB (8) en el seno del Comité de empresa.

Jefatura de Servicio de Prevención.

Definir y desarrollar la política de prevención de la empresa a fin de garantizar la adecuada protección de la seguridad y la salud del personal, asesorando y asistiendo para ello a la empresa, a su personal y a los órganos de representación especializados con objeto de conseguir los resultados esperados en términos de rentabilidad económica y social, calidad, medio ambiente y seguridad. 16-SP-PR-006, P-217. 97-SP-PR-203. Debe elaborar Procedimientos, Instrucciones Operativas y Normas para la prevención de riesgos laborales. P-201 y realizar las inspecciones de seguridad. P-204.

Dirección de Organización y sistemas.

Gestiona los recursos materiales y el personal de su dirección para promover y desarrollar las políticas de empresa concernientes a su ámbito de responsabilidad: diseño del modelo organizativo y cálculo de plantilla, optimización de procesos de negocio, planificación y asignación de personas, gestión de la plataforma de sistemas, con objeto de conseguir los resultados esperados en términos de rentabilidad económica y social, calidad, medio ambiente y seguridad.

Jefatura de Organización.

La aplicación del RD 665/97 hace necesario el lavado de prendas de trabajo en contacto con Sílice libre cristalina. La Logística para tal fin queda reflejada en los documentos 19-LG-PR-001, 19-OS-CR-009 y 20-OS-CR-001.

Todo nuevo producto debe ser dado de alta: Alta y Ficha de artículos 18-LG-PR-001.

Jefatura de Sistemas.

Mantenimiento de las aplicaciones de gestión de personal y gestión de salud laboral, junto con la Intranet de MB.

Dirección técnica.

Gestionar los recursos materiales y el personal de su dirección para promover y desarrollar las políticas de empresa concernientes a su ámbito de responsabilidad de: diseño y ejecución del mantenimiento del material móvil e instalaciones propio y contratado, oficina técnica y obras, almacenes, venta de know-how y gestión de medio ambiente, con objeto de conseguir los resultados esperados en términos de rentabilidad económica y social, calidad, medio ambiente y seguridad.

Lidera el proceso de retirada de la arena de SC. 21-MM-IN-047

Jefatura de Coordinación de Proyectos Técnicos.

Redacción de los pliegos vinculados a las comunicaciones internas en MB, tanto de móvil como de TETRA, necesarios para la coordinación de los equipos de trabajo.

Jefatura de Instalaciones.

Tabla 92: Dotación por vehículo.

EPIs	Cantidad	Utilización	Deshecho
00068839 Buzo desechable: Lakland SAFEGard GP En su defecto: 00130398 Tyvec 1431N Clasic Plus	2 Buzos desechables de cada talla	1 vez	Al finalizar la intervención, embolsar buzos y mascarillas, y desechar en la papelera o el contenedor de basura normal más próximo a la estación.
00167795 Mascarilla FFP3 desechable BLS ZERO 30 GISS 839963 Moldex Classic 2555 3M 8833 FFP3	4 Mascarillas FFP3		
00068697 Chaleco Alta Visibilidad	(Individual) 2 en cada vehículo	Después de utilizar, embolsar y enviar a lavar.	En caso de pérdida de características o más de 25 lavados.

Coordina la contrata de limpieza, así como la retirada de SC de la traza de vía y la correcta gestión del balasto.

Responsable de la reducción de la cantidad de polvo generado durante la recogida de arena de los túneles mediante limpieza por vía húmeda y canalización de agua y lodos hacia los pozos de bombeo existentes. Esta actuación se vio complementada con la aspiración incorporada al carro de mantenimiento para su empleo en las zonas en las que la proyección de agua a presión es manifiestamente insuficiente.

Asimismo, es responsable del mantenimiento de los ventiladores de extracción bajo andén, dotados de filtración. Su uso se mostró como un recurso de utilidad preventiva al actuar cuando se detectan altas concentraciones de gases, vapores o materia particulada en aire.

Jefatura de Material Móvil

Responsable de la carga, inicialmente, y de la sustitución posterior de la SC por SCA. Es el interlocutor con el fabricante de trenes para la validación del sustituto.

Responsable del aumento inicial de granulometría de la arena empleada y la implantación de los sistemas de extracción localizada en los talleres.

Responsable de la disminución del vertido de arena en las vías mediante la reducción del número de ejes por UT que realizan dicho vertido y reajustar la velocidad por debajo de la cual el sistema deja de verter arena durante las frenadas de emergencia, salvo acción expresa del MTE.

Jefatura de Oficina técnica y Obras.

Ejecución y seguimiento de las diferentes obras en línea y talleres vinculadas con la SC.

Recurso Preventivo.

Los trabajadores designados como Recurso Preventivo tendrán como guía la Ficha de Observación para reducir la exposición a Sílice ante pérdidas de códigos repetidas en la traza

ferroviaria. 21-SP-DC-001. Intervenciones en gálibo de vía con nube de polvo de sílice. Ficha de Observación 21-SP-DC-007_1 y Ficha de Observación 00-SP-DC-341_0. Carga de areneros.

4.4.- PROPONER UN SUSTITUTO DE LA SÍLICE CRISTALINA EN UNA INSTALACIÓN FERROVIARIA.

Los requisitos exigibles a dichos materiales o productos se concentran en cuatro grupos:

- .- Requerimientos técnicos: distancia de frenado, resistencia a la degradación, necesidades de intervención en cuanto a mantenimiento, características específicas de aislamiento o conductividad en el contacto entre UT y vía, etc..
- .- Requerimientos ambientales.
- .- Requisitos económicos y de suministro.
- .- Criterios de protección de la salud.

La norma UNE-EN 16185-1: 2015 “Aplicaciones ferroviarias. Sistemas de frenado para unidades autopropulsadas. Parte 1: Requisitos y definiciones” define los requisitos que debe cumplir cualquier producto que se emplee para mejorar la adherencia rueda carril. Y al menos dos especificaciones de requisitos de interoperabilidad determinan la granulometría y el porcentaje mínimo de Sílice de la arena empleada, siendo esta calidad y cantidad de sílice determinantes para la detección de trenes por el sistema de señalización: 75% SiO₂ calidad normal, 90% SiO₂ buena calidad.

- Documento de la ERA (Agencia Ferroviaria Europea) ERA/ERTMS/033281 “Interfaces Between Control-Command and Signalling Trackside and Other Subsystems”, apartado 3.1.4.2.”Sand characteristics”, tabla 8, de 2018.

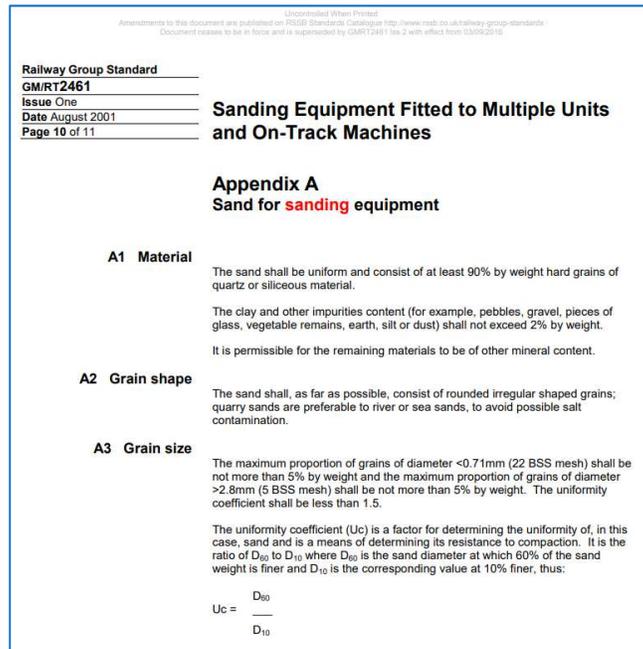
Mineralogical composition of the regular and high quality sand for locomotives shall satisfy the requirements of the following table

Table 8

Quality of sand	Grain content in the washed sand, %	
	Quartz, min	Feldspar and other minerals and rock, not exceeding
Regular	75	25
High	90	10

Chemical composition of the regular and high quality sand for locomotives shall satisfy the requirements of the following table:

.- Norma GM/RT2461 del Railway Group “Sanding Equipment Fitted to Multiple Units and On-track Machines”, Anexo A “Sand For Sanding Equipment” de 2001.



Por ello, un primer paso es conocer cuáles son las características de la arena de sílice utilizada en MB.

- Resultados de la caracterización de la arena de sílice utilizada en Metro Bilbao.

La muestra arena de sílice analizada presenta un contenido en humedad de un 0.23% en peso, por lo que cumple el requisito del contenido en humedad <5%.

.- En cuanto a la distribución de tamaños, por encima de 2.8 mm sólo se encuentra menos de un 0.05% en peso de muestra (máximo permitido 5%). La mayoría de las partículas (más del 65%) quedan retenidas en el tamiz de 1mm. El diámetro medio de partícula es de 1.23mm.

.- El coeficiente de uniformidad medio es de 3.57 que se corresponde con una granulometría uniforme.

.- Los análisis de fluorescencia de rayos X realizados a las diferentes fracciones del tamizado permite concluir que todas las fracciones están compuestas mayoritariamente por oxígeno y silicio. El aluminio y el hierro representan una proporción inferior al 1%. La única partícula retenida en el tamiz de 2.8mm difiere, en composición, del resto de las fracciones tamizadas por lo que puede tratarse de una contaminación. No se ha detectado presencia de níquel en ninguna de las fracciones analizadas.

.- La presencia de partículas inferiores a 25 µm es prácticamente despreciable respecto al resto de partículas presentes en la arena de sílice usada. La mayor parte de ellas, no obstante, muestran tamaños comprendidos entre 10 µm y 25µm.

.- La DRX permite determinar que el material cristalino presente en la arena de sílice comercial es, de forma prácticamente exclusiva, cuarzo, variedad cristalina del dióxido de silicio mayoritaria en la naturaleza.

- La FRX permite concluir que el único elemento mayoritario expresado en forma de óxido es el silicio. El resto de los elementos (aluminio, potasio, azufre, hierro, titanio y magnesio) se encuentran en proporciones inferiores al 1%. Estos elementos también aparecen en los análisis realizados por microscopía en las diferentes fracciones tamizadas.

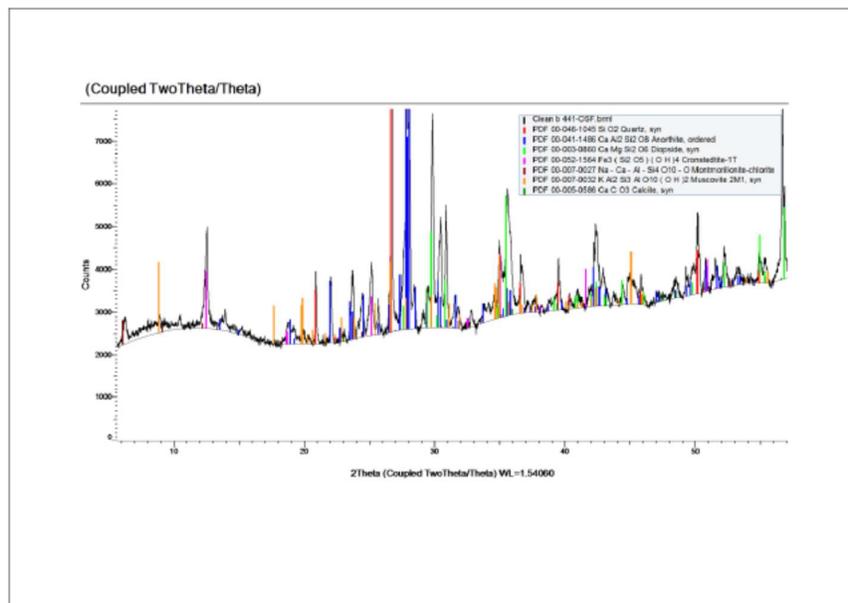
- La dureza de Mohs para la arena de sílice se asigna el valor 7 ya que contiene casi exclusivamente SC (98.35%).

- La densidad obtenida para la muestra arena de sílice es de 2.543 ± 0.012 g/cc, según la norma EN 993-2: 1995.

- Composición del balasto.

Tabla 93: Resultados de la difracción de Rayos X.

Físico-Químico Parámetros	Resultados	Unidades	Método
SiO2	53,4	%	DRX
Al2O3	13,3	%	DRX
CaO	9,6	%	DRX
Fe2O3	9,4	%	DRX
MgO	6,7	%	DRX
Na2O	2,0	%	DRX
TiO2	0,9	%	DRX
K2O	0,6	%	DRX
MnO	0,15	%	DRX
P2O5	0,14	%	DRX
SO3	0,05	%	DRX
Pérdida fuego	3,7	%	DRX



Nota:
 * Feldespatos de Sodio y Calcio (plagioclasas) y de potasio hay muchas variedades que dan picos muy similares.
 * Piroxenos hay muchas variedades que dan picos muy similares.
 ** El límite de detección de la técnica es del orden del 1%.

Tabla 94: Composición mineralógica.

Cuarzo	SiO ₂	A
Plagioclasas (Anortita)	(CaNa)AlSi ₃ O ₈	M*
Piroxenos (Diopsido)	CaMg Si ₂ O ₆	B-M*
Cronstedtita	Fe ₃ (SiO ₅ (OH) ₄)	B
Montmorillonita-Clorita	NaCaAlSi ₄ O ₁₁	B
Moscovita	KAl ₃ Si ₃ O ₁₀ (OH) ₂	I
Calcita	CaCO ₃	I
Horblenda	(Ca,Na)(Mg,Fe)(Si,Al) ₈ O ₂₂ (OH) ₂	I

Concentración estimada: A=Alta M=Media B= Baja I= Indicios

Preparación: Cuarteo, molienda y pastilla.
 Método: Difracción de Rayos X: BRUKER D8 DISCOVER
 Fluorescencia de Rayos X: BRUKER S8 TIGER

En prevención de riesgos laborales, siempre que sea posible, la primera medida recomendada es la eliminación del riesgo, y en su caso, su minimización. (art. 15.1.f. de la Ley 31/1995 de 8 de noviembre, de prevención de riesgos laborales, y el art. 4 del RD 665/1997 que trata sobre la sustitución de agentes cancerígenos o mutágenos).

El 26 de marzo de 2018 el Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales -OSALAN- remite a MB una comunicación en la que recomienda “que se inicien estudios para poder realizar el frenado de los trenes de otra manera, o con otra sustancia o compuesto”.

En paralelo, MB diseña y lleva a cabo un plan de trabajo con el objetivo de encontrar una alternativa inocua a la arena de sílice que garantizase tanto la protección de la salud del personal de todos los grupos

El 16 de julio de 2019 se firmó el Acuerdo de Colaboración con el INSST para estudiar el comportamiento de sustancias alternativas a la SC en una explotación ferroviaria.

Sustituir la SC en las UT sería posible utilizando otro abrasivo que permita unas prestaciones similares a las actuales.

Estas son las fases del proceso de sustitución:

4.4.1.- ESTABLECIMIENTO DE LOS CONDICIONANTES EXIGIBLES A LOS PRODUCTOS ALTERNATIVOS A LA ARENA DE SÍLICE.

Se establecen una serie de condicionantes al nuevo material. Concretamente en los siguientes aspectos:

- a. Condiciones de salubridad
- b. Propiedades físicas y metalográficas
- c. Comportamiento ante el ensayo Twin Disc
- d. Análisis metalográfico del carril y el bandaje tras ensayo Twin Disc
- e. Ensayo de prestaciones de freno

4.4.2.- ESTUDIO PREVIO Y ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO DE PRODUCTOS CANDIDATOS EXISTENTES EN LA INDUSTRIA.

MB contactó con la empresa fabricante de trenes, realizando ensayos sobre materiales de diferente naturaleza que cumpliesen los requisitos anteriores.

Tras una prospección del mercado se seleccionan los siguientes productos alternativos:

- Olivino, Silicato de Magnesio.
- Bauxita.
- Garnet 8/14.
- Ecoblast Fonolito, feldespatos.
- Silicato de calcio.
- Cobau Basalto.
- Glass-Grit.
- Oxido de aluminio.

4.4.3.- ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICOS DE CADA ALTERNATIVA.

Para determinar la viabilidad técnica de cada uno de los candidatos a sustituir a la arena de sílice, se realizaron ensayos con el propósito de caracterizarlos en base a su:

- a. Resistividad eléctrica
- b. Dureza
- c. Cristalografía del tipo de grano
- d. Coste
- e. Coeficientes de fricción (adherencia) promedio
- f. Pérdidas de peso en rueda y carril

El análisis de idoneidad implicaba también valorar los costes directos e indirectos del proceso de sustitución de la arena de sílice, entre los que deben incluirse los correspondientes a la mano de obra invertida tanto por el personal de ingeniería y mantenimiento como del personal de línea que participa en las distintas pruebas de campo.

Ensayos de resistividad eléctrica y discos gemelos (Twin Disc).

Como se observa en la tabla 95, el olivino muestra una resistividad tres veces superior a la arena de sílice, lo que indica un mayor carácter aislante del material. Esto puede provocar la falta de detección del tren por parte del sistema de señalización. Sin embargo, el SCA presenta unos valores similares a la sílice, a excepción del precio del producto, aproximadamente 4 veces superior.

Tabla 95: Resistividad normalizada a 10% de humedad, forma cristalográfica, dureza y coste.

Tipo de arena	Humedad	Resistividad.	Durezas (Mohs)	Cristalografía	Coste
Sílice	10%	297,71	7	Prismática cuadrada	80 €/Tm
Olivino	10%	896,11	7	Angular	300 €/Tm
Ecoblast Fonolito	10%	56	6,25	Angular	300 €/Tm
Silicato calcio	10%	246	7	Angular	300 €/Tm
Basalto	10%	97	6	Angular	300 €/Tm
Glass-Grit	10%	105	6	Angular	300 €/Tm
Gamet 8/14	10%	28	7	Angular	400 €/Tm
Bauxita	10%	48	8	Prismática cuadrada	650 €/Tm
Oxido de Aluminio	10%	No realizado	9	Angular	1537 €/Tm

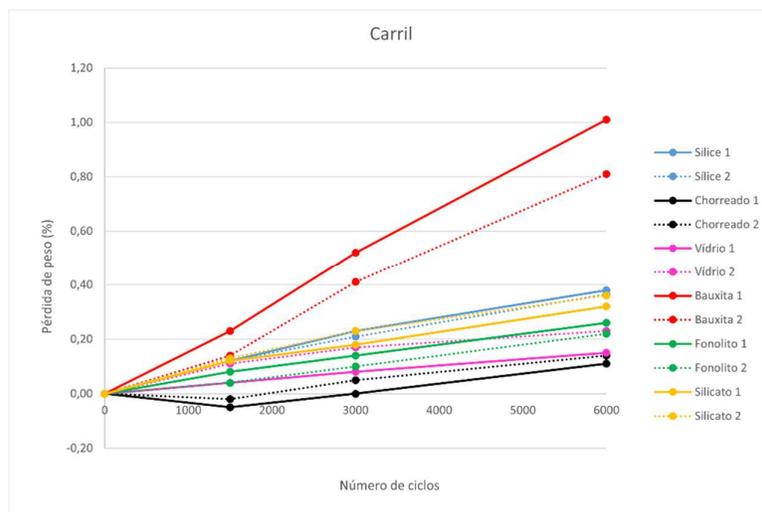
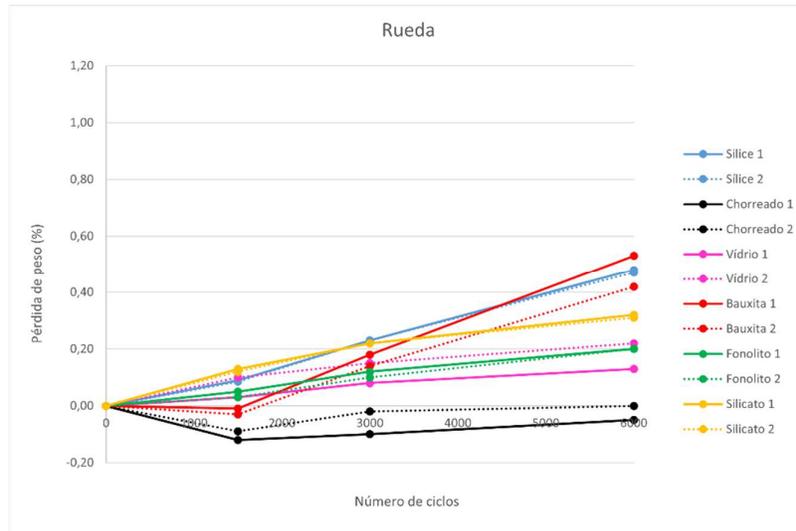
La tabla 96 muestra los coeficientes de fricción obtenidos por los diferentes materiales durante los ensayos de discos gemelos. El coeficiente promedio más alto corresponde a la arena de sílice (0,43) y, a excepción del chorreado (arena de Garnet 8/14), el resto de los materiales probados supera el valor mínimo de adherencia establecido (0,20). Se observa, además, que la arena de

SCA presenta el valor de adherencia más próximo a la sílice (0,31). La gráfica 6 refleja gráficamente la evolución de estos valores a lo largo del ensayo.

Tabla 96: Coeficientes de fricción promedio.

Tipo de arena	0-1500 ciclos	1500-3000 ciclos	3000-4500 ciclos	4500-6000 ciclos	Promedio
Sílice 1	0,44	0,42	0,43	0,41	0,43
Sílice 2	0,42	0,44	0,45	0,44	
Chorroado 1	0,17	0,21	0,15	0,16	0,19
Chorroado 2	0,25	0,26	0,16	0,14	
Vidrio 1	0,24	0,25	0,25	0,23	0,25
Vidrio 2	0,27	0,26	0,25	0,22	
Bauxita 1	0,20	0,19	0,23	0,17	0,21
Bauxita 2	0,21	0,20	0,28	0,20	
Fonolito 1	0,32	0,30	0,29	0,23	0,28
Fonolito 2	0,29	0,30	0,25	0,21	
Silicato 1	0,30	0,31	0,35	0,28	0,31
Silicato 2	0,28	0,31	0,32	0,33	

Gráfica 6: Pérdidas de peso en rueda y carril.



.- Resumen de la viabilidad de las alternativas propuestas:

Los resultados obtenidos durante los ensayos condujeron a excluir los siguientes materiales como alternativas viables, por las razones siguientes:

Olivino: Se comenzó y se realizaron las pruebas oportunas con el Olivino. Sin embargo, éste no puede ser considerado un sustituto válido. Los ensayos en laboratorio de adherencia y resistividad en comparación con la Sílice no dieron los resultados esperados mediante la realización de ensayos twin-disc, y a la fatiga por contacto de rodadura de materiales de rueda y carril ferroviarios en presencia de arena.

Tabla 97: Valores máximos, mínimos y promedio de las distancias y tiempos de frenado en recta para cada condición de ensayo.

Estado de carril	Tipo de arena	Distancia de frenado (m)			Tiempo de frenado (s)		
		Máximo	Mínimo	Media	Máximo	Mínimo	Media
Seco	Sílice	195,9	193,39	194,43	17,97	17,74	17,83
	Olivino	200,34	191,30	195,70	18,15	17,29	17,71
Mojado	Sílice	205,63	199,48	202,72	21,54	18,09	18,90
	Olivino	204,19	197,97	200,20	20,24	17,88	18,54

El olivino genera menos desgaste entre el sistema rueda y carril, del orden de 1/3 menos, pero genera menos adherencia, generando dudas para la seguridad en la circulación frenando en curvas. Además, el olivino se adhiere a la superficie del disco y tras corte metalográfico y visión en microscopia óptica se ven inclusiones de olivino y al penetrar aumenta el riesgo de microrroturas por quedar embebidas en el material. El olivino tiene mayor resistividad eléctrica, el doble que la arena de sílice lo cual generaría problemas con el enclavamiento (es doble de aislante, con riesgo de reflejar falsas ocupaciones de tren).

Fonolito: En su ficha de datos de seguridad se indica lo siguiente:

Evidencia limitada de carcinogenicidad

Sospechosa de causar cáncer

Puede causar reacciones alérgicas en la piel

Puede causar sensibilización por contacto con la piel

Además, la hoja de características indica que tiene efectos irritantes y, en situaciones de exposición prolongada y sin protecciones adecuadas, existe riesgo de afecciones pulmonares.

Bauxita: excede el grado de dureza deseable, lo que provoca un desgaste en carril bastante más elevado que la arena de Sílice (del orden de 5 veces superior).

Cobau Basalto y Glass Grit: en ninguno de ambos casos se alcanza la dureza mínima exigida.

Arena de Garnet 8/14 (Chorreado): no alcanza valores de coeficientes de adherencia en seco de 0,2 (como valor mínimo prefijado) y provoca la adherencia del material tanto en el carril como en la rueda.

Óxido de Aluminio: material ampliamente empleado a nivel internacional, pero que MB desestima por tener una dureza de 9 en la escala de Mohs y resultar, por ello, muy agresivo

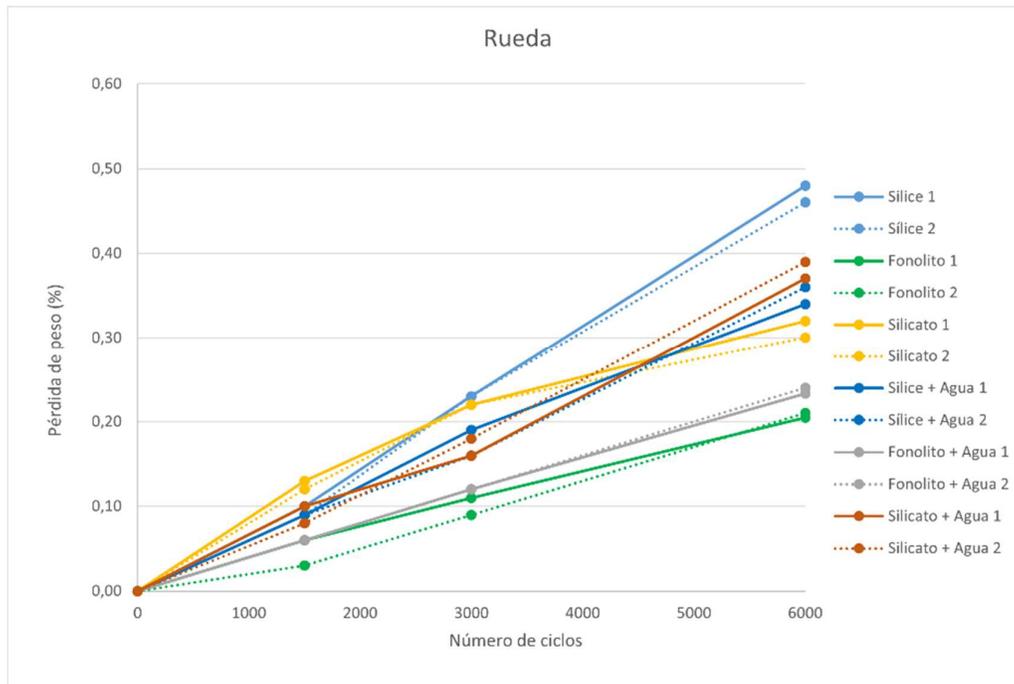
tanto para la rueda como para el carril. Por su granulometría, esta opción implica, además, adecuar las instalaciones de almacenamiento y transporte del material en talleres.

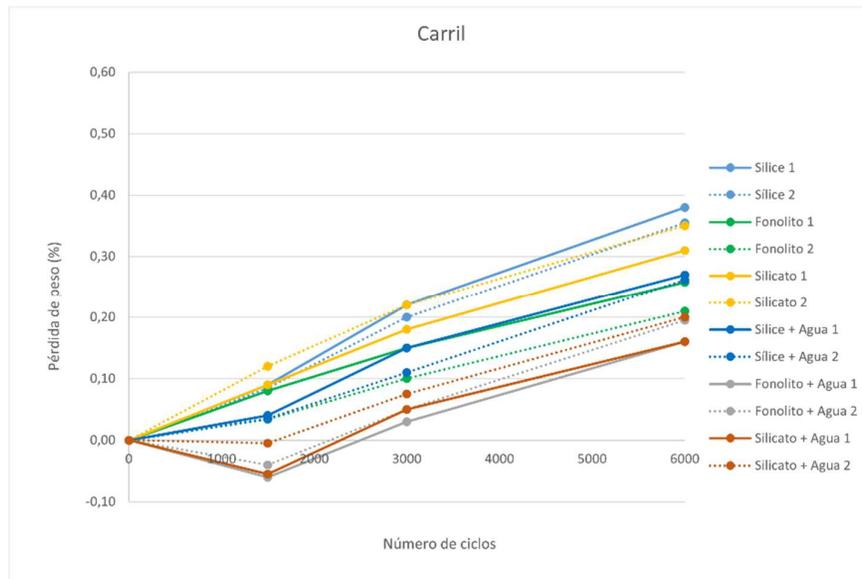
Realizada una primera selección entre los candidatos que presentan una adherencia mínima, se efectúan nuevos ensayos *Twin Disc* en mojado, con los materiales que mayor coeficiente de fricción promedio presentan (SCA: 0,31, y fonolito -mezcla de feldespatos -: 0,28), obteniéndose los resultados reflejados en la tabla 98 y en las gráficas 8 y 9.

Tabla 98: Coeficientes de fricción promedio en seco y en húmedo de diferentes materiales.

Ensayos	0-1500 ciclos	1500-3000 ciclos	3000-4500 ciclos	4500-6000 ciclos	Promedio
Sílice 1	0,44	0,42	0,43	0,41	0,43
Sílice 2	0,42	0,44	0,45	0,44	
Fonolito 1	0,32	0,30	0,29	0,23	0,28
Fonolito 2	0,29	0,30	0,25	0,21	
Silicato 1	0,30	0,31	0,35	0,28	0,31
Silicato 2	0,28	0,31	0,32	0,33	
Sílice + Agua 1	0,30	0,29	0,29	0,28	0,29
Sílice + Agua 2	0,28	0,29	0,30	0,30	
Fonolito + Agua 1	0,19	0,17	0,17	0,17	0,17
Fonolito + Agua 2	0,19	0,17	0,17	0,16	
Silicato + Agua 1	0,23	0,21	0,20	0,21	0,21
Silicato + Agua 2	0,23	0,21	0,20	0,21	

Gráficas 8 y 9. Pérdidas de peso en rueda y carril.





Este segundo ensayo muestra, por una parte, la pérdida de efectividad en húmedo del fonolito (coeficiente de fricción promedio inferior a 0,20) y, por otra, que el coeficiente de fricción promedio del SCA, en todas las condiciones, se comporta de una manera similar al de la arena de sílice que se pretende sustituir, concluyendo que el SCA parece ser el candidato más prometedor para este requerimiento técnico.

Por otra parte, en seco, el SCA presenta un desgaste ligeramente inferior a la arena de sílice, mientras que dicho desgaste es muy similar en condiciones de humedad, donde los coeficientes de fricción promedio resultantes son 0,29 y 0,21 para la arena de sílice y el SCA, respectivamente (tabla 98).

Por todo ello, y de acuerdo con CAF, MB decide profundizar en el estudio de la arena de SCA como principal opción técnica de entre las alternativas propuestas.

4.4.4.- SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS TÉCNICAMENTE VIABLES Y VERIFICACIÓN DE RESULTADOS.

Finalmente, desde MB proponemos la sustitución de la arena de sílice por el SCA). Se trata de escorias con una composición controlada, que además de tener propiedades abrasivas, no contienen metales pesados, ni elementos contaminantes.

- Datos del proveedor:

Denominación del material: SCA es un abrasivo desechable y ampliamente utilizado en el trabajo de chorreado exterior en puentes, tanques, barcos, etc.

Se emplea en la limpieza y la eliminación de la suciedad y la oxidación. También como agente de pretratamiento para recubrimiento, metalización, esmaltado y revestimiento en polvo. SCA no contiene metales pesados ni hierro libre, y su contenido en Fe_2O_3 es mucho menor que el resto de escorias abrasivas, gracias a ello se puede utilizar en todo tipo de superficies sin riesgo de contaminación de las áreas tratadas. También al no contener elementos contaminantes, por sí sólo, no es necesario tratarlo como residuo especial, ni contaminante.

Composición: SCA (compuesto cristalino mayoritario, $CaSiO_3$).

. La ficha técnica informa que no contiene metales pesados ni hierro libre por lo que, por sí solo, no requiere tratamiento como residuo especial ni contaminante. Se recoge también que

“contiene menos del 0,5 % de sílice libre permitido” y que “cumple con los requisitos ambientales y con todas las normas de trabajo, salud e higiene a nivel Europeo, incluido España”.

Según recoge la FDS del producto, el material presenta un importante contenido en materiales vítreos/amorfos, lo que le confiere propiedades biológicamente menos activas.

Baja Solubilidad: 1 g/l.

Densidad: 2,54 g/cm³, similar a la de la sílice (2,60 g/cm³).

Dureza: 7 Mohs, similar a la sílice e inferior a la del óxido de aluminio.

Contenido en humedad de un 0.09 % en peso, por lo que cumple el requisito del contenido en humedad < 5 %.

En cuanto a la distribución de tamaños, por encima de 2.8 mm se encuentra un 2.7% en peso de muestra (máximo permitido 5%). La mayoría de las partículas (más del 60%) quedan retenidas en el tamiz de 2mm. El diámetro medio de partícula es de 2.18mm.

El coeficiente de uniformidad medio es de 1.36 que corresponde con una granulometría uniforme.

Los análisis de rayos X realizados a las diferentes fracciones del tamizado permiten concluir que todas las fracciones están compuestas principalmente por oxígeno, silicio y Calcio. El aluminio y el magnesio se encuentran en cantidades apreciables en todas las fracciones. El resto de los elementos (manganeso, potasio, sodio, hierro y titanio) se encuentran en una baja proporción. No se ha detectado la presencia de Níquel en ninguna de las fracciones analizadas.

La proporción de partículas inferiores a 25µm es prácticamente despreciable. La mayor parte de las partículas presentan tamaños entre 10-25µm.

La FRX permite concluir que los elementos mayoritarios expresados en forma de óxidos (en orden de proporción) son silicio, Calcio, aluminio, magnesio, potasio, azufre, manganeso, sodio, hierro, titanio y fósforo. Todos estos elementos, excepto el fósforo, también aparecen en los análisis realizados por microscopía en las diferentes fracciones tamizadas.

La dureza de Mohs para la PG, en base a las observaciones realizadas y al comportamiento algo distinto de unos tipos de granos a otros, se asigna el valor de 6.5.

La densidad obtenida para la muestra PG es de 2.541 ± 0.037 g/cc, según la norma EN 993-2: 1995.

Se trata de una mezcla de un silicato de Ca, Mg y Al y un silicato de Ca y Fe en menor medida.

Tabla 99: Información toxicológica del PG.

Toxicidad aguda de los componentes	
Información del producto	Silicato de aluminio y Calcio
Efectos en la piel	No irritante
Daño/Irritación ocular	No irritante
Sensibilización de vías respiratorias	No sensibilizador
Corrosividad	No corrosivo
Crónico	No toxicidad repetida
Mutagenicidad	No mutágeno
Carcinogenicidad	No efectos carcinogénicos conocidos
Toxicidad reproductiva	No toxicidad reproductiva

Para confirmar los datos del proveedor, llevamos a cabo las siguientes actuaciones:

La caracterización fisicoquímica del material se lleva a cabo en el departamento de metrología de agentes químicos del Centro Nacional de Verificación de Maquinaria (DMAQ-CNVM) donde se caracterizan las fracciones de tamaño de partículas tanto en el producto origen (*Prominent Grit*) como en el material resultante del proceso de fricción entre la rueda y el carril, mediante difracción de rayos X y difracción láser, una vez separadas utilizando medios mecánicos o por sedimentación en vía húmeda.

.- Procedimiento/Medición de la muestra de Silicato de Calcio: Tamaño de las partículas.

El primer paso fue la separación granulométrica de las diferentes fracciones del material mediante tamizado mecánico durante 1 hora. Se utilizan tamices con mallas de 210 μm , 125 μm , 106 μm y 60 μm .

Se toma una porción (fracción homogénea) del material friccionado, cuyo peso, tras realizar un proceso de secado para eliminar la humedad que pueda contener, es de 64,205 g.

Los resultados obtenidos gravimétricamente son los siguientes:

- 1- Partículas de tamaño superior a 210 μm : 46,951 g (73,1 % de la muestra)
- 2- Partículas de tamaño comprendido entre 210 μm y 125 μm : 4,575 g (7,1 % de la muestra)
- 3- Partículas de tamaño comprendido entre 125 μm y 106 μm : 1,613g (2,5 % de la muestra)
- 4- Partículas de tamaño comprendido entre 106 μm y 60 μm : 3,68 g (5,7 % de la muestra)
- 5- Partículas de tamaño inferior a 60 μm : 7,386 g (11,5 % de la muestra)

Prácticamente el 83 % en peso de la muestra analizada, es decir, del material que ha sufrido un proceso de fricción entre las ruedas y la vía, tiene un tamaño de partícula superior a 100 micras de diámetro, que casi alcanza el 90 % si se consideran las partículas superiores a 60 micras. Este resultado revela, por un lado, la dureza del material (como indica la FDS del producto) y, por otro, unos tamaños de partícula que son, en principio, apropiados y compatibles con los objetivos buscados por MB (es decir, evitar, en lo posible, partículas que se correspondan con la fracción definida como respirable).

Posteriormente, se procedió a estudiar la distribución de tamaños de las partículas por difracción láser.

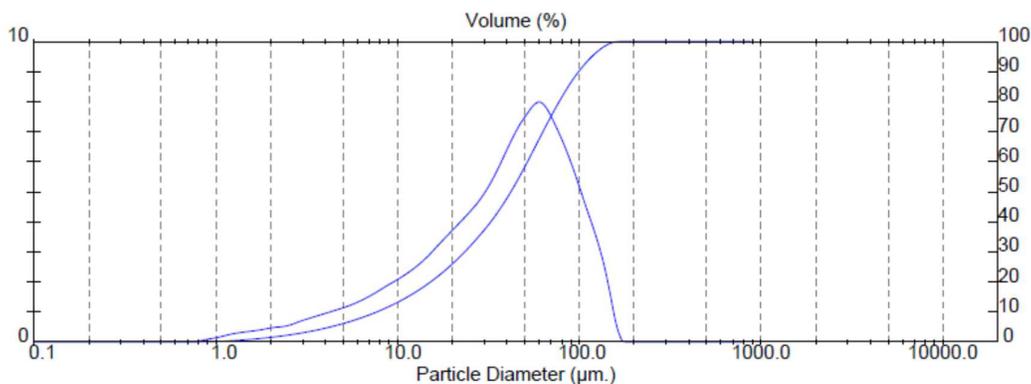
.- Estudio del tamaño de partícula por Difracción Láser

Se realizan tres mediciones de la fracción de las partículas finas separadas por el tamiz de 60 μm . Los resultados obtenidos indican, como media, que el 90% de las partículas separadas por medios mecánicos presentan tamaños inferiores a 95 μm (Tabla 99 a y b).

Tabla 100 a: Fracción de partículas de tamaño inferior a 60 µm.

Result: Analysis Report							
Sample Details							
Sample ID: PROMINENT -60 1		Run Number: 1		Measured: Tue 23 de Mar de 2021 12:22			
Sample File: NUEVO		Record Number: 10		Analysed: Tue 23 de Mar de 2021 12:22			
Sample Path: C:\SIZERS\DATA\				Result Source: Analysed			
Sample Notes:							
System Details							
Range Lens: 300RF mm		Beam Length: 2.40 mm		Sampler: None		Obscuration: 10.9 %	
Presentation: 3JAD		[Particle R.I. = (1.3566, 0.0000);		Dispersant R.I. = 1.3300]		Residual: 8.640 %	
Analysis Model: Monomodal		Modifications: None					
Result Statistics							
Distribution Type: Volume		Concentration = 0.0620 %Vol		Density = 2.540 g / cub. cm		Specific S.A. = 0.0549 sq. m / g	
Mean Diameters:		D (v, 0.1) = 23.10 um		D (v, 0.5) = 53.19 um		D (v, 0.9) = 91.37 um	
D [4, 3] = 55.38 um		D [3, 2] = 43.03 um		Span = 1.284E+00		Uniformity = 3.827E-01	
Size Low (um)	In %	Size High (um)	Under%	Size Low (um)	In %	Size High (um)	Under%
0.05	0.00	0.05	0.00	6.63	0.00	7.72	0.00
0.06	0.00	0.07	0.00	7.72	0.00	9.00	0.00
0.07	0.00	0.08	0.00	9.00	0.00	10.48	0.00
0.08	0.00	0.09	0.00	10.48	0.00	12.21	0.00
0.09	0.00	0.11	0.00	12.21	0.80	14.22	0.80
0.11	0.00	0.13	0.00	14.22	1.85	16.57	2.65
0.13	0.00	0.15	0.00	16.57	2.78	19.31	5.44
0.15	0.00	0.17	0.00	19.31	3.82	22.49	9.26
0.17	0.00	0.20	0.00	22.49	4.35	26.20	13.61
0.20	0.00	0.23	0.00	26.20	4.54	30.53	18.15
0.23	0.00	0.27	0.00	30.53	6.18	35.56	24.33
0.27	0.00	0.31	0.00	35.56	8.20	41.43	32.53
0.31	0.00	0.36	0.00	41.43	10.15	48.27	42.68
0.36	0.00	0.42	0.00	48.27	11.86	56.23	54.54
0.42	0.00	0.49	0.00	56.23	13.47	65.51	68.01
0.49	0.00	0.58	0.00	65.51	12.14	76.32	80.14
0.58	0.00	0.67	0.00	76.32	8.73	88.91	88.97
0.67	0.00	0.78	0.00	88.91	5.58	103.58	94.76
0.78	0.00	0.91	0.00	103.58	5.24	120.67	100.00
0.91	0.00	1.06	0.00	120.67	0.00	140.58	100.00
1.06	0.00	1.24	0.00	140.58	0.00	163.77	100.00
1.24	0.00	1.44	0.00	163.77	0.00	190.80	100.00
1.44	0.00	1.68	0.00	190.80	0.00	222.28	100.00
1.68	0.00	1.95	0.00	222.28	0.00	258.95	100.00
1.95	0.00	2.28	0.00	258.95	0.00	301.68	100.00
2.28	0.00	2.65	0.00	301.68	0.00	351.46	100.00
2.65	0.00	3.09	0.00	351.46	0.00	409.45	100.00
3.09	0.00	3.60	0.00	409.45	0.00	477.01	100.00
3.60	0.00	4.19	0.00	477.01	0.00	555.71	100.00
4.19	0.00	4.88	0.00	555.71	0.00	647.41	100.00
4.88	0.00	5.69	0.00	647.41	0.00	754.23	100.00
5.69	0.00	6.63	0.00	754.23	0.00	878.67	100.00

Tabla 100 b: Fracción de partículas del material resultante del frenado que pasan el tamiz de 60 µm de malla.



Nota: Hay que tener en cuenta que la determinación de la distribución de tamaños es en volumen, no en número, por lo que las partículas más grandes contribuyen más al resultado estadístico de los percentiles medidos.

- Composición del material.

Tras analizar por DRX las muestras de las distintas fracciones separadas de forma mecánica, se identifican, en todas ellas y como fases cristalinas mayoritarias, dos Silicatos de Calcio dopados con aluminio y hierro denominados, según las bases de datos de materiales cristalinos utilizadas, como Akermanita ($\text{Ca}_4\text{Mg}_{1,42}\text{Al}_{1,02}\text{Si}_{3,48}\text{O}_{14}$) y Wollastonita ($\text{Ca}_{5,74}\text{Fe}_{0,26}\text{Si}_6\text{O}_{18}$) (Gráficas 10 a y b).

En particular, contiene Wollastonita triclinico, Parawollastonita monoclinico, Gehlenita-Akermanita tetragonal, Ferrobustamita triclinico y Enstatita ortorrómbico. No contiene SC.

Aunque en estos análisis sobre la composición del material no se detecta la presencia de alguna de las posibles variedades de SC, y para descartarlas ante el elevado número de líneas de

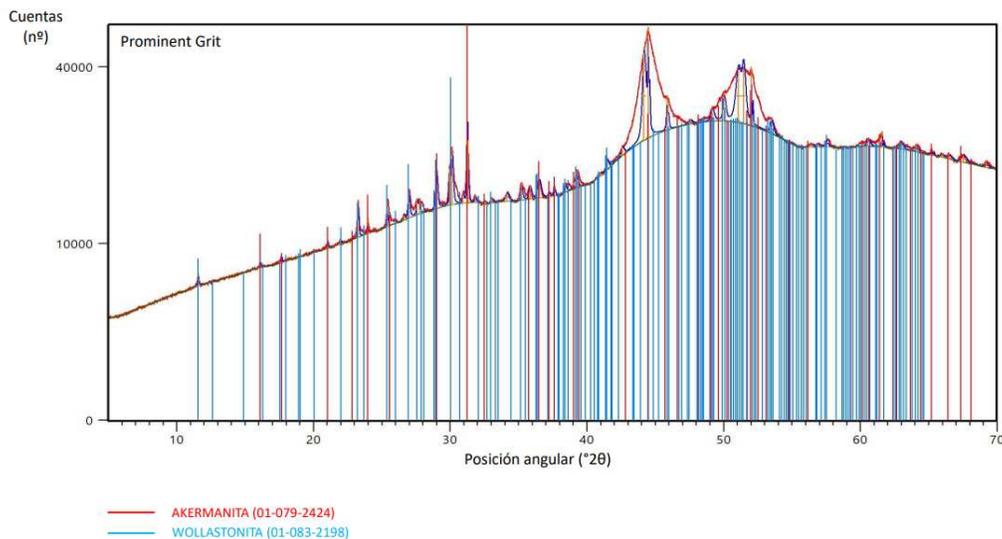
difracción encontradas en los difractogramas, se procedió a una revisión detallada de las posiciones angulares (en 2θ) donde teóricamente deben aparecer los picos principales de cuarzo y cristobalita.

Es de destacar, en este punto, que el pico de difracción más intenso del cuarzo (que aparece a $26,66^\circ$ (2θ), en caso de estar presente) es característico de dicha variedad y elemento diferenciador con respecto a la mayoría de Silicatos cristalinos conocidos y reportados en las distintas bases de datos de materiales y minerales cristalinos, al ser una posición angular donde muy pocos Silicatos tanto naturales como preparados tienen líneas de difracción asociadas. Considerando además la elevada capacidad de difracción del cuarzo, aunque pueda tratarse de un componente minoritario en el material, la ausencia de señal en esta región angular confirma la no presencia de cuarzo en la muestra.

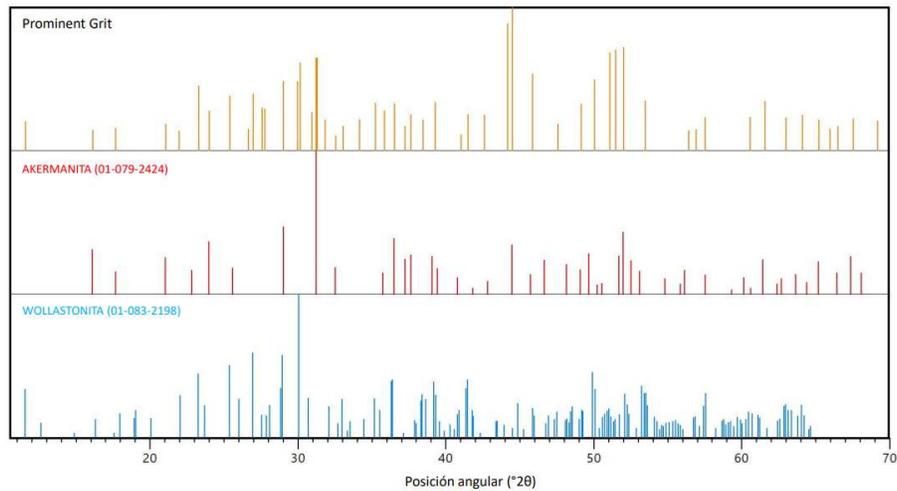
De la misma forma, la ausencia de picos de difracción en las posiciones angulares $22,05^\circ$ (2θ) y $36,20^\circ$ (2θ) revelan que tampoco se detecta cristobalita en la muestra.

A continuación, se somete una porción de la fracción fina del material PG a 800°C durante dos horas para estudiar posibles cambios en su composición por efecto de la temperatura. Se observa, apoyado en datos de Difracción de Rayos X, que el material no sufre modificaciones.

Gráfica 10 a: Difractograma de Rayos X de la muestra de Silicato cálcico (fracción inferior a $60\ \mu\text{m}$).

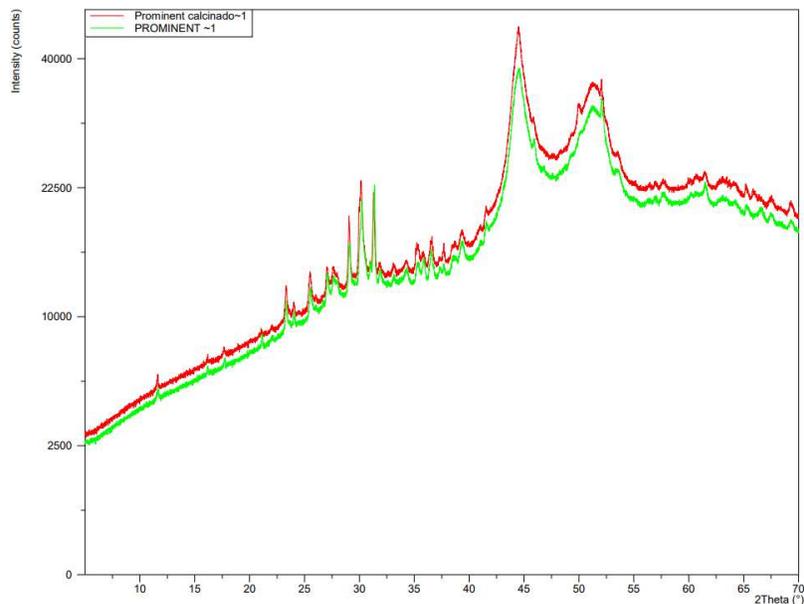


Gráfica 10 b: Líneas de difracción correspondientes a los silicatos identificados como componentes mayoritarios del material.



Los resultados de composición química del material *Prominent Grit* antes de sufrir el proceso de fricción no difieren de los encontrados para el material resultante del frenado y objeto principal de estudio. En ambos casos, como se observa en las Figuras 10a y 10c, el elevado contenido en material amorfo es el causante de la línea base o fondo obtenido.

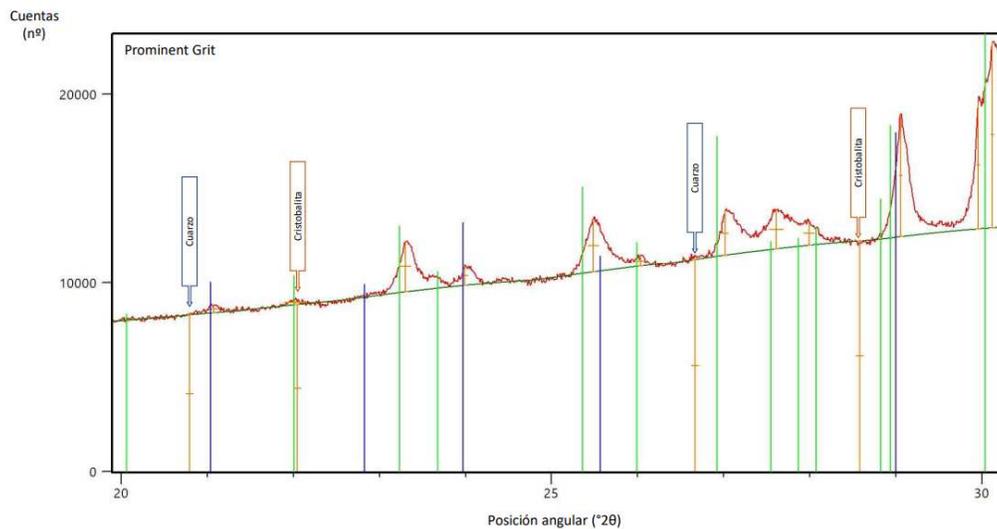
Gráfica 10 c: Representación de los diagramas de difracción en el la zona [entre 10° (2 theta) y 30° (2 theta)] donde aparecen los picos principales del cuarzo y de la cristobalita. La figura muestra que todos los picos existentes están indexados a los silicatos identificados y una ausencia de señales en las posiciones angulares asociadas a la sílice cristalina. Comparación de los difractogramas de la muestra sin calcinar y calcinada a 800°C.



Aunque en estos análisis no se detectó la presencia de alguna de las variedades de SC más habituales (cuarzo o cristobalita), y por descartarlas ante el elevado número de líneas de difracción encontradas en los difractogramas, se procedió a una revisión detallada de las posiciones angulares (en 2θ) donde teóricamente deben aparecer los picos principales del cuarzo y de la cristobalita. Esto es, en caso de estar presentes, el pico de difracción más intenso del cuarzo aparece a $26,66^\circ$ (2θ), mientras que las posiciones angulares características de la cristobalita son a $22,05^\circ$ (2θ) y $36,20^\circ$ (2θ).

Es de destacar, en este punto, que el pico de difracción más intenso del cuarzo es característico de dicha variedad y, en caso de estar presente, elemento diferenciador con respecto a la mayoría de los Silicatos cristalinos conocidos y reportados en las distintas bases de datos de materiales y minerales cristalinos, al ser una posición angular donde muy pocos Silicatos, tanto naturales como preparados artificialmente, tienen líneas de difracción asociadas. Considerando además la elevada capacidad de difracción del cuarzo, aunque pueda tratarse de un componente minoritario en el material, la ausencia de señal en esta región angular confirma la no presencia de cuarzo en la muestra. De la misma forma, la ausencia de picos de difracción en las posiciones angulares $22,05^\circ$ (2θ) y $36,20^\circ$ (2θ) revelan que tampoco se detecta cristobalita en las muestras analizadas, ver gráfica 11.

Gráfica 11: Representación del diagrama de difracción del Silicato cálcico, en la zona entre 20° (2θ) y 30° (2θ), incluyendo las posiciones angulares donde deberían aparecer las señales del cuarzo y la cristobalita en caso de estar presentes.



La gráfica 11 demuestra que todos los picos existentes están indexados a los silicatos identificados y una ausencia de señales en las posiciones angulares asociadas a la SC (variedades Cuarzo y Cristobalita).

Análisis de la fracción fina (asimilable a la fracción respirable) del material.

- Separación de la fracción fina.

La separación de las partículas, por su tamaño, de un producto sólido insoluble, puede realizarse, en vía húmeda, mediante sedimentación por efecto de la gravedad (80), según la cual, las partículas siguen la ley de Stokes.

Dado que la fracción fina del material, obtenida mediante sedimentación en vía húmeda, puede ser asimilable a la fracción respirable, se separó la misma usando una pipeta tipo "Andreasen", como la mostrada en la imagen 8. En este caso, considerando la densidad del cuarzo (ρ_{cuarzo}) y el diámetro de Stokes (d_{Stokes}) como los principales factores a tener en cuenta en la separación cuantitativa de las partículas con diámetro aerodinámico (d_{aerod}) inferior a $10 \mu\text{m}$, el diámetro de Stokes correspondiente a partículas de cuarzo de diámetro aerodinámico de $10 \mu\text{m}$ se obtiene de la expresión: $d_{\text{Stokes}} = (d_{\text{aerod}}^2 / \rho_{\text{cuarzo}})^{1/2}$ y resulta ser de $\approx 6 \mu\text{m}$ de diámetro.

Imagen 8. Pipeta de sedimentación tipo Andreasen.



Siguiendo la ley de Stokes, el tiempo necesario para su separación se ha calculado a partir de la ecuación:

$$t = \frac{18 \cdot \eta \cdot h}{(\rho_{\text{cuarzo}} - \rho_{\text{agua}}) \cdot d_{\text{Stokes}}^2 \cdot g}$$

donde η es la viscosidad del agua, h la altura de la pipeta, ρ la densidad, d el diámetro de Stokes y g la gravedad. El tiempo calculado para separar cuantitativamente partículas de tamaño menor de 10 micras de diámetro aerodinámico es de 129 minutos.

Tras realizar cinco extracciones sucesivas que representan una separación del 95 % de las partículas de tamaño de interés que pudieran encontrarse en suspensión, se pesaron 217,173 mg del material PG obteniéndose una fracción fina de 1,077 mg, se determinó que la fracción fina del producto que ha sufrido el proceso de frenado representa el 0,5 % en peso de la muestra original.

.-Composición de la fracción fina por Difracción de Rayos X

Teniendo en cuenta la relevancia de esta fracción (< 10 µm de diámetro aerodinámico) en salud laboral, y aunque representa una cantidad del orden del 0,5 % en peso del material analizado, el estudio de esta fracción se completó aplicando la metodología cuantitativa para la determinación de cuarzo y cristobalita, recogida en el MTA/MA-056/A06 del INSST (81), para que, en caso de que alguna de estas variedades estuviera presente, incluso a nivel de trazas, pudiese llevarse a cabo la identificación de su presencia.

Para ello, se analizaron mediante DRX los filtros en los que se había depositado la fracción fina del material (<10 micras de diámetro).

El valor obtenido para el cuarzo, utilizando la metodología de cálculo descrita en el MTA/MA-056/A06, es inferior al límite de cuantificación del método (9 µg en filtro). Este resultado, como se observa en la gráfica 12, debe entenderse como consecuencia de la contribución que, al valor calculado en la región cuantificable correspondiente al máximo teórico del cuarzo, aportan los dos picos de difracción asociados al Silicato wollastonita (a la izquierda y derecha de la posición angular del cuarzo).

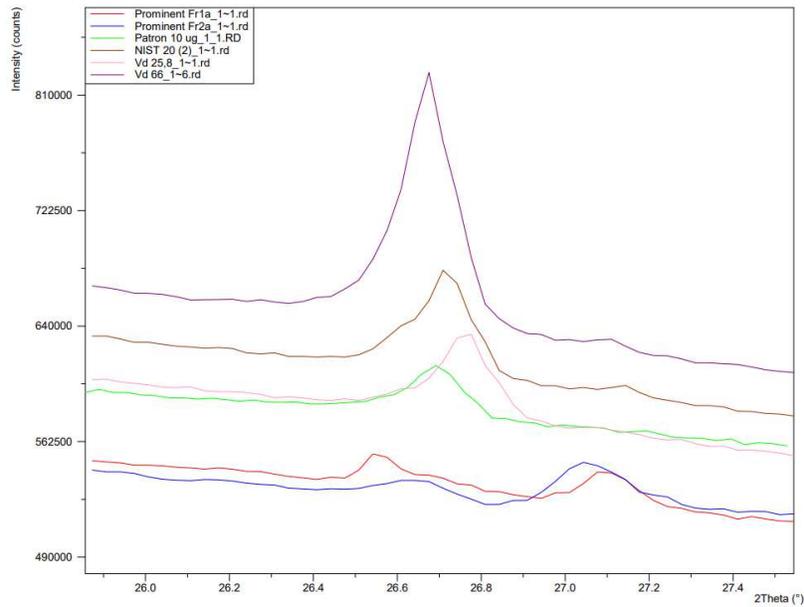
El análisis detallado de las posiciones angulares, asignadas a otra sustancia distinta al cuarzo, junto con la ausencia de señal en la posición angular principal del cuarzo, 26,6 °(2θ), no pudiéndose diferenciar del fondo o del blanco, **confirma la no presencia de cuarzo en la fracción fina analizada**. En cualquier caso, y aunque se atribuya las señales al cuarzo, el límite de cuantificación del método representaría, en este caso, un porcentaje en peso inferior al 0,004 % de material PG de partida analizado.

Esta conclusión de no detección se corrobora cuando se comparan los difractogramas obtenidos para ambos filtros (líneas inferiores) con las señales observadas en los patrones de cuarzo de 10, 20, 25 y 66 µg, respectivamente (gráfica 9). Las intensidades del pico asociado a distintas cantidades de cuarzo en filtro, incluso para el caso de 10 µg, y la cercanía de los picos correspondientes al SCA (wollastinita) debe tenerse en cuenta para no sobreestimar la cantidad de cuarzo presente en la muestra al realizar su análisis. Todo ello permite descartar la presencia de Cuarzo en el material.

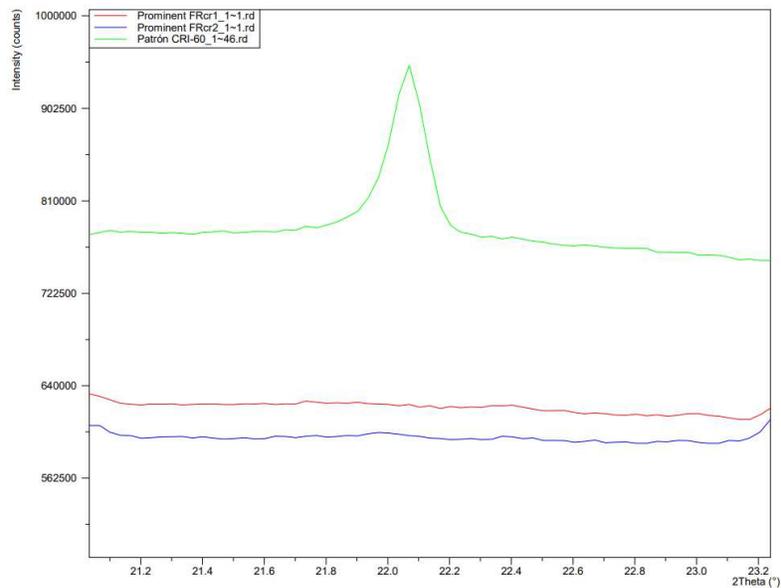
En el caso de la cristobalita no se observan picos que puedan interferir en el análisis cuantitativo descrito en el MTA/MA-056/A06 por lo que el valor se encuentra por debajo del límite de detección del equipo (3 µg).

Como en el caso del Cuarzo, la gráfica 13 representa la comparativa entre los difractogramas obtenidos para ambos filtros (líneas inferiores) frente a un patrón de 66 µg de cristobalita. No se observa pico en la posición angular 22,05o (2θ) por lo que se descarta también la presencia de Cristobalita en la fracción analizada.

Gráfica 12. Comparación de las posiciones angulares de los picos encontrados en la fracción fina (los dos inferiores) frente a patrones de cuarzo de cantidad conocida (entre 10 µg y 66 µg de cuarzo, respectivamente). La anchura de los picos está ligada a la escala fijada en el eje x.



Gráfica 13. Comparación de los difractogramas obtenidos de la fracción fina del material Prominent Grit, frente a un patrón de cristobalita, en la región angular donde aparece el pico principal de la variedad cristobalita.



Por ello, el producto es inocuo para el ser humano, es respetuoso con el medio ambiente y debe superar tres pruebas técnicas. El producto sustitutivo debe asegurar la conductividad, el desgaste de materiales y la adherencia.

La conductividad/resistividad permitirá la comunicación entre el tren y la vía, evitando con ello fallos en la señalización y ubicación de los mismos.

El desgaste, evitará si es bajo, grietas en vías y ruedas que pudiesen generar riesgos en la circulación, así como acortamientos en los periodos de revisión de los mismos.

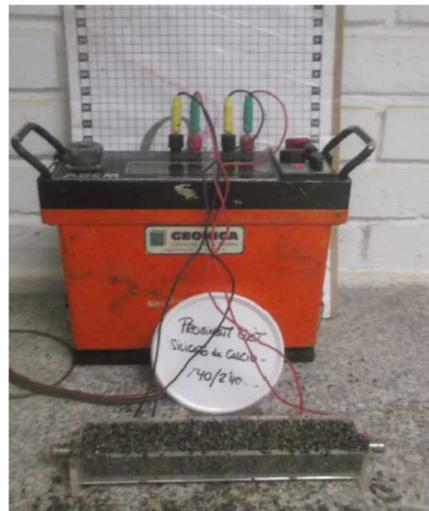
Y finalmente una correcta adherencia asegurará el fin para el que está destinado, esto es, acortar la distancia de frenado tanto en seco como en ambiente húmedo asegurando la seguridad de clientes y MTE.

4.4.5.- RESISTIVIDAD ELÉCTRICA Y APARICIÓN DE FISURAS O INCLUSIONES EN RUEDA O CARRIL.

Ensayo de resistividad eléctrica mediante soil-box.

El objeto de esta prueba es demostrar que la resistividad eléctrica del material a ensayar NO es mayor que la de la arena de Sílice. Se determina la resistividad eléctrica de un suelo según ASTM G-57.95 A. El ensayo se realiza en un soil-box con un área de sección transversal de 12,8 cm² y se han empleado 4 electrodos. Se ha realizado la primera determinación con la misma humedad posible para asegurar el contacto eléctrico, posteriormente se fue añadiendo agua para las siguientes determinaciones.

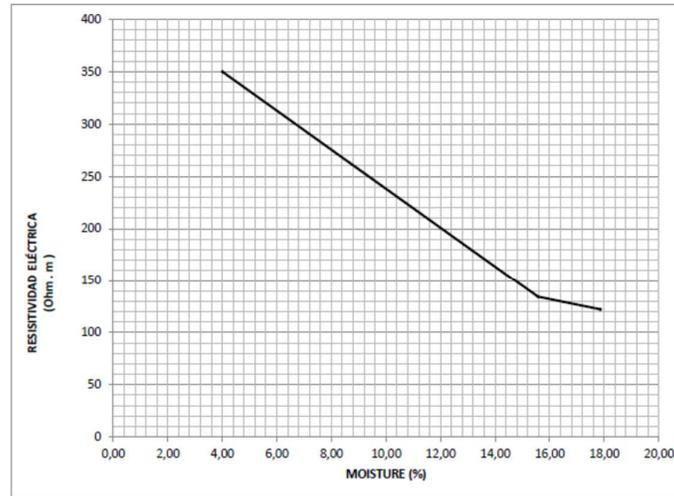
Imagen 9 y 10: Prueba de Resistividad eléctrica del producto Silicato de calcio. Orbis terrarum para MB.



Gráfica 14: Resultado de la prueba de resistividad eléctrica del silicato de calcio. Orbis terrarum para MB.

MEDIDA DE LA RESISTIVIDAD ELÉCTRICA USANDO MÉTODO WENNER. ASTM G-57 95 A

RESISTIVIDAD ELÉCTRICA



RESULTADOS DE LOS ENSAYOS	
Humedad (%)	Resistividad electrica (Ohm .m)
4,0	350,1
15,6	134,3
17,9	122,2

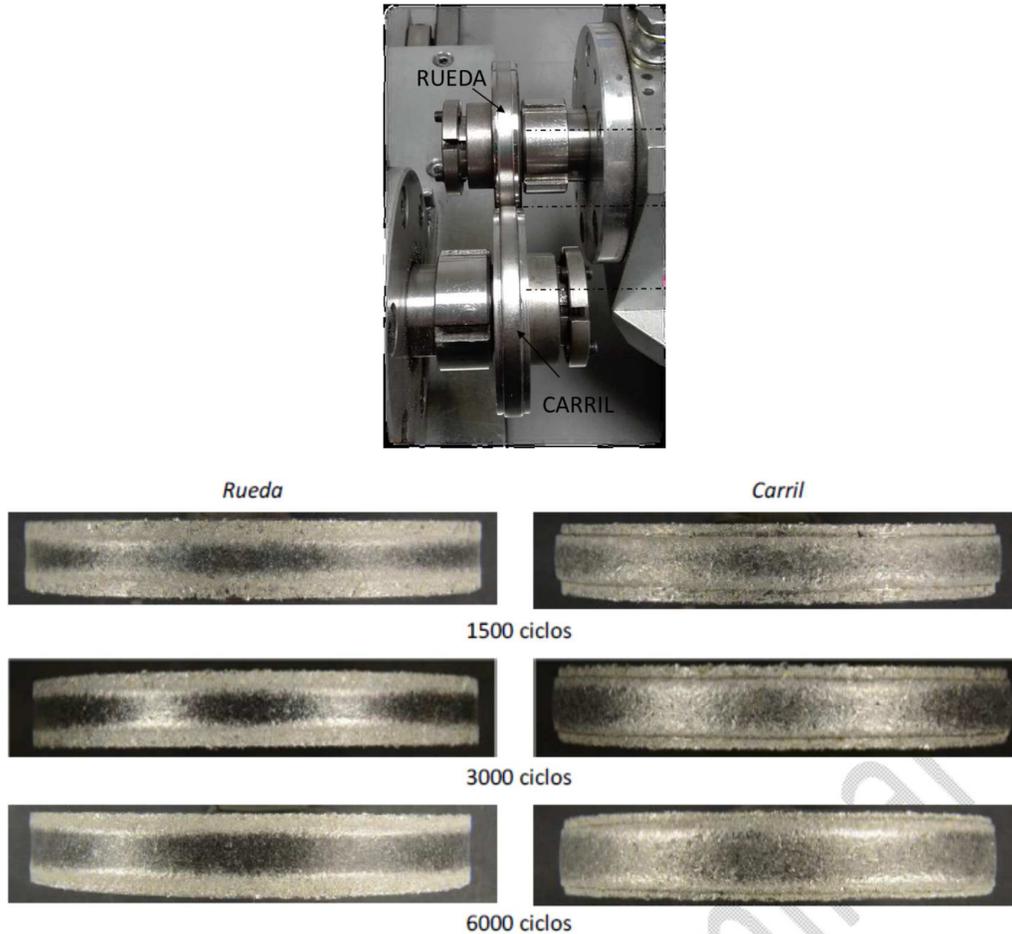
.- Desgaste y adherencia: Ensayo twin disc.

El objeto de esta prueba es doble.

Por un lado, se trata de obtener el coeficiente de adherencia del material a ensayar tanto en seco como en mojado, y compararlo con el de la arena de sílice.

Por otro lado, sirve para predecir el desgaste esperado de rueda y carril con el material candidato, comparando su resultado con el de la arena de y sílice. El desgaste esperado se determina pesando los discos antes y después del ensayo (imagen 11). Una prueba adicional se obtiene seccionando longitudinalmente y transversalmente los discos e inspeccionándolos mediante microscopía electrónica.

Imagen 11: Silicato cálcico. Aspecto superficial de las probetas de rueda y carril a lo largo del ensayo. Imagen realizada por Idonial, Centro tecnológico para CAF.



.- Fenómenos de pitting en las ruedas.

El objetivo de este ensayo es determinar el riesgo de fatigas de materiales, en forma de desgastes, deformidades o fisuras.

Tras los ensayos se ha procedido a una inspección visual del estado de las ruedas encontrándose un fenómeno de pitting (imagen 12) mucho más acusado cuando los ensayos se han realizado con arena Prominent Grit en comparación con los ensayos con arena de Sílice.

En ningún caso se aprecia acumulación de material ni fenómenos de escamaciones.

Entre uno y otro ensayo se procedió al reperfilado de ruedas.

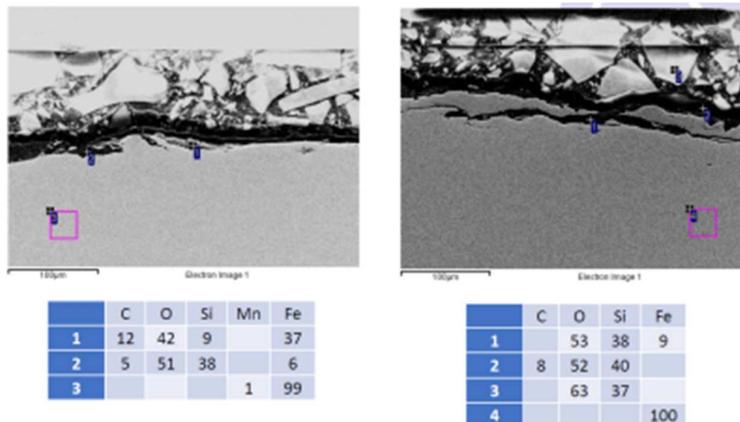
Imagen 12: Fenómeno de pitting.



Realizado el análisis metalográfico tras las pruebas realizadas con el SCA, si bien aparecen fisuras e inclusiones tanto en rueda como en carril, estas son escasas en cantidad.

No se espera una progresión negativa de las mismas debido a que el desgaste tanto en rueda como en carril es del mismo orden de magnitud que el de la arena de Sílice (imágenes 13 y 14).

Imágenes 13 y 14: Presencia de fisuras e inclusiones de Silicato de Calcio en el material de la rueda. Sección longitudinal.



4.4.6.- PRESTACIONES DE FRENO CON SILICATO CÁLCICO.

Tras los análisis de laboratorio se realizan pruebas de campo con una unidad de la serie 600 en la que se ha sustituido la arena de SC por SCA.

El objetivo de las pruebas es validar el uso de una nueva arena (arena de SCA) durante el frenado de urgencia. Las pruebas se realizan a lo largo de varias noches de trabajo y de tres maneras diferentes: sin arena, con la arena actual (SC) y con la nueva arena (SCA).

El objetivo del ensayo de prestaciones de freno es determinar dos aspectos fundamentales:

- Verificar que la arena propuesta es capaz de proporcionar el coeficiente de adherencia demandado o bien que la demanda de adherencia no supera los límites de que es capaz de proporcionar la arena.
- Verificar que no se producen inclusiones apreciables, ni desgastes anómalos, en las ruedas de la UT o en el carril.

El objeto de esta prueba es obtener las prestaciones (distancia recorrida y tiempo hasta la detención de la unidad) del frenado de urgencia de la unidad (desde 80 hasta 0 km/h), en seco y en mojado, con la arena a ensayar y comparar dichos resultados con los obtenidos en las mismas circunstancias con arena de sílice.

Los ensayos realizados en 2019 con la arena de olivino nos hicieron desestimar dicho material principalmente por su resistividad, mayor que la de la sílice.

Tabla 101: Ensayos soil-box. Humedad (%) y Resistividad eléctrica (Ohm.m). Orbis terrarum para MB.

Sílice		Olivino 1		Olivino2		Silicato	
%	Ohm.m	%	Ohm.m	%	Ohm.m	%	Ohm.m
11,8	326,6	13,7	674,8	17,1	511,6	4	350,1
25,7	198,9	18,0	417,6	34,2	274,7	15,6	134,3
36	133,7	30,2	242,5	46,6	211,3	17,9	122,2

Los ensayos realizados en 2020 con la arena de SC nos han llevado a validarlo debido a su coeficiente de adherencia, peor que el de la sílice pero mejor que el del olivino, por los resultados de las pruebas de frenado en vía y por su menor resistividad en comparación con la sílice.

Las variables independientes serán los estados de aplicación del freno de urgencia en TARA y Carga Máxima; así como, los distintos tipos de arenado: sin arena, con arena PG y arena de Sílice, en distintas condiciones de vía: seca y mojada.

La variable dependiente es la distancia máxima de frenado desde 80km/h hasta la detección de la UT.

Factor tipo de freno:

Aplicación de freno de urgencia en condiciones de TARA y de aplicación de freno simulando condiciones de Carga Máxima mediante la modificación de las VCV, igualando el ajuste de TARA a Carga Máxima en los cinco coches.

Factor tipo de arena:

Sin arena, arena PG y arena de Sílice.

Factor condiciones vía:

Vía seca y mojada.

Los ensayos con arena de Sílice en TARA se efectuaron en la UT601 en pasado mes de junio de 2019.

La unidad de ensayo tenía 984.658 km cuando se realizaron las pruebas.

Los ensayos con arena de Sílice, sin arena y arena PG tanto para TARA como para Carga Máxima se han llevado a cabo en el mes de noviembre de 2020 en la UT 605 con un correcto funcionamiento del ATP.

Las configuraciones de arena nueva y arena actual se han aplicado a todos los areneros de la unidad de ensayo.

Durante las pruebas se han registrado las siguientes variables:

- Medidas del tren. Se indican en ingles los nombres genéricos de las variables, para el “bogie” de interés o “train speed”.
 - o Stopping distance.
 - o Time.
 - o Traction command.
 - o Coasting command.
 - o Emergency brake command.
 - o Sanding signal.
 - o Número de bogies con freno de fricción disponibles.
 - o Train weight.
 - o Brake cylinder pressures.
 - o Slide detection.
 - o Deceleration.
 - o Axle speed.
- Velocidad lineal del tren mediante un sistema óptico de medida de velocidad. Este sistema es independiente a la unidad ensayada.
- Aceleración longitudinal a nivel de caja empleando un servoacelerómetro.
- Giróscopo, para la detección de paso por curvas.

Las señales se han registrado de forma simultánea y con una frecuencia de muestreo de 500Hz, empleando un filtro antialiasing de 100Hz. En el caso de las variables registradas del MVB, la frecuencia de muestreo varía dependiendo de la variable que se ha registrado.

Los ensayos se han realizado en un tramo recto y rasante de la línea de metro de Bilbao, definida por CAF. La pendiente en esa zona de ensayo ha sido de -13 mm/m. Se han hecho varias frenadas de emergencia en cada condición, en uno de los sentidos de marcha, con el coche M1 en cabeza.

Las frenadas realizadas han sido de urgencia. La aplicación del freno de urgencia se ha efectuado por medio del manipulador de conducción colocado en posición de urgencia, empezando desde los 80 km/h bajo las condiciones descritas, deceleración media de 1,2 m/s² y deceleración máxima de < 1,5 m/s².

La arena SCA tiene un comportamiento esperado reduciendo la distancia de frenado con respecto a las situaciones “Sin arena en seco” y “Sin arena en mojado” respectivamente.

Los resultados obtenidos son significativos estadísticamente:

Tabla 102. Análisis de varianza en carga máxima.

ANÁLISIS DE VARIANZA. Carga Máxima						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	621,5620398	5	124,312408	11,8237598	4,0203E-06	2,571886406
Dentro de los grupos	283,8720571	27	10,51377989			
Total	905,434097	32				

Se han comparado el efecto de frenada usando la arena original y la arena nueva, no habiendo apenas diferencias entre las prestaciones de ambas arenas. Como dato informativo, se ha concluido que usando la arena nueva la frenada es más eficiente, es decir tarda menos en frenar. Esto se puede certificar revisando que, con las condiciones de ensayo realizadas, con la arena vieja se tarda, de media, 18,49 segundos y 199,53 metros, mientras que con la nueva esta media se reduce a los 18,12 segundos y 197,95 metros, pero las diferencias entre ambas arenas son escasas.

Por otro lado, y tal y como se esperaba, con el carril mojado la distancia de frenado aumenta, es decir, se tarda más en frenar.

Finalmente, observando los valores de distancias y tiempos de frenado obtenidos, se deduce que durante las frenadas los valores no cambian en exceso (siendo las mayores desviaciones respecto al valor promedio de 0,55% y 1,17% para la arena original y nueva en condiciones secas y 5,6% y 2,88% en condiciones mojadas). En condiciones mojadas la dispersión de los resultados aumenta, probablemente debidas a que las condiciones de adherencia varían más entre una frenada y otra.

El comportamiento de ambas arenas de Sílice y SCA son muy similares en condiciones de TARA y en estado de vía seca.

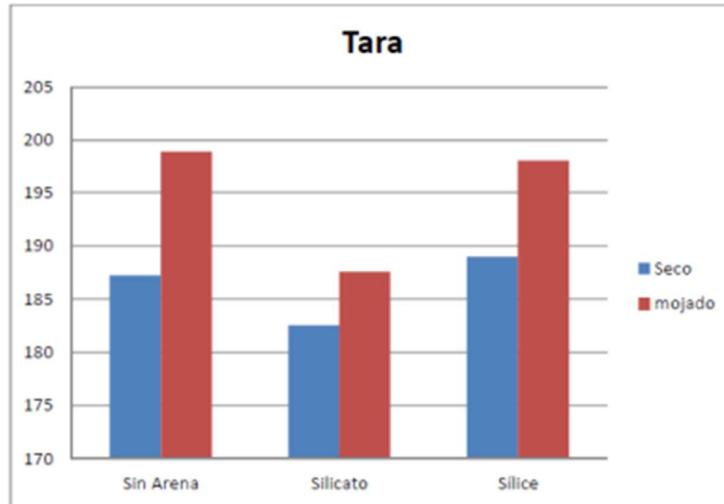
Se realiza un ensayo factorial de 2x2x3 factores donde las variables independientes serán los estados de aplicación del freno de urgencia en TARA y Carga Máxima; así como, los distintos tipos de arenado: sin arena, con arena PG y arena de Sílice, en distintas condiciones de vía: seca y mojada.

La variable dependiente es la distancia máxima de frenado desde 80km/h hasta la detención total de la UT.

Los resultados de la prueba se resumen en las siguientes tablas:

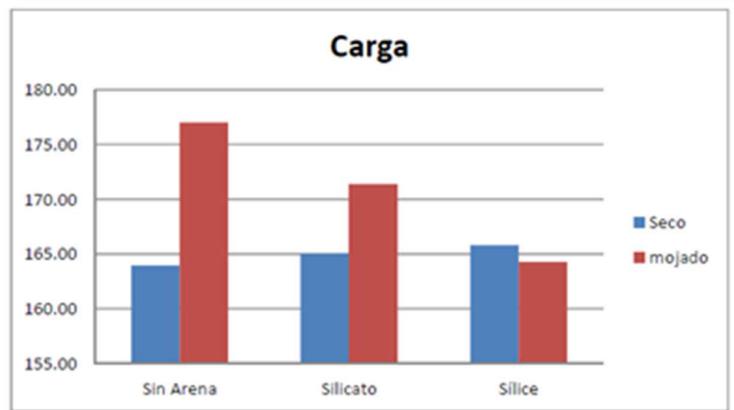
Tabla 103: Distancias de frenado en TARA.

Distancia en tara (m)			
	Sin Arena	Silicato	Silíce
Seco	187.22	182.53	188.94
mojado	198.93	187.54	198.09



Tablas 104: Distancias de frenado en máxima demanda de adherencia.

Distancia en carga (m)			
	Sin Arena	Silicato	Silíce
Seco	163.94	165.03	165.80
mojado	177.02	171.38	164.28



En base a estos resultados se concluye que, en cualquier circunstancia, el aporte de SCA favorece las condiciones de adherencia respecto a la ausencia de arenado.

Además, el aporte de Silicato en Tara reduce las distancias de frenado respecto al uso de Sílice. Sólo se aprecia un incremento de la distancia de frenado en condiciones de Carga Máxima y humedad.

4.4.7.- IMPLANTACIÓN DEFINITIVA.

Teniendo en cuenta los resultados de la investigación realizada, se considera que el SCA es una alternativa técnicamente viable y segura como para realizar su implementación en parte de la flota. Una vez realizados y documentados todos los análisis y pruebas descritos, en marzo de 2021 comienza el despliegue del nuevo tipo de arena en aproximadamente el 30 % de las UT. Desde ese momento, se realiza un seguimiento escrupuloso al objeto de:

- Confirmar que las patologías detectadas en la rueda y en el carril durante las pruebas de prestaciones de freno no se reproducen en el transcurso del servicio comercial.
- Verificar que las instalaciones de almacenamiento y transporte de arena no se ven afectadas, ni requieren de modificaciones sustanciales por el cambio a SCA.
- Comprobar que los areneros de las UT vierten arena conforme a los parámetros ya establecidos anteriormente para la arena de sílice.
- Superados los seis meses de pruebas en explotación comercial sin que se haya detectado contraindicación alguna, se procede a desplegar el Silicato de Calcio en el resto de la flota.
- Para ello se ha procedido al vaciado de la instalación de arena de Ariz, y a su relleno con SCA. Este hito marca el final del proceso de retirada de la arena de SC en las instalaciones de MB.

Se han realizado diversas consultas a otros operadores con el objetivo de encontrar alguna experiencia ya contrastada en el sector. Salvo el caso de los operadores internacionales que emplean el óxido de aluminio -material inicialmente descartado por MB y CAF por su dureza y agresividad con ruedas y carriles-, no hay ninguna otra referencia al respecto. MB ha sido, por tanto, quien ha liderado la búsqueda de una alternativa a la SC que sea segura y eficaz, garantizando el óptimo funcionamiento del sistema de frenado sin suponer un desgaste excesivo de sus componentes.

Siguiendo la línea de colaboración habitual en el sector ferroviario, son varios los operadores que han solicitado a MB la documentación elaborada tras más de tres años de investigación. Dado el interés suscitado en el sector, esta información ha sido compartida también en grupos especializados como las comisiones técnicas de ATUC (Asociación de Transportes Públicos Urbanos y Metropolitanos).

En ese mismo entorno colaborativo, se recibió alguna información complementaria por parte de otros operadores. A modo de ejemplo, Ferrocarriles de la Generalitat de Catalunya (FGC) hizo llegar en agosto de 2021 los resultados de un estudio en el que se confirma la inocuidad del SCA en cuanto a la contaminación de suelos. (82,83).

5.- DISCUSIÓN.

5.1.- PRESENCIA VERSUS EXPOSICIÓN.

La SC se utiliza en la explotación de MB desde su creación en 1995. Sin embargo, su valoración como riesgo ha ido evolucionando a medida que su catalogación ha ido siendo modificada, desde materia inerte (árido), a sospechoso de producir cáncer, a cancerígeno sin normativa traspuesta, hasta la actualidad, en la que desde diciembre de 2020 se incluye en el RD 665/97, de 12 de mayo, sobre la protección del personal trabajador contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.

Este cambio de situación sin embargo no ha ido paralelo al desarrollo de la tecnología, dado que los sistemas de frenos de las UT siguen requiriendo un árido que mejore sus prestaciones, e incluso, determinadas explotaciones y normativas nacionales exigen el uso de arenas en las mayores concentraciones posibles de SC. Por ejemplo, hay al menos dos especificaciones que prescriben un porcentaje mínimo de SC (SiO_2) en la arena antipatinaje (75% mínimo) (84,85). Las propias especificaciones obligan el uso del cancerígeno a fecha de hoy.

Por ello, el mundo del ferrocarril debe utilizar un árido, e incluso se puede imponer el porcentaje mínimo de SC necesaria. Pero no todos los integrantes de la plantilla de MB manipulan el árido o trabajan con SC. Se encuentran en unas instalaciones donde puede haber, o no, presencia de SC en el ambiente.

El concepto de “presencia” que se cita en la Guía Técnica de Agentes Cancerígenos y Mutágenos y que desarrolla el RD 665/1997, es un concepto que crea inseguridad jurídica a las empresas, en contraposición con el concepto de exposición, que es el concepto con el que se puede evaluar los puestos de trabajo en la práctica de la Higiene Industrial.

El Servicio de Prevención de MB mide desde 2001 la concentración ambiental de SC en sus instalaciones para determinar la exposición laboral del personal de los puestos más afectados. Su presencia es objetiva, dado que compra anualmente varias toneladas del producto y, gran parte del mismo, acaba finalmente en la vía. Sin embargo, varios son los problemas a los que se enfrenta para llevar a cabo una precisa reevaluación de la exposición a SCR, máxime desde su clasificación como cancerígeno.

Evaluar la exposición durante la carga de arena en la UT, es relativamente sencillo puesto que las condiciones laborales son conocidas y programadas. Sin embargo, para otros Grupos de Exposición Similar (GES) definidos, con potencial exposición a SCR, la situación no es tan evidente y fácil de caracterizar y evaluar ya que los trenes expulsan aleatoriamente sus cargas de arena tanto en cantidad como en ubicación, dependiendo de condiciones meteorológicas diversas y a velocidades diferentes, así como en momentos y situaciones difícilmente reproducibles, lo que condiciona enormemente las concentraciones ambientales de SCR que se pueden encontrar. Además, la frecuencia del servicio de metro determina el movimiento posterior de la arena vertida en los túneles.

Un GES es un conjunto de miembros de una plantilla que comparten un mismo perfil de exposición hacia un agente o conjunto de agentes.

Por ello, en este caso, y para algunos GES, lo más apropiado para medir y verificar la conformidad de la exposición con el valor límite de la SC ($\text{VLA-ED}^{\text{®}} = 0,05 \text{ mg/m}^3$) es considerar la situación más desfavorable que se pueda dar en cada uno de ellos (se han actualizado las evaluaciones de

la exposición de los trabajadores siguiendo los criterios recogidos en la Norma UNE-EN 689:2019 a las mediciones de los distintos GES). Será necesario diseñar una adecuada estrategia de muestreo para la evaluación de la exposición allí donde al menos dos de las mediciones den valores superiores a 0,1 VLA-ED® (es decir: $\geq 0,005 \text{ mg/m}^3$).

Por otra parte, se suma a la incertidumbre que genera en algunos casos, unas mediciones no suficientemente determinantes para la evaluación concluyente de la exposición. Pero aún hay más, la conclusión y toma de decisiones sobre la exposición a SCR, como ocurre con otros agentes cancerígenos, se complica al tener que contemplar, en el proceso de evaluación, el criterio de presencia del agente cancerígeno en el ambiente laboral. Es decir, debemos poder descartar la presencia de SC en determinados puestos de trabajo, pero, al tratarse de un material ubicuo siempre tendrá el riesgo de poder determinarse o, por ejemplo, en caso de que su presencia sea muy baja o no pueda descartarse completamente en todas las situaciones, se debe establecer un valor de concentración ambiental por debajo del cual no se considere exposición laboral. Todo ello lleva a una pregunta crucial para cualquier Servicio de Prevención que puede resumirse en cuál debería ser el criterio objetivo para considerar a un miembro de la plantilla como trabajador como profesionalmente expuesto.

Si bien parece lógico contemplar que puedan existir situaciones aceptables en el ámbito laboral a niveles muy bajos (o indetectables) de un agente químico cancerígeno, más si cabe cuando no sea viable su sustitución y pueda estar asimismo presente en ambientes no laborales, utilizar el concepto de presencia (o detección) como criterio determinante para considerar exposición laboral a un cancerígeno y, por tanto, considerar de aplicación el RD 665/1997 al cien por cien de la plantilla vinculada a una explotación ferroviaria, o de cualquier otro sector, incluso si su exposición llegara a ser ocasional o remota, debería abordarse con cuidado.

Una posible alternativa es considerar que si midiendo la concentración de SCR en el ambiente y evaluando la exposición laboral, de por ejemplo, y como mínimo, tres jornadas en condiciones donde se muestree la jornada laboral completa y se capte el mayor volumen de aire posible, con equipos de muestreo que cumplan las especificaciones técnicas requeridas y sean conformes al convenio establecido para la fracción respirable, no se llegara al límite de detección (LD) de una técnica analítica (DRX o espectrofotometría de infrarrojo con transformadas de Fourier para el caso de la SCR, fundamentalmente) suficientemente sensible al objetivo de la medición, ese puesto de trabajo o GES, donde no es posible disponer de datos fiables o contrastables para su clasificación como trabajador expuesto a SCR, por tratarse de valores prácticamente no detectables o con un valor equivalente de ED muy inferior a un determinado porcentaje del valor límite, no tendría por qué ser de aplicación una parte o la totalidad del RD 665/1997. Una decisión de este tipo debe tomarse siempre con conciencia crítica ya que, si el riesgo de exposición ha pasado desapercibido, las condiciones de trabajo cambian o no se han evaluado adecuadamente, la no aplicación del RD podría derivar en un serio problema de salud no deseado.

La última actualización de la Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos o mutágenos en el trabajo, revisada en el segundo semestre de 2022, aborda esta problemática. Su publicación es posterior a la retirada de la SC de nuestras instalaciones por lo que las actuaciones que de ella se pudieran haber derivado ya no tendrían la utilidad deseada en MB. No obstante, aplicando el novedoso criterio para determinar la presencia de un cancerígeno en puestos de trabajo no directamente involucrados en trabajos con SC, teniendo en cuenta la ubicuidad de este cancerígeno y su posible presencia en ambientes no laborales, contemplado asimismo en la actualización de dicha

guía, las conclusiones sobre la exposición laboral del personal donde sus tareas no requieren manipular o interactuar con arena de sílice no difieren de las encontradas en la evaluación de riesgos realizada por el SPP y resumidas en el apartado 4.1.2 de esta tesis doctoral.

Por otra parte, trabajadores que ocasionalmente pueden presentar exposiciones cortas y esporádicas a SCR, entre las que no se contemplan trabajos de mantenimiento periódico por breves que pudieran ser, no se evalúan según la Norma UNE-EN 689:2019 sino que el criterio preventivo recomendado, y seguido por el SPP de MB, es proporcionar toda la protección posible ante esa posible exposición, incluyendo los equipos de protección individual adecuados a la tarea. En estos casos, y en ausencia de un valor límite de corta duración (VLA-EC®), se pueden evaluar estas exposiciones cortas y ocasionales aplicando los límites de desviación (LD) recogidos en el documento “Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España” publicado por el INSST.

Finalmente, teniendo en cuenta los efectos para la salud de la exposición laboral a SCR y aunque existen varios métodos y aproximaciones para calcular la frecuencia de las reevaluaciones periódicas, uno de ellos aportado por la Norma UNE-EN 689:2019 en su anexo I, en el que se fijan intervalos para realizar las mediciones en función de la media obtenida de, al menos, seis mediciones de exposición diaria, el SPP de MB ha considerado conveniente adoptar un criterio conservador y cuantificable como es realizar anualmente, mediante mediciones, la reevaluación de todos los GES con potencial exposición a SCR.

5.2.- CASUÍSTICA EN EL TRANSPORTE.

El RD 1154/2020, de 22 de diciembre, por el que se modifica el RD 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo indica que el valor límite de la exposición diaria de la fracción respirable de polvo respirable de SC no debe ser superior a 0,05 mg/m³. Dicho valor hasta el 31 de diciembre de 2021 era de 0,1 mg/m³.

El RD 1299/2006, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social y se establecen criterios para su notificación y registro, incluye la SC en su anexo I, como agente A y R, esto es responsable de la posible generación de silicosis y de cáncer de pulmón.

Sin embargo, en tan detallado anexo, no se incluye el sector del transporte, en ninguna de sus modalidades. Ello puede ser debido a una omisión, o tal vez al reflejo de una realidad basada en la NO evidencia de riesgo bien por la falta de estudios, bien por no haber evidencia científica de su presencia en el transporte. El sistema de la Seguridad Social, a través del sistema CEPROSS, solo ha registrado 2 enfermedades profesionales debidas a la inhalación de polvo de SC en el mundo del transporte y almacenamiento, en 2017 y 2018. No se detectó ninguna patología oncológica desde 2018 (Agente R).

Tampoco queda reflejado el mundo del transporte en la revisión de Menéndez-Navarro et als, titulado “La remergencia de la silicosis como enfermedad profesional en España, 1990-2019 (14).

Esta situación se ve reflejada en la literatura científica, con la escasa presencia de trabajos que analicen la presencia de la SCR en los diferentes medios de transporte, y sus posibles efectos secundarios.

Destacar el informe 2019-SA-0148 de la Agencia Nacional Francesa de Seguridad Sanitaria, de Alimentación, de Medio Ambiente y del Trabajo (ANSES), relativo al conocimiento sobre toxicidad de las partículas y sus efectos sanitarios asociados a la contaminación del aire en explotaciones ferroviarias subterráneas y a la propuesta de concentración en partículas en el aire de las mismas a no ser sobrepasadas (86). En ese informe se reconoce que las concentraciones en SC durante la realización del informe a nivel mundial fueron juzgadas como no determinantes para no ser medidas a lo largo de la duración del estudio. La exposición a SC está reconocida como poco documentada y como no evaluada por la ANSES en 2015 (60).

En el periodo comprendido entre 1990 y 1993, Carex estimó que eran unos 600.000 los trabajadores expuestos a SC en Gran Bretaña y más de 3 millones en Europa (16), de los cuales, tan solo 5123 en el transporte público. En 2011, 4967 trabajadores del transporte terrestre en Francia fueron considerados como expuestos (64).

Son muchos los estudios que analizan el material particulado en estaciones de ferrocarriles metropolitanos, completos y comparativos en revisiones sistemáticas entre diferentes estudios e instalaciones, pero, sin embargo, la mayoría analizan el material metálico resultante del desgaste del interface rueda-carril, o pantógrafo-catenaria (87,88).

Estudios ambientales detallan la presencia de Fe, Cr, Ni, Cu, K, Mn..., pero excluyen la medición de Si, o bien realizan mediciones de PM₁₀ y PM_{2,5}, sin incluir SC. Estudios detallados nos recuerdan al presentar sus resultados que el cuarzo es el segundo material más frecuente en la corteza terrestre, de ahí su presencia. (89-97).

También cabe destacar la ausencia de cualquier operador ferroviario en el Acuerdo sobre la protección de la salud de los trabajadores para la adecuada manipulación y el buen uso de la SC y de los productos que la contienen, llamado Acuerdo NEPSI. NEPSI representa a 15 sectores de la industria, a más de 2 millones de empleados y un negocio que supera los 250.000 millones de euros. NEPSI es el acrónimo de Red Europea de la Sílice, una red constituida por aquellos sindicatos europeos de trabajadores y empresarios que firmaron el «Acuerdo sobre la protección de la salud de los trabajadores a través de la buena manipulación y uso de la SC y los productos que la contienen» del diálogo social el 25 de abril de 2006 (98).

5.3.- VIGILANCIA DE LA SALUD.

Acabamos de comprobar la poca presencia de patología respiratoria u oncológica declarada por posible exposición a SC en el mundo del transporte en el estado. En MB es similar, no se ha detectado ninguna enfermedad profesional derivada de la exposición a SC, sea ésta por alteración respiratoria (silicosis) u oncológica.

Con relación al cáncer, de sus más de 1000 trabajadores, ocupando puestos en diferentes escalas, haciendo un análisis estadístico sobre los posibles y diferentes niveles de exposición, solo se ha encontrado una relación estadísticamente significativa entre hábito tabáquico y neoplasias de pulmón, boca o faringe y una mayor presencia de alteraciones electrocardiográficas en talleres. El tabaco por sí solo es un factor de riesgo de neoplasias, pero estudios que han evaluado la interacción entre el tabaco y la exposición profesional a SC frente al riesgo de cáncer broncopulmonar son favorables a reconocerlo como un factor añadido, incluso, multiplicativo (99). La no existencia de casos de silicosis, reduce las posibilidades de su

aparición (100). No se han diagnosticado otras patologías como Lupus o esclerodermias, citadas también en la bibliografía.

En el año 1997, la IARC clasificó en una monografía específica (7) a la SC respirable proveniente del ámbito laboral en forma de cuarzo o cristobalita como un carcinógeno de grupo 1, lo que significa que existe suficiente evidencia de su efecto carcinogénico en humanos. Las revisiones sistemáticas de la literatura científica y los meta-análisis de mayor calidad publicados hasta el día de hoy aceptan unánimemente la existencia de una relación entre la exposición a sílice y el cáncer de pulmón. (101).

En la Comunidad Autónoma Vasca en el quinquenio 2012-2016 se diagnosticaron 70.310 casos de cáncer, lo que supone 14.062 nuevos casos al año (8.240 en hombres y 5.822 en las mujeres). La tasa de incidencia bruta fue de 777,2 por 100.000 en los hombres y de 522,1 por 100.000 en las mujeres. Las tasas ajustadas por edad fueron mayores en los hombres que en las mujeres con una razón hombre/mujer de 1,8. Las tasas aumentan con la edad hasta los 90 años y son superiores en los hombres a las mujeres excepto en el periodo de los 30 a los 54 años en que las mujeres tienen un número y tasa mayor debido a la incidencia del cáncer de mama en estos grupos de edad. A partir de los 55 años las tasas en los hombres aumentan situándose muy por encima a las de las mujeres, alcanzando el punto más alto a los 75-79 años. El 50% de la incidencia de debe a las cuatro localizaciones más frecuentes; colon-recto que es la localización más frecuente si medimos la incidencia de ambos sexos conjuntamente, mama (localización más frecuente en las mujeres), próstata (la más frecuente en hombres), y pulmón (102).

La incidencia de tumores malignos en tráquea, bronquios y pulmón en la CAE durante el periodo comprendido entre 2012-2016 en hombres fueron 5.756 casos con una tasa bruta de 108,7. En mujeres se presentaron 1.884 casos con una tasa bruta de 33,8. En el estado según la Red Española de registros de cáncer, REDECAN, las estimaciones de incidencia para 2022 son de 30.948 casos nuevos de cáncer de pulmón, 65 casos por cada 100.000 personas, 96 casos en hombres y 36 casos en mujeres por cada 100.000 personas, (22.316 y 8.632 casos nuevos respectivamente) (103).

En los hombres, los cánceres de tráquea, bronquios y pulmón, durante el periodo comprendido entre 2001 – 2016 en la CAE, presentan un descenso del -0,6% de cambio anual, con un intervalo de confianza IC 95% (0,9;0,3).

En cambio, entre las mujeres, los cánceres de tráquea, bronquios y pulmón, durante el periodo comprendido entre 2001 – 2016 en la CAE, presentan un ascenso del 5,8 % de cambio anual, con un intervalo de confianza IC 95% (4,7;6,9) (102).

Dichas cifras son coherentes con las encontradas en MB, incluso mayores por abarcar más allá de la vida laboral, y en consonancia con la selección y control médico realizado. Ninguna mujer ha presentado cáncer de pulmón. La aptitud médica requerida en los exámenes de salud de ingreso, así como el seguimiento sanitario y su promoción de la salud durante la vida laboral, pueden ser factores de selección y de protección (14). Como en la mayoría de los estudios en medio laboral, la población estudiada es un colectivo de personas activas y a priori con mejor salud que la población general dado que incluye un menor número de individuos que presenten una enfermedad grave o incapacitante, y no incluyen determinadas poblaciones sensibles como personas de mucha edad o infantes. Se trata del efecto del trabajador sano (Healthy Worker Effect) (104).

Con relación a la silicosis, los datos en España se actualizan anualmente por el Instituto Nacional de Silicosis, siendo 234 casos en 2021 (105). Al igual que se viene observando en los últimos años el perfil de paciente se mantiene. Generalmente se trata de trabajadores jóvenes en activo que cuentan con historias laborales de riesgo más cortas que las observadas tradicionalmente, debido en parte a los casos correspondientes a marmolistas y trabajadores de fabricación de aglomerados. No hemos observado ningún caso en MB.

En cualquier caso, debemos seguir trabajando para hacer aflorar las patologías cancerígenas de origen laboral en el estado. La respuesta al reto planteado requiere de la colaboración de todos los profesionales e instituciones implicadas. En nuestro país, esta colaboración es más necesaria, si cabe, dado que ocupamos uno de los últimos puestos en Europa en cuanto a la notificación de esta patología. Dentro de la compleja red de detección del cáncer laboral, uno de los activos más valiosos son los médicos del sistema nacional de salud. Hacer posible su colaboración implica aportar recursos desde diferentes perspectivas, lo que sigue siendo una asignatura pendiente en nuestro país. Todo ello dibuja en la actualidad un escenario ampliamente mejorable si se pretende la implicación de este profesional en la notificación de la sospecha de patología laboral. Las diferentes interpretaciones de la ley que configura esta colaboración y el debate en torno a la obligatoriedad o la voluntariedad de la notificación de la sospecha por parte del médico no ayudan. La historia nos muestra el daño que puede causar una mala respuesta a un cancerígeno ocupacional. La sociedad ha puesto en manos de los profesionales médicos la responsabilidad última y la posibilidad de evitar que casos como el del amianto se repitan. Para ello, primero hay que hacer visible lo invisible, para que el diagnóstico del cáncer laboral deje de ser una rareza y empiece a hacerse realidad (106).

5.4.- SÍLICE Y EVALUACIÓN DE RIESGOS.

Toda empresa debe mantener actualizada la identificación y evaluación de riesgos. Cuando existe una exposición, en este caso a un cancerígeno, lo primero es identificar donde se utiliza y en qué cantidades. Un primer paso fue utilizar el método FINE adaptado, que si bien está destinado al estudio de los accidentes laborales, nos era de utilidad para llegar a una valoración según la tarea (107-109). Se podía catalogar a los que trabajaban directamente con la SC en talleres o en la recogida de la SC en vía, al personal que trabajaba en cercanía de ellos, al personal de línea con posibles pero infrecuentes exposiciones, así como al resto de la plantilla de MB.

Pero tenemos problemas a la hora de actuar cuando la posible SC presente no se detecta por no alcanzar los límites de detección y de cuantificación.

Durante la calima del primer trimestre de 2022, medimos la concentración en SC, que presentó un 25,6 % de SiO₂, medida con fecha 15 de marzo de 2022. Se han realizado algunos estudios en Estados Unidos, en Gran-Bretaña y en Italia donde se han medido SC en zonas urbanas donde las PM₁₀ fueron positivas en concentraciones menores a 3 µg.m⁻³. Y donde las PM_{2,5} fueron inferiores de media a 0,34 µg.m⁻³. Por ello, varios estudios se han interesado a estudiar el ruido de fondo de SC debido a cercanía de canteras, cercanía a taludes, cercanía a lugares de construcción o lugares similares. Las medidas y concentraciones medioambientales en SC quedan en cualquier caso debajo de 20 µg.m⁻³. Cuando se han encontrado medidas más elevadas suelen ser recogidas en cercanía inmediata a un centro industrial con emisión de SC, o en condiciones climáticas o meteorológicas contribuyentes significativamente a elevar los

niveles de SC atmosférica (episodios de viento, clima seco, corrientes calientes venidas de Africa, calimas, ...) (110,111).

En dichos estudios se concluyó que no hay riesgo para los vecinos, las comunidades o aquellos que trabajan en otras partes de una instalación industrial, confirmado por los reguladores gubernamentales.

El Ejecutivo de Salud y Seguridad del Reino Unido, encargado de garantizar la salud en el lugar de trabajo, ha declarado que "no se han documentado casos de silicosis entre los miembros del público en general en Gran Bretaña, lo que indica que las exposiciones ambientales al polvo de sílice NO son lo suficientemente altas como para causar esta enfermedad ocupacional" (112).

Y en mayo de 2018, el gobierno francés declaró que "no se ha identificado ningún uso por consumo que conduzca a una exposición significativa a la SC por inhalación". Esto significa que incluso si manipula o usa productos cotidianos que pueden generar algo de polvo de SCR, no estará expuesto a niveles altos durante el tiempo suficiente para que el polvo tenga efectos negativos para la salud (113).

Sin embargo, al tratarse de un cancerígeno, acreditado suficientemente en algunos entornos laborales, la legislación no admite el criterio de proporcionalidad del riesgo de exposición. Por tanto, dado que en cualquier momento puede generarse una nube de polvo de sílice por la existencia de una frenada de urgencia (no esperable por definición), y considerando que ésta puede darse en cualquier punto kilométrico de la red de MB, sea o no estación de interior o exterior, el criterio de presencia recogido en la legislación laboral es universal para todo miembro de la plantilla de MB, sea dicha presencia de naturaleza laboral o climática.

Ante la imposibilidad de aplicar un criterio técnico que establezca unas medidas preventivas proporcionales a la magnitud del riesgo, como sí ocurre con las exposiciones esporádicas y de baja intensidad a fibras de amianto en determinados trabajos con amianto, la óptima gestión del riesgo a SCR podría basarse en la medición de las concentraciones ambientales de SCR en exposiciones accidentales y de corta duración donde dicha concentración podía probablemente ser detectada pero difícilmente cuantificada con una precisión aceptable. La Guía técnica para la prevención del riesgo por exposición a la SCR en el ámbito laboral, del Instituto Nacional de Silicosis (2022), propone en su punto 8.7, la vigilancia de la salud en personas trabajadoras con exposiciones a SCR esporádicas, intermitentes u ocasionales, valorando aplicación y periodicidad.

Finalmente, este razonamiento implica asimismo que la clientela de MB ha podido estar, en algún momento y hasta febrero de 2022, en riesgo de exposición por inhalación de SC en las instalaciones de metro, fuese o no cliente habitual.

5.5.- SUSTITUCIÓN DE LA SÍLICE CRISTALINA.

Antes de la propuesta del SCA, otros fueron los materiales estudiados.

Se desestimó el **Olivino** por su capacidad aislante. Se desestimó también la **Bauxita** por exceder el grado de dureza provoca un desgaste en carril bastante más elevado que la arena de Sílice (del orden de 5 veces superior). Se desestimaron el **Cobau Basalto** y **Glass Grit** por no alcanzar la dureza mínima exigida. Se desestimó la **Arena de Garnet 8/14** (Chorreado) por no alcanzar valores de coeficientes de adherencia en seco de 0.2 y provocar una adherencia del material tanto en el carril como en la rueda. Se desestimó el **Óxido de Aluminio**, material empleado en

varios tranvías en Alemania: Verkehrsbetriebe Esser y Stadwreker ULM; en Holanda/Amsterdam: GVB, en Austria: Wiener Linien; el Shinkansen en Japón y el Ameritram en USA. Sin embargo, MB desestima esta sustancia por tener una dureza de 9 Mohs que resulta muy agresiva tanto para la rueda, como para el carril. El uso de este material requiere una costosa modificación integral del sistema de areneros en la totalidad de la flota. Además, debido a su granulometría sería necesario adecuar la instalación de almacenamiento y transporte de arena en los talleres de Sopela y Ariz.

Y finalmente la solución aplicada en MB fue el SCA.

5.6.- LIMITACIONES.

Debemos reconocer las limitaciones que nos hemos encontrado para realizar nuestro trabajo.

.- **Tamaño muestral.** Disponemos de los datos del 100% de la plantilla de MB, no así el de otras explotaciones ferroviarias o metropolitanas. Por ello, no podemos comparar nuestra realidad, bien por exposición, antigüedad de la red, tipo de material rodante o bien uso de equipos de protección diferentes con otras realidades nacionales o europeas.

.- **Faltan datos del personal no expuesto al riesgo.** Si hemos debatido durante este trabajo la necesidad o no de llevar a cabo estudios radiológicos a colectivos con exposiciones poco frecuentes, incluso improbables, más incoherente sería realizar radiografías a personal no expuesto para poder comparar resultados.

.- **Segundas mediciones en curso.** Hemos presentado parte de los resultados de las segundas mediciones. Continuaremos realizando la vigilancia de la salud ya con carácter post-ocupacional, una vez retirado el producto. Además, hemos extendido la vigilancia de la salud al personal de línea. Sin embargo, hemos querido presentar ya el trabajo vinculándolo a la retirada del producto en 2022.

.- **Necesidad de otros estudios para comparar los datos del mundo ferroviario.** Creemos necesario poder poner en común el trabajo realizado en un breve espacio de tiempo con otras explotaciones para conocer sus experiencias.

.- **Estudio analítico.** No hemos podido diseñar un estudio analítico. Por ello, creemos necesario dar pasos hasta conseguir mejores resultados basados en la evidencia.

.- Factores confusores.

Sin duda, otros factores pueden ser tenidos en cuenta. El tabaco ha sido citado en el trabajo, pero cabe citar las emisiones de motores diésel, cuyo nuevo valor límite de 0,05 mg/m³ se aplica a partir del 21 de febrero de 2023. Su reciente inclusión en el RD 665/97, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo, nos invita a comenzar esta tesis de nuevo, frente a otro riesgo ya conocido, como lo era la SC, esta vez, producida solo por el material auxiliar de MB.

Además, recordar que el estudio ha sido realizado entre 2019 y 2021, y redactado en 2022. Somos conscientes que la pandemia mundial de Covid 19 no ha facilitado su realización, dado que ha alterado nuestras vidas en casi todos los aspectos, de trabajo, familiar y de ocio.

Mientras realizábamos el estudio, nuevos reales decretos eran publicados, culminando con la actualización de la Guía técnica del INSST para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos o mutágenos en el trabajo, y la Guía Técnica para la prevención del riesgo por exposición a SCR en el ámbito laboral, del Instituto Nacional de Silicosis, ambas en 2022.

Dichas actualizaciones creemos que refuerzan la actualidad del tema escogido.

5.7.- FORTALEZAS.

.- Se han realizado pruebas específicas, que abren vías de investigación e hipótesis que pueden ser útiles a futuro.

Puestos en contacto con todas las explotaciones ferroviarias del estado, a través de las reuniones periódicas de ATUC (Asociación de transportes públicos urbanos y colectivos), MB ha sido la primera explotación ferroviaria en hacer frente a esta problemática, sirviendo de modelo a otros ferrocarriles. Además, el proceso de sustitución de la SC por SCA ha sido merecedor del Premio Prevencionar 2022 a la mejor práctica preventiva, finalista al premio Prevencionar 2022 en Innovación, Accesit al premio Mutualia 2022 en PRL y presentado como buena práctica preventiva por el INSST, <https://www.insst.es/evitemos-hoy-el-cancer-laboral-de-manana/comparte-tu-experiencia/metro-bilbao> dentro de la campaña “Evitemos hoy el cáncer laboral de mañana”.



Dos han sido los artículos publicados en la revista del INSST, recogidos en la bibliografía y citados en el texto (82,83).

6.- CONCLUSIONES.

Del desarrollo de este trabajo se han podido llegar a las siguientes conclusiones:

- La evaluación de riesgos indica una mayor exposición de sílice cristalina durante el proceso de carga, realizada por el personal mecánico neumático.
- En la plantilla de Metro Bilbao en general, y en el personal mecánico neumático en particular, no hay mayor frecuencia de cáncer en comparación con la población general del País Vasco. No se ha detectado ningún caso de silicosis. No hemos encontrado relación entre sílice cristalina y silicosis o cáncer de pulmón en Metro Bilbao, con ningún colectivo laboral en particular.
- Durante varios años intercalados (6 años) no se detectó ningún caso de cáncer en la plantilla de Metro Bilbao.
- En la plantilla de trabajadores y trabajadoras de supervisión de estación y maquinistas de tracción eléctrica es donde se han diagnosticado un mayor número de casos de cáncer por ser la plantilla más numerosa.
- No hay un diagnóstico de cáncer que se repita con mayor frecuencia de la esperada. El cáncer de mama ha sido el más frecuente (10 de los 55 casos), seguido del de colón (5), próstata (5) y pulmón (5). El tabaquismo se relaciona una vez más con el cáncer.
- Se propone un sistema de gestión para convivir con la sílice cristalina en primer lugar, y para sustituirla después, tal y como se propone en todos los manuales de prevención de riesgos laborales.
- El silicato de calcio reúne las tres características necesarias para ser un sustitutivo de la sílice cristalina: Acorta la distancia de frenado, permite la conductividad y evita un elevado degradado de materiales. Es un interesante sustituto de la sílice en las explotaciones ferroviarias.

7.- BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Alli BO. Fundamental principles of occupational health and safety. [Internet]. 2ªed. Geneve: International Labour Office; 2008. Disponible en: http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/--dgreports/---dcomm/---publ/documents/publication/wcms_093550.pdf.
- 2.- Ministerio de Salud y Consumo. Libro blanco de la Vigilancia de la Salud para la Prevención de riesgos laborales. ISBN: 84-7670-668-5, 2003. Disponible en <https://www.mscbs.gob.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/docs/portadaLibroBlanco.pdf>.
- 3.- Ministerio de Salud y Consumo. Acuerdos sobre Salud Laboral de la Mesa de Diálogo Social sobre Prevención de Riesgos Laborales. [Madrid, 28 de septiembre de 2001]. <https://www.mscbs.gob.es/va/ciudadanos/saludAmbLaboral/saludLaboral/dialogoSocial/vigilanciaSalud.htm>
- 4.- Cox R, Edwards F, Palmer K. Fitness for work. The medical aspects. 3ª ed. Oxford: Oxford Medical Publications; 2000.
- 5.- Rosental PA. Silicosis. A world History. Baltimore: John Hopkins University Press; 2017. ISBN 9781421421551.
- 6.- Ulvestad B, Bakke B, Eduard W, Kongerud J, Lund MB. Cumulative exposure to dust causes accelerated decline in lung function in tunnel workers. *Occup Environ Med*. 2001;58:663-669.
- 7.- IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans: Silica, Some Silicates, Coal Dust and Para-Aramid Fibrils. Lyon, 15-22 October 1996. *IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum*. 1997;68:1-475.
- 8.- Linch KD, Miller WE, Althouse RB, Groce DW, Hale JM. Surveillance of Respirable Crystalline Silica Dust using OSHA Compliance Data (1979–1995). *American Journal of Industrial Medicine*. 1998;34:547-558.
- 9.- Montes N, De la Peña MN. Efecto de los sistemas de nebulización en la exposición a sílice cristalina en una marmolería. *Seguridad y Salud en el trabajo*. 2018;96:38-44.
- 10.- Solans X, Freixa A, Goberna R, Moreno JJ, Oubiña A. Aglomerados de cuarzo: medidas preventivas en operaciones de mecanizado. NTP 890. INSHT, 2010.
- 11.- Swamy, V., Saxena, S. K., Sundman, B., Zhang, J. A thermodynamic assessment of silica phase diagram. *J. Geophys. Res*. 1994;99(B6):11787-11794. doi:10.1029/93JB02968.
- 12.- Tipos de sílice: Rabanal 2011. <https://www.siliceysalud.es/index.php/el-polvo-y-la-scr/la-silice/tipos-de-silice/> [consultado 23 ene 2023].
- 13.- Barnes H, Goh NSL, Leong TL, Hoy R. Silica-associated lung disease: An old-world exposure in modern industries. *Respirology*. 2019 Dec;24(12):1165-1175. doi: 10.1111/resp.13695. Epub 2019 Sep 13. PMID: 31517432.
- 14.- Menéndez-Navarro A, Cavalin C, García-Gómez M, Gherasim A. La remergencia de la silicosis como enfermedad profesional en España. 1990-2019. *Rev Esp Salud Pública*. 2021;95:25 de Agosto:1-26. e202108106.

- 15.- Argüeso A, Tamborero JM. Infraestructuras ferroviarias: mantenimiento preventivo. NTP 958: INSST;2012.
- 16.- Pannett B, Kauppinen T, Toikkanen J, Pederesen J, Young R, Kogevinas M. Occupational exposure to carcinogens in Great Britain in 1990-1993: preliminary results. In: Carex: International Information System on Occupational Exposure to Carcinogens. Helsinki. Finland: Finnish Institute of Occupational Health, 1998.
- 17.- Kogevinas M, Maqueda J, De la Orden V, Fernandez F, Kauppinen T, Benavides FG. Exposición a carcinógenos laborales en España: aplicación de la base de datos CAREX. Arch Prev Riesgos Labor 2000;3(4):153-159.
- 18.- Steenland K, Ward E. Silica: a lung carcinogen. CA Cancer J.Clin. 2014;64:63-69.
- 19.- Devitte JD, Choucroun P, Leroyer C. Pathologies dues à l'inhalation de poussières de silice. Toxicologie Pathologie Professionnelle. Encycl Méd Chir. Paris: Elsevier; 1999;16-002-24.
- 20.-Cavalin C, Lescoat A, Ballerie A, Belhomme N, Jégo P, Jouneau S, Lecureur V, Lederlin M, Paris C, Rosental PA. Beyond silicosis, is the world failing on silica hazards? Lancet Respir Med. 2019 Aug;7(8):649-650. doi: 10.1016/S2213-2600(19)30174-2. Epub 2019 May 17. PMID: 31109828.
- 21.- Deslauriers JR, Redlich CA. Silica Exposure, Silicosis, and the New Occupational Safety and Health Administration Silica Standard. What Pulmonologists Need to Know. Ann Am Thorac Soc. 2018 Dec;15(12):1391-1392. doi: 10.1513/AnnalsATS.201809-589ED. PMID: 30211615.
- 22.- Sherson D. Silicosis in the twenty first century, Occup. Environ. Med. 2002;59:721-2.
- 23.- Martínez, C., Menéndez, A. El Instituto Nacional de Silicosis y las enfermedades respiratorias profesionales en España. En: Álvarez-Sala Walther, J.L.; Casan Clarà, P.; Villena Garrido, V. (eds.), Historia de la neumología y la cirugía torácica españolas. Madrid: Ramírez de Arellano Editores. 2006;145-162.
- 24.- Benmerzoug S, Rose S, Bounab B, Gosset D, Duneau L, Chenuet P, Mollet L, Le Bert M, Lambers C, Geleff S, Roth M, Fauconnier L, Sedda D, Carvalho C, Perche O, Laurenceau D, Ryffel B, Apetoh L, Kiziltunc A, Uslu H, Albez FS, Akgun M, Togbe D, Quesniaux VFJ. STING-dependent sensing of self-DNA drives silica-induced lung inflammation. Nat Commun. 2018 Dec 6;9(1):5226. doi: 10.1038/s41467-018-07425-1. PMID: 30523277; PMCID: PMC6283886.
- 25.- Lee S, Honda M, Yamamoto S, Kumagai-Takei N, Yoshitome K, Nishimura Y, Sada N, Kon S, Otsuki T. Role of Nephronectin in Pathophysiology of Silicosis. Int J Mol Sci. 2019 May 26;20(10):2581. doi: 10.3390/ijms20102581. PMID: 31130697; PMCID: PMC6566895.
- 26.- NIOSH hazard review: health effects of occupational exposure to respirable crystalline silica. Schulte PA; Rice FL; Key-Schwartz RJ; Bartley DL; Baron PA; Schlecht PC; Gressel MG; Echt AS. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH) Publication No. 2002-129, 2002 Apr; :1-127 <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2002-129/>

- 27.- In-depth survey report: control of respirable dust and crystalline silica from grinding concrete at Messer Construction, Newport, Kentucky and Baker Concrete Construction, Dayton, Ohio. Echt A; Shulman S. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, EPHB 247-21, 2002 Aug; :1-9. <https://www.cdc.gov/niosh/surveyreports/pdfs/247-21.pdf>
- 28.- Checkoway H, Franzblau A. Is silicosis required for silica-associated lung cancer? *Am J Ind Med.* 2000;37: 252-259.
- 29.- Hessel PA, Gamble JF, Gee JBL et al. Silica, silicosis, and lung cancer: a response to a recent working group report. *J Occup Environ Med.* 2000;42(7):704-720.
- 30.- McDonald C. Silica and lung cancer: hazard or risk. *Ann Occup Hyg.* 2000;44:1-2.
- 31.- Soutar CA, Robertson A, Miller BG, Searl A, Bignon J. Epidemiological evidence on the carcinogenicity of silica: factors in scientific judgement. *Ann Occup Hyg.* 2000;44:3-14.
- 32.- Wong O. The epidemiology of silica, silicosis and lung cancer: some recent findings and future challenges. *Ann Epidemiol.* 2002;12: 285-287.
- 33.- Tsuda T, Babazono A, Yamamoto E, Mino Y, Matsuoka H. A meta-analysis on the relationship between pneumoconiosis and lung cancer. *J Occup Health.* 1997;39:285-294.
- 34.- Steenland K, Mannetje A, Boffeta P et al. Pooled exposure response analyses and risk assessment for lung cancer in 10 cohorts of silica-exposed workers: an IARC multicenter study. *Cancer Causes Control.* 2001;12:773-784.
- 35.- Kurihara N, Wada O. Silicosis and smoking strongly increase lung cancer risk in silica-exposed workers. *Ind Health.* 2004;42:303-314.
- 36.- Pelucchi C, Pira E, Piolatto G, Coggiola M, Carta P, La Vecchia C. Occupational silica exposure and lung cancer risk: a review of epidemiological studies 1996–2005. *Ann Oncol.* 2006;17:1039-1050.
- 37.- Graham WG, Costello J, Vacek PM. Vermont granite mortality study: an update with an emphasis on lung cancer. *J Occup Environ Med* 2004;46(5):459-66.
- 38.- Brown T. Silica exposure, smoking, silicosis and lung cancer--complex interactions. *Occup Med (Lond).* 2009 Mar;59(2):89-95. doi: 10.1093/occmed/kqn171. PMID: 19233828.
- 39.- Napierska D, Thomassen LC, Lison D., Martens JA, Hoet PH. The nanosilica hazard: another variable entity. *Part. Fibre. Toxicol.* 2010;7:39.
- 40.-Tsuda T et als. A Case-Control Study of the Relationships Among Silica Exposure, Gastric Cancer, and Esophageal Cancer. *Am. J. Ind. Med.* 2001;39:52-57.
- 41.- Lee W,Ahn Y, LeeS, et al. Occupational exposure to crystalline silica and gastric cancer: a systematic review and meta-analysis. *Occupational and Environmental Medicine.* 2016;73:794-801.

- 42.- Chen M., Tse L.A. Laryngeal Cancer and Silica Dust Exposure: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Am. J. Ind. Med.* 2012;55:669-676.
- 43.- Bang KM, Mazurek JM, Wood JM, White GE, Hendricks SA, Weston A; Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Silicosis mortality trends and new exposures to respirable crystalline silica United States, 2001-2010. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep.* 2015 Feb 13;64(5):117-20. PMID: 25674992; PMCID: PMC4584686.
- 44.- Límites de exposición profesional para agentes químicos en España. 2022. Edita: Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), NIPO (papel): 118-22-035-6 NIPO (en línea): 118-22-036-1 Depósito Legal: M-10588-2022.
- 45.- Fernández R, Martínez C, Quero A, Blanco JJ, Carazo L, Prieto A. Guidelines for the diagnosis and monitoring of silicosis. *Arch Bronconeumol.* 2015 Feb;51(2):86-93. English, Spanish. doi: 10.1016/j.arbres.2014.07.010. Epub 2014 Dec 3. PMID: 25479706.
- 46.- Leung CC, Yu IT, Chen W. Silicosis. *Lancet.* 2012 May 26;379(9830):2008-18. doi: 10.1016/S0140-6736(12)60235-9. Epub 2012 Apr 24. PMID: 22534002.
- 47.- Greenberg MI, Waksman J, Curtis J. Silicosis: a review. *Dis. Mon.* 2007;53:394-416.
- 48.- Fernández R, Martínez C, Quero A, Blanco JJ, Carazo L, Prieto A. Normativa para el diagnóstico y seguimiento de la silicosis. *Arch Bronconeumol.* 2015;51(2):86-93.
- 49.- Mannetje A, Steenland K, Checkoway H, et al. Development of quantitative exposure data for a pooled exposure-response analysis of 10 silica cohorts. *Am J Ind Med* 2002;42:73-86.
- 50.- Burge P. How to take an occupational history relevant to lung disease. Philadelphia. Hendrick D, Burge P, Beckett W, Churg A, editores. *Occupational Disorders of the Lung.*: WB Saunders. 2002;25.32.
- 51.- Bovenzi M, Barbone F, Betta A, Tommasini M, Versini W. Scleroderma and occupational exposure. *Scand. J. Work Environ. Health.* 1995;21:289-292.
- 52.- Lehucher-Michel MP, Raulot-Lapointe H, Kacel M, Conejrot P. Une sclérodemie systémique associée à une exposition au talc. *Arch. Mal Prof.* 2000;61:194-200.
- 53.- Brown LM, Gridley G, Olsen JH, Mellemkjaer L, Linet MS, Fraumeni JF Jr. Cancer risk and mortality patterns among silicotic men in Sweden and Denmark. *J.Occup. Environ. Med.* 1997;39:633-638.
- 54.- Lescoat A, Cavalin C, Macchi O, Jégo P, Rosental PA. Silica-associated systemic sclerosis in 2017: 60 years after Erasmus, where do we stand? *Clin Rheumatol.* 2017 May;36(5):1209-1210. doi: 10.1007/s10067-017-3576-y. Epub 2017 Feb 17. PMID: 28213786.
- 55.- Lescoat A, Ballerie A, Lecureur V, Belhomme N, Cazalets C, Jouneau S, Paris C, Menéndez-Navarro A, Rosental PA, Jégo P, Cavalin C. The neglected association of crystalline silica exposure and systemic sclerosis. *Rheumatology (Oxford).* 2020 Dec 1;59(12):3587-3588. doi: 10.1093/rheumatology/keaa638. PMID: 33020830.

- 56.- Marie I. Sclérodemie systémique et exposition professionnelle: vers une extension de la reconnaissance de maladie professionnelle en 2014? *La Revue de médecine interne*. 2014;35:631-635.
- 57.- Ballerie A, Cavalin C, Lederlin M, Nicolas A, Garlantézec R, Jouneau S, Lecureur V, Cazalets C, Belhomme N, Paris C, Rosental PA, Jégo P, Lescoat A. Association of silica exposure with chest HRCT and clinical characteristics in systemic sclerosis. *Semin Arthritis Rheum*. 2020 Oct;50(5):949-956. doi: 10.1016/j.semarthrit.2020.08.014. Epub 2020 Aug 29. PMID: 32906030.
- 58.- Rosenman KD, Moore-Fuller M, Reilly MJ. Connective tissue disease and silicosis. *Am J Ind. Med*. 1999;35:375-381.
- 59.- Moulin P, Lehucher-Michel MP. Maladie de Wegener après exposition à la silice. Paris Masson, *Presse Med* 2004;33:1349-51.
- 60.- Quero A., Urrutia C., Martinez C., Rego G. Silicosis y granulomas pulmonares sarcoideos ¿silicosarcoidosis? *MedClin*. 2002;26;118(2):79.
- 61.- Blanco JJ, Ruiz C, Cerdeira L. Inhalación de sílice y sus efectos en la salud. Revisión. *Revista de la Sociedade Galega de Patoloxía Respiratoria, Pneumoloxía e Cirurxía Torácica*. *Pneuma*. 2012;8(1).
- 62.- Martín M, Martín JM, Iglesias C, Prieto JM. Silicosis y síndrome de Sjögren. *Archivos de Bronconeumología*. 2019;55(10):536-537. <https://doi.org/10.1016/j.arbres.2019.02.026>.
- 63.- Lee S, Hayashi H, Mastuzaki H, Kumagai-Takei N, Otsuki T. Silicosis and autoimmunity. *Curr Opin. Allergy Clin Immunol*. 2017;17:78-84.
- 64.- ANSES, Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. Mise à jour des connaissances concernant les dangers, expositions et risques relatifs à la silice cristalline. Saisine n°2015-SA-0236.
- 65.- Taskar V.S., Coultas D.B. Is idiopathic pulmonary fibrosis environmental disease? *Proc Am Torac Soc*. 2006;3:293-298.
- 66.- Xaubet A, Ancochea J, Molina-Molina M, Fibrosis pulmonar idiopática. *Medicina Clínica*. 2017;148(4):170-175, ISSN 0025-7753, <https://doi.org/10.1016/j.medcli.2016.11.004>.
- 67.- Xaubet A, Ancochea J, Bollo E, Fernández-Fabrellas E, Franquet T, Molina-Molina M, Montero MA, Serrano-Mollar A. Normativa sobre el diagnóstico y tratamiento de la fibrosis pulmonar idiopática. *Arch Bronconeumol*. 2013;49:343-53.
- 68.- Instituto Nacional de la Seguridad Social. Guía de Ayuda para la Valoración de las enfermedades profesionales. Quinta edición, Vol II. NIPO:122-21-045-3, actualizado el 4/9/2021.
- 69.- Wilke RA. Occupational exposure to silica and end-stage renal disease [letter to the editor]. *J Am Med Assoc*. 1997;278(7):546-547.
- 70.- Steenland K, Rosenman KD, Socie E, Valiante DJ. Silicosis and end-stage renal disease. *Scand J Work Environ Health*. 2002;28:439-442.

- 71.- Cowie RL. The epidemiology of tuberculosis in gold miners with silicosis. *Am J Respir Crit Care Med.* 1994;150:1460-62.
- 72.- American Thoracic Society Committee of the Scientific Assembly on Environmental and Occupational Health. Adverse effects of crystalline silica exposure. *Am J Respir Crit Care Med.* 1997;155:761–68.
- 73.- American Thoracic Society. Targeted tuberculin testing and treatment of latent tuberculosis infection. *MMWR Recomm Rep.* 2000;49:1-51.
- 74.- NIOSH alert: Request for assistance in preventing silicosis and deaths in construction workers. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH) Publication No. 1996b;96-112.
- 75.- Parker JE. Silicosis. In: Rakel RE, ed. *Conn’s current therapy.* Philadelphia, PA: W.B. Saunders. 1994;207-210.
- 76.- Parker JE, Wagner GR. Silicosis. In: Stellman JM, ed. *Encyclopaedia of occupational health and safety.* 4th ed. Geneva, Switzerland: International Labour Office. 1998;10.43-10.46.
- 77.- Olaizola JJ. 12-120 años de metro en Bilbao. *Bi-3209-07.* 2007.
- 78.- García-Río F., Calle M., Burgos F., Casan P., Del Campo F., Galdiz J.B., Giner J., González-Mangado N., Ortega F., Puente Maestu L. Espirometría. *Arch Bronconeumol.* 2013;49(9):388-401.
- 79.- ISO 45001:2018(es) Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo— Requisitos con orientación para su uso. Occupational health and safety management systems— Requirements with guidance for use. Accesible en <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:45001:ed-1:v1:es> [consultado 9 Sep 2021].
- 80.- Willeke k., Baron P.A. Ed (1993) *Aerosol measurements: principles techniques and applications.* Van Nostrand Reinhold. New York. ISBN: 0-442-00486-9.
- 81.- MTA/MA-056/A06 (2006) Determinación de sílice libre cristalina (cuarzo, cristobalita, tridimita) en aire. Método del filtro de membrana /DRX. INSHT. www.insst.es.
- 82.- Apellaniz I., Galán A., Rojo JM., Marcos LM. Sílice cristalina en explotaciones ferroviarias: La experiencia en Metro Bilbao. *Revista SST. INSST.* 2020;105:30-40.
- 83.- Ortuondo I., Apellaniz I., Galán A., Rojo JM., Calvo R. Sílice cristalina en explotaciones ferroviarias: la solución aplicada en Metro Bilbao. *Revista SST. INSST.* 2022;113:54-68.
- 84.- ERA/ERTMS/033281 “Interfaces Between Control-Command and Signalling Trackside and Other Subsystems”, apartado 3.1.4.2. “Sand characteristics”. Agencia Ferroviaria Europea. 2018.
- 85.- Norma GM/RT2461 del Railway Group “Sanding Equipment Fitted to Multiple Units and On-track Machines”, Anexo A “Sand For Sanding Equipment”. 2001.
- 86.- ANSES, Avis de l’ Agence nationale de sécurité sanitaire de l’alimentation, de l’environnement et du travail relatif à l’état des connaissances sur la toxicité des particules et

sur les effets sanitaires associés à la pollution de l'air des enceintes ferroviaires souterraines (EFS) et à la proposition de concentrations en particules dans l'air des EFS à ne pas dépasser. Rapport d'expertise collective. Mai 2022, Saisine n° 2019-SA-0148. Maisons-Alfort.

87.- Loxham M., Nieuwenhuijsen MJ. Health effects of particulate matter air pollution in underground railway systems - a critical review of the evidence. *Particle and Fibre Toxicology*. 2019;16:12. <https://doi.org/10.1186/s12989-019-0296-2>.

88.- Martins V, Moreno T, Minguillón MC, Amato F, de Miguel E, Capdevila M, Querol X. Exposure to airborne particulate matter in the subway system. *Sci Total Environ*. 2015 Apr. 1; 511:711-22. doi: 10.1016/j.scitotenv.2014.12.013. Epub 2015 Jan 21. PMID: 25616190.

89.- Lee Y., Lee YC., Kim T., Choi JS., Park D. Sources and Characteristics of Particulate Matter in Subway Tunnels in Seoul, Korea. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2018;15:2534. doi:10.3390/ijerph15112534.

90.- Jung HJ., Kim B., Malek Md., Koo YS., Jung JH., Son YS., Kim JC., Kim HK., Ro CU. Chemical speciation of size-segregated floor dusts and airborne magnetic particles collected at underground subway stations in Seoul, Korea. *Journal of Hazardous Materials*. 2012;213-214:331-340.

91.- Aarnio P., Yli-Tuomi T., Kousa A., Makela T., Hirsikko A., Hameri K., Raisanen M., Hillamo R., Koskentalo T., Jantunen M. The concentrations and composition of and exposure to fine particles (PM 2.5) in the Helsinki subway system. *Atmos. Environ*. 2005;39:5059-5066.

92.- Smith JD, Barratt BM, Fuller GW, Kelly FJ, Loxham M, Nicolosi E, Priestman M, Tremper AH, Green DC. PM2.5 on the London Underground. *Environ Int*. 2020 Jan;134:105188. doi: 10.1016/j.envint.2019.105188. Epub 2019 Nov 28. PMID: 31787325; PMCID: PMC6902242.

93.- Seaton A., Cherrie J., Dennekamp M., Donaldson K., Hurley JF., Tran. The London underground: dust and hazards to health. *Occup. Environ. Med*. 2005;62:355-362.

94.- Chillrud SN., Epstein D., Ross JM., Sax SN., Pederson D., Spengler JD., Kin PL. Elevated airborne exposures of teenagers to manganese, chromium, and iron from steel dust and New York city's subway system. *Environ. Sci. Technol*. 2004;38:732-737.

95.- Minguillón MC, Reche C, Martins V, Amato F, de Miguel E, Capdevila M, Centelles S, Querol X, Moreno T. Aerosol sources in subway environments. *Environ Res*. 2018 Nov;167:314-328. doi: 10.1016/j.envres.2018.07.034. Epub 2018 Jul 29. PMID: 30092454.

96.- Moreno T, Querol X, Martins V, Minguillón MC, Reche C, Ku LH, Eun HR, Ahn KH, Capdevila M, de Miguel E. Formation and alteration of airborne particles in the subway environment. *Environ Sci Process Impacts*. 2017 Jan 25;19(1):59-64. doi: 10.1039/c6em00576d. PMID: 28002504.

97.- Ferreira Martins V. Air quality in subway systems: particulate matter concentrations, chemical composition, sources and personal exposure. Tesis. 2016. <http://hdl.handle.net/10803/399787>. <https://www.tdx.cat/handle/10803/399787#page=1>

98.- The European Network on Silica. <https://nepsi.eu/>

- 99.- Delva F., P. Andujar, A. Lacourt, P. Brochard, J.-C. Pairon, Facteurs de risque professionnels du cancer bronchopulmonaire. *Revue des Maladies Respiratoires*. 2016;33(6):444-459, ISSN 0761-8425, <https://doi.org/10.1016/j.rmr.2015.10.003>.
- 100.- Erren TC, Glende CB, Morfeld P, Piekarski C. Is exposure to silica associated with lung cancer in the absence of silicosis? A meta-analytical approach to an important public health question. *Int Arch Occup Environ Health*. 2009 Aug;82(8):997-1004. doi: 10.1007/s00420-008-0387-0. Epub 2008 Dec 6. PMID: 19066933.
- 101.- Síntesis de la evidencia científica relativa al riesgo de sufrir cáncer de pulmón por exposición laboral a sílice cristalina. INSST. 2014. NIPO: 272-14-021-9.
- 102.- Lopez de Munain A, Audicana C. Departamento de Salud del Gobierno Vasco. Marzo 2022. https://www.euskadi.eus/contenidos/informacion/registros_cancer/es_def/adjuntos/Cancer-CAE-2001-2020.pdf [consultado el 21/08/2022].
- 103.- REDECAN. Cáncer de pulmón en España. Estimaciones incidencia 2022. <https://redecana.org/es/publicaciones/24/cancer-de-pulmon-en-espana> [consultado 17 Abr 2023].
- 104.- Guseva Canu I, Hemmendinger M, Sauvain JJ, Suarez G, Hopf NB, Pralong JA, Ben Rayana T, Besançon S, Sakthithasan K, Jouannique V, Debatisse A. Respiratory Disease Occupational Biomonitoring Collaborative Project (ROBoCoP): A longitudinal pilot study and implementation research in the Parisian transport company. *J Occup Med Toxicol*. 2021 Jun 24;16(1):22. doi: 10.1186/s12995-021-00312-4. PMID: 34167564; PMCID: PMC8222705.
- 105.- Instituto Nacional de Silicosis. Nuevos casos de silicosis registrados en el INS durante el año 2020. Oviedo: INS. Accesible en <https://ins.astursalud.es/estadisticas>. [consultado 1 Sep 2021]. <https://ins.astursalud.es/memorias> [consultado 20 Nov 2020].
- 106.- Larrosa Moles M, Martínez-Jarreta B. Occupational cancer: A hidden reality and an awaiting challenge. *Med Clin (Barc)*. 2020 Jan 10;154(1):23-28. English, Spanish. doi: 10.1016/j.medcli.2019.08.005. Epub 2019 Nov 20. PMID: 31759690.
- 107.- NTP 101: Comunicación de riesgos en la empresa. INSST
- 108.- NTP 330: Sistema simplificado de evaluación de riesgos de accidente. INSST
- 109.- NTP 561: Sistema de gestión preventiva - Riesgos Laborales. INSST
- 110.- The European Association of Industrial Silica Producers.
- 111.- IMA, Industrial Minerals Europe.
- 112.- Health and safety executive, <https://www.hse.gov.uk/quarries/silica.htm>, [consultado 21/11/2022].
- 113.- European Chemicals Agency. <https://echa.europa.eu/fr/registry-of-clh-intentions-until-outcome/-/dislist/details/0b0236e180b9b823>, [consultado el 21/11/2022].

NORMATIVA.

Europea.

.- DIRECTIVA 98/24/CE DEL CONSEJO de 7 de abril de 1998 relativa a la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo (decimocuarta Directiva específica con arreglo al apartado 1 del artículo 16 de la Directiva 89/391/CEE).

.- Norma GM/RT2461 del Railway Group "Sanding Equipment Fitted to Multiple Units and On-track Machines", 2001.

.- Reglamento (CE) nº 1272/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008, sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas, y por el que se modifican y derogan las Directivas 67/548/CEE y 1999/45/CE y se modifica el Reglamento (CE) nº 1907/2006.

.- DIRECTIVA (UE) 2017/2398 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 12 de diciembre de 2017 por la que se modifica la Directiva 2004/37/CE.

.- ERA/ERTMS/033281 "Interfaces Between Control-Command and Signalling Trackside and Other Subsystems", 2018.

Nacional.

.- Real Decreto 863/1985, de 2 de abril, por el que se aprueba el Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera.

.- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales y sus posteriores modificaciones. Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención y sus posteriores modificaciones. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

.- Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.

.- Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.

.- Real Decreto 1299/2006 por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social y se establecen criterios para su notificación y registro. BOE núm 302 de 19/12/2006.

.- Orden ITC/2585/2007, de 30 de agosto, por la que se aprueba la Instrucción técnica complementaria 2.0.02 «Protección de los trabajadores contra el polvo, en relación con la silicosis, en las industrias extractivas», del Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera.

.- Real Decreto 257/2018 por el que se modifica el Real Decreto 1299/2006, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social y se establecen criterios para su notificación y registro. BOE núm 109 de 5/05/2018.

.- Real Decreto 1154/2020, de 22 de diciembre, por el que se modifica el Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.

.- Orden TED/723/2021, de 1 de julio, por la que se aprueba la Instrucción Técnica Complementaria 02.0.02 "Protección de los trabajadores contra el riesgo por inhalación de polvo y sílice cristalina respirables", del Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera.

.- Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición durante el trabajo a agentes cancerígenos o mutágenos. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2009. Instituto Nacional de Silicosis (INS).

.- Guía para el control del riesgo por exposición a sílice cristalina respirable. Empresas sujetas al Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera. The European Network on Silica (NEPSI).

.- UNE-EN 689:2019. Exposición en el lugar de trabajo. Medición de la exposición por inhalación de agentes químicos. Estrategia para verificar la conformidad con los valores límite de exposición profesional.

.- Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos o mutágenos en el trabajo - Año 2022.

.- Protocolo de vigilancia sanitaria específica. Silicosis. Ministerio de Sanidad 2020. NIPO: 133-20-034-2.

.- Protocolo de vigilancia sanitaria específica: Silicosis. OSALAN 2021. NIPO: 133-20-034-2.

.- Guía Técnica para la prevención del riesgo por exposición a la sílice cristalina respirable (SCR) en el ámbito laboral. Instituto Nacional de Silicosis. Departamento técnico. Oviedo, diciembre 2022. Depósito legal AS 03364-2022.

TABLAS.

Tabla I. Extracto del Anexo 1 del RD 1299/2006 Cuadro de enfermedades profesionales.

4				Enfermedades profesionales causadas por inhalación de sustancias y agentes no comprendidas en otros apartados.
	A			Polvo de sílice libre.
		01		Silicosis.
				Trabajos expuestos a la inhalación de polvo de sílice libre, y especialmente:
		01	4A0101	Trabajos en minas, túneles, canteras, galerías, obras públicas.
		02	4A0102	Tallado y pulido de rocas silíceas, trabajos de canterías.
		03	4A0103	Trabajos en seco, de trituración, tamizado y manipulación de minerales o rocas.
		04	4A0104	Fabricación de carborundo, vidrio, porcelana, loza y otros productos cerámicos, fabricación y conservación de los ladrillos refractarios a base de sílice.
		05	4A0105	Fabricación y mantenimiento de abrasivos y de polvos detergentes.
		06	4A0106	Trabajos de desmoldeo, desbardado y desarenado en las fundiciones.
		07	4A0107	Trabajos con muelas (pulido, afinado) que contengan sílice libre.
		08	4A0108	Trabajos en chorro de arena y esmeril.
		09	4A0109	Industria cerámica.
		10	4A0110	Industria siderometalúrgica.
		11	4A0111	Fabricación de refractarios.
		12	4A0112	Fabricación de abrasivos.
		13	4A0113	Industria del papel.
		14	4A0114	Fabricación de pinturas, plásticos y gomas.
	R			Polvo de sílice libre.
		01		Cáncer de pulmón.
		01	6R0101	Trabajos en minas, túneles, canteras, galerías, obras públicas.
		02	6R0102	Tallado y pulido de rocas silíceas, trabajos de canterías.
		03	6R0103	Trabajos en seco, de trituración, tamizado y manipulación de minerales o rocas.
		04	6R0104	Fabricación de carborundo, vidrio, porcelana, loza y otros productos cerámicos, fabricación y conservación de los ladrillos refractarios a base de sílice.
		05	6R0105	Fabricación y mantenimiento de abrasivos y de polvos detergentes.
		06	6R0106	Trabajos de desmoldeo, desbardado y desarenado de las fundiciones.
		07	6R0107	Trabajos con muelas (pulido, afinado) que contengan sílice libre.
		08	6R0108	Trabajos en chorro de arena y esmeril.
		09	6R0109	Industria cerámica.
		10	6R0110	Industria siderometalúrgica.
		11	6R0111	Fabricación de refractarios.
		12	6R0112	Fabricación de abrasivos.
		13	6R0113	Industria del papel.
		14	6R0114	Fabricación de pinturas, plásticos y gomas.

Tabla II Sistema de la Seguridad Social, Enfermedades Profesionales, CEPROSS, 2016-2021, por año, grupo y duración media. Nº de partes.

Año	Grupo y Duración media	Hombres			Mujeres			Total		
		Con baja	Sin baja	Total	Con baja	Sin baja	Total	Con baja	Sin baja	Total
2016	4: EEPP causadas por inhalación de sustancias y agentes no comprendidas en otros apartados: A Polvo de sílice libre.	128	169	297	2	3	5	130	172	302
	Duración media de los procesos cerrados en días.	111,95			92			111,38		
2017	4: EEPP causadas por inhalación de sustancias y agentes no comprendidas en otros apartados: A Polvo de sílice libre.	178	211	389	15	11	26	193	222	415
	Duración media de los procesos cerrados en días.	124,25			93,7			122,11		
2018	4: EEPP causadas por inhalación de sustancias y agentes no comprendidas en otros apartados: A Polvo de sílice libre.	219	128	347	13	7	20	232	135	367
	Duración media de los procesos cerrados	125,11			97,6			123,35		
	6: EEPP causadas por agentes cancerígenos. R Polvo de sílice libre	1		1				1		1
	Duración media de los procesos cerrados en días.	408						408		
2020	4: EEPP causadas por inhalación de sustancias y agentes no comprendidas en otros apartados: A Polvo de sílice libre.	207	118	325	9	5	14	216	123	339
	Duración media de los procesos cerrados	125,92			117			125,48		
	6: EEPP causadas por agentes cancerígenos. R Polvo de sílice libre	2						2		
	Duración media de los procesos cerrados en días.	218,50						218,50		
2021	4: EEPP causadas por inhalación de sustancias y agentes no comprendidas en otros apartados: A Polvo de sílice libre.	210	147	357	13	3	16	223	150	373
	Duración media de los procesos cerrados	140,40			156,80			141,36		
	6: EEPP causadas por agentes cancerígenos. R Polvo de sílice libre	2						2		2
	Duración media de los procesos cerrados en días.	163						163		

Tabla III Sistema de la Seguridad Social, Enfermedades Profesionales, CEPROSS, 2016-2021, por año, grupo y CNAE. Nº partes con baja.

Año	Grupo	CNAE (nivel de agrupación letra)	Hombres con baja	Mujeres con baja
2016	4: EEPP causadas por inhalación de sustancias y agentes no comprendidas en otros apartados. A Polvo de Sílice libre.		128	2
		B: Industria extractiva	17	
		C: Industria manufacturera	92	2
		F: Construcción	17	
		G: Comercio y reparación de vehículos	1	
	I: Hostelería.	1		
2017	4: EEPP causadas por inhalación de sustancias y agentes no comprendidas en otros apartados. A Polvo de Sílice libre.		178	15
		A: Agricultura	1	
		B: Industria extractiva	17	
		C: Industria manufacturera	139	14
		F: Construcción	17	
		G: Comercio y reparación de vehículos	1	
		H: Transporte y almacenamiento	1	
Q: Act. Sanitarias y S. Sociales	1	1		
2018	4: EEPP causadas por inhalación de sustancias y agentes no comprendidas en otros apartados. A Polvo de Sílice libre.		219	13
		B: Industria extractiva	30	
		C: Industria manufacturera	167	12
		F: Construcción	15	
		G: Comercio y reparación de vehículos	3	
		H: Transporte y almacenamiento	1	
		N: Actividades administrativas y S. Aux.	3	
		S: Otros Servicios		1
	6: EEPP causadas por agentes cancerígenos. R Polvo de Sílice libre.	Q: Act. Sanitarias y S. Sociales	1	
2020	4: EEPP causadas por inhalación de sustancias y agentes no comprendidas en otros apartados. A Polvo de Sílice libre.		216	
		B: Industria extractiva	32	
		C: Industria manufacturera	162	
		E: Suministro de agua	1	
		F: Construcción	14	
		G: Comercio y reparación de vehículos	2	
		H: Transporte y almacenamiento	0	
		N: Actividades administrativas y S. Aux.	2	
		O: Admin. pública	3	
			6: EEPP causadas por agentes cancerígenos. R Polvo de Sílice libre.	C: Industria manufacturera
		P: Educación	1	
2021	4: EEPP causadas por inhalación de sustancias y agentes no comprendidas en otros apartados. A Polvo de Sílice libre.		210	13
		A: Agricultura	2	
		B: Industria extractiva	39	1
		C: Industria manufacturera	143	12
		E: Suministro de agua		
		F: Construcción	18	
		N: Actividades administrativas y S. Aux.	6	
		O: Admin. pública	1	
	6: EEPP causadas por agentes cancerígenos. R Polvo de Sílice libre.	C: Industria manufacturera	1	

Tabla IV: Distribución temporal de los partes de enfermedad profesional por exposición a SC por sector de actividad, España 1990-2019 (14).

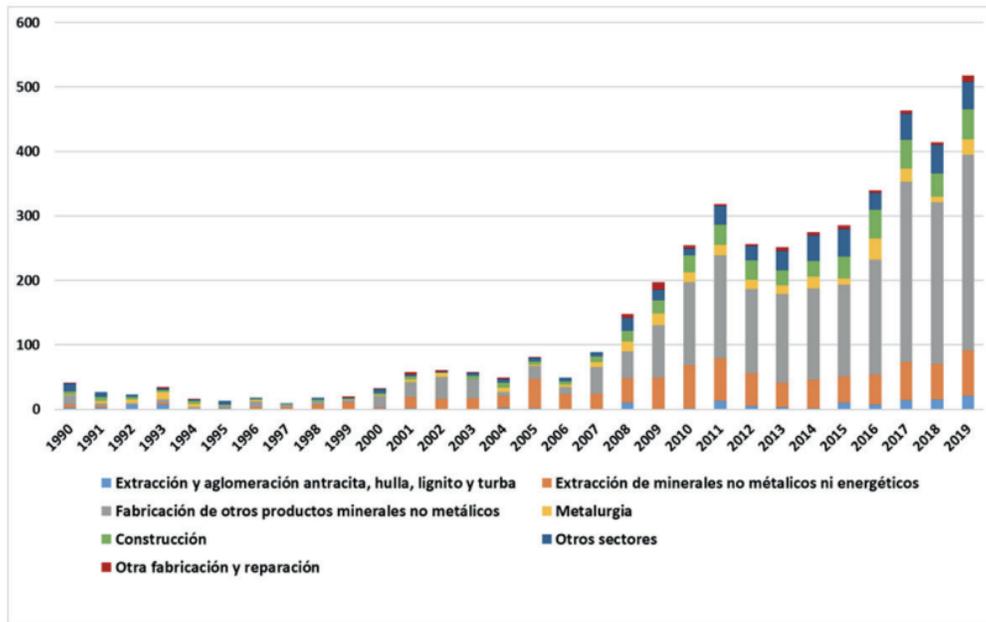


Tabla V: Distribución de los partes de enfermedad profesional por sector de actividad a 2 dígitos CNAE (n= 4.418) por orden del código CNAE, España 1990-2019 (14).

Sector actividad	Código	Partes (%)
Extracción y aglomeración de antracita, hulla, lignito y turba	CNAE 1993, código 10 CNAE 2009, código 5	139 (3,1)
Extracción de minerales no metálicos ni energéticos	CNAE 1993, código 14 CNAE 2009, código 08	819 (18,5)
Fabricación de otros productos minerales no metálicos	CNAE 1993, código 26 CNAE 2009, código 23	2.210 (50)
Metalurgia	CNAE 1993, código 27 CNAE 2009, código 24	268 (6,1)
Otra fabricación y reparación: - Fabricación de productos metálicos, excepto maquinaria y equipo - Reparación e instalación de maquinaria y equipo	CNAE 1993, código 28 CNAE 2009, código 25 CNAE 2009, código 33	82 (1,9)
Construcción	CNAE 1993, código 45 CNAE 2009, códigos 41, 42, 43	451 (10,2)
Otros sectores	CNAE 1993, 29 códigos diferentes CNAE 2009, 44 códigos diferentes	405 (9,2)
Sin código de sector	-	44 (1,0)

Tabla VI: Distribución de los partes de enfermedad profesional por sector de actividad a 2 dígitos CNAE y comunidad autónoma, España 1990-2019 (14).

Comunidades autónomas	Extracción y aglomeración antracita, hulla, lignito y turba	Extracción de minerales no metálicos ni energéticos	Fabricación de otros productos minerales no metálicos	Metalurgia	Otra fabricación y reparación	Construcción	Otros sectores ^(*) + 44 partes sin código de sector	TOTAL	%
ANDALUCÍA	5	27	303	0	6	39	76	456	10,3%
ARAGON	9	1	19	32	1	9	17	88	2,0%
ASTURIAS	25	19	13	8	2	24	13	104	2,4%
CANARIAS	0	1	40	2	0	4	7	54	1,2%
CANTABRIA	0	1	35	3	5	4	4	52	1,2%
CASTILLA-LA MANCHA	3	14	54	5	1	18	10	105	2,4%
CASTILLA Y LEÓN	95	126	316	5	1	44	30	617	14,0%
CATALUÑA	0	15	166	10	3	40	34	268	6,1%
COMUNIDAD DE MADRID	0	14	34	3	5	58	27	141	3,2%
COMUNIDAD VALENCIANA	0	35	234	5	2	21	50	347	7,9%
EXTREMADURA	0	105	32	1	0	1	10	149	3,4%
GALICIA	2	436	796	3	5	107	105	1.454	32,9%
ILLES BALEARS	0	2	29	0	1	6	6	44	1,0%
LA RIOJA	0	3	7	1	0	4	2	17	0,4%
NAVARRA	0	1	35	13	2	14	8	73	1,7%
PAIS VASCO	0	14	78	175	46	53	38	404	9,1%
REGION DE MURCIA	0	5	18	2	2	5	11	43	1,0%
CEUTA	0	0	1	0	0	0	0	1	0,0%
MELILLA	0	0	0	0	0	0	1	1	0,0%
TOTAL	139	819	2.210	268	82	451	449	4.418	100%
%	3,1%	18,5%	50%	6,1%	1,9%	10,2%	10,2%	100%	

(*) Fabricación de productos metálicos, excepto maquinaria y equipo; Reparación e instalación de maquinaria y equipo.

Tabla VII: Nuevos casos de silicosis registrados en el Instituto Nacional de silicosis (INS) en los últimos 15 años (103).

2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
115	134	165	220	256	166	164	189	174	156	145	270	219	165	234

TABLA VIII: Resultados de mediciones ajenas a nuestras instalaciones, caminando por el exterior.

RESIDENCIA	LUGAR	AGENTE AMBIENTAL	T. Exp considerado (h/día)	VLA-ED mg/m ³	Fecha Evaluación	T. muestreo (min)	Volumen de muestreo	Resultado	[] mg/m ³	LC	LD
Recorrido por Bilbao	Exterior	Silíce	8	0,05	4/7/2019	329	1,403	<LD	0,002	10	5
Barakaldo	Exterior	Silíce	8	0,05	25/11/2019	423	1,789	<LD	0,002	10	5

Imagen I: Recorrido por Bilbao

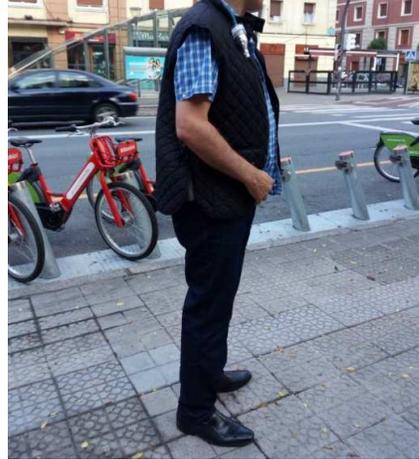


Tabla IX: Identificación y cuantificación de fases en muestras minerales a granel, Instituto Nacional de Silicosis para Metro Bilbao.

Resultados del ensayo cuantitativo

Código de muestra	Concentración de Cuarzo (%)	Concentración de Cristobalita (%)	Concentración de Tridimita (%)	Concentración de Grafito (%)
COFRES DE RESISTENCIA 14/03/22	35,3	<2,0	<2,0	<2,0
VENTANA FORMACIÓN 14/03/22	13,4	<2,0	<2,0	<2,0
CALIMA BILBAO 15/03/22	25,6	<2,0	<2,0	<2,0
GURUTZETA MB 16/03/22	2,7	<2,0	<2,0	<2,0

Tabla X: 98-SP-DC-001. Plan de prevención de riesgos laborales de Metro Bilbao.

Prologo

Metro Bilbao entiende como fundamental en su gestión el mantenimiento de una cultura preventiva a fin de garantizar la salud, la integridad y el bienestar de todas y cada una de las personas que interaccionan directa o indirectamente con las actividades que se llevan a cabo en sus instalaciones.

La Prevención de Riesgos Laborales (PRL) debe aplicarse de una manera transversal en la gestión de toda empresa como otras políticas de calidad, medioambientales o de género, por poner varios ejemplos.

Por tal motivo, el Comité de Dirección asume como una obligación propia de sus responsabilidades, el compromiso de ejercer el liderazgo en la observancia de una conducta que garantice la seguridad y la salud de todo el personal que realice su actividad dentro de Metro Bilbao.

Es deseo, intención y compromiso de este Director Gerente, trabajar por la PRL, cumpliendo la legislación y convenios vigentes y aplicando las actividades preventivas incluidas en el presente Plan.



Eneko Arruebarrena Elizondo

Director Gerente

Tabla XI: 17-JI-DC-009 Versión 11. Manual de Gestión Ética y Socialmente Responsable de Metro Bilbao.

6.1.6. Gestión de Riesgos

Los riesgos identificados en los diferentes ámbitos de la actividad de Metro Bilbao son controlados a través de los sistemas de gestión implantados que son auditados de forma anual:

- Gestión de los riesgos relacionados con la calidad del servicio y atención a clientes a través del Sistema de Gestión de Calidad y Carta de servicios.
- Gestión los riesgos ambientales a través del Sistema de Gestión Ambiental y Energético, y Gestión de Gases de efecto invernadero.
- Gestión de los riesgos laborales, a través del control por parte del Servicio de Prevención Propio.
- Aplicación de la normativa de protección de datos de carácter personal.

Imagen II: Noticias vinculadas a la posible exposición a Sílice Cristalina en Metro Bilbao han requerido de su participación.



https://www.elcorreo.com/bizkaia/metro-comienza-eliminar-20210430215614-nt.html?gig_actions=sso.login&gig_enteredFromComponent=fromLoginClick

Tabla XII: Ficha de observación de ayuda al recurso preventivo.

Ficha de Observación 21-SP-DC-007_0	
Ámbito de aplicación:	
Recogida de vertidos de arena	
Riesgo a mitigar:	
Posibilidad de exposición por inhalación al polvo de Sílice cristalina.	
Procedimiento de referencia:	
Recurso preventivo (RP):	
Lista de comprobación	
(NOTA: Cuando la verificación resulte negativa, es obligatorio rellenar el campo "Observaciones")	

Condiciones a verificar antes de iniciar la actividad			
nº	Condiciones previas	S/N	Observaciones
1	¿Se ha planificado la recogida de vertidos de arena evitando la concurrencia de actividades en el tajo, e incluso entre el tajo y la zona de salida del aire viciado?		
2	En caso de concurrencia de actividades, ¿dispone todo el personal de los EPI adecuados?		

nº	Equipamiento	S/N	Observaciones
3	¿Se encuentran aparentemente en buen estado los útiles, herramientas y maquinaria necesaria para efectuar la tarea con plenas garantías?		
3.1	. Equipo portátil aspiración.		
3.2	. Equipo portátil para humedecer la arena.		

nº	EPI	S/N	Observaciones
4	¿Dispone el personal que realiza la recogida de arena de los EPI adecuados?:		
4.1	· Guantes de desechables.		
4.2	· Máscaras / Mascarillas de protección frente a productos tóxicos (Filtro P3).		
4.3	· Gafas panorámicas contra polvo (en caso de utilizar mascarilla).		
4.4	· Buzo desechable Tipo 5.		
4.5	· Peto/buzo de alta visibilidad.		

nº	Proceso de limpieza y carga	S/N	Observaciones
5	¿Durante la limpieza, se evita levantar nubes de polvo, realizando la tarea con aspiración o vía húmeda? Evitar el barrido en la medida de lo posible.		

Ficha de Observación 21-SP-DC-007_0



6	¿Se mantiene en caso necesario, durante la recogida de vertidos de arena la ventilación de Emergencia y/o EBA según el Procedimiento 07-SP-PR-364 para trabajos de mantenimiento. que generan polvo?		
7	¿Se efectúa el transporte de la arena en recipientes herméticos debidamente señalizados, evitando cualquier manipulación directa de los mismos que pueda favorecer su dispersión?		
19-SP-PR-002 Señalización de actividades de riesgo			
			

nª	Fin de la actividad	S/N	Observaciones
8	¿Se deshacen adecuadamente de los EPI desechables?		
Comentarios: (Indicar propuestas de mejora, anomalías detectadas durante la ejecución de la actividad, aclaraciones, etc., especialmente en caso de paralizar la actividad)			

Nº	Personal Observado

Las comprobaciones durante la actividad han sido realizadas conforme a lo indicado en esta ficha por el Recurso Preventivo abajo firmante:

Nº	Recurso Preventivo	Firma y Fecha

Documentación interna de referencia:

1	07-SP-PR-364 para trabajos de mantenimiento. que generan polvo.
2	IO-350.- Norma general para la manipulación manual de cargas.
3	IO-302.- Norma general de Utilización de EPI.
4	IO-303.- Norma de utilización de ropa de alta visibilidad.

Continuación de tabla anterior.

CONTENIDO USB ADJUNTA.

 01-IN-MN-009 Extracción Bajo Andén Microsoft Edge PDF Document	 07-SP-PR-364 Arranque ventiladores durante trabajos de ... Microsoft Edge PDF Document	 11-FR-PR-006 Proceso de formación Microsoft Edge PDF Document
 15-SP-DC-007 Maternidad y Lactancia Microsoft Edge PDF Document	 16-SP-DC-032 Legislación en materia de PRL Microsoft Edge PDF Document	 16-SP-DC-039_1_MantolnsEvaluaciónRiesgoHigiénico Microsoft Edge PDF Document
 16-SP-DC-041_1_Mnto.MecanicoN eumaticoEvalRiesgoHig Microsoft Edge PDF Document	 16-SP-PR-006 Vigilancia de la salud Microsoft Edge PDF Document 434 KB	 17-JI-PR-002 Codigo etico de conducta de MB Microsoft Edge PDF Document
 17-SP-PR-004 Certificaciones Psicofísicas Microsoft Edge PDF Document	 18-LG-PR-001 Alta y Ficha de artículos Microsoft Edge PDF Document	 19-LG-PR-001 Logística para lavado de prendas de trabajo en contact... Microsoft Edge PDF Document
 19-OS-CR-009 Circular lavado de ropa Microsoft Edge PDF Document	 19-SP-PR-002 Señalización de actividades de riesgo en el ámbit... Microsoft Edge PDF Document	 20-OS-CR-001 Inicio del servicio de lavado de prendas de trabajo exp... Microsoft Edge PDF Document
 20-SP-PR-006_0 Normas para evitar frenadas de urgencia repetidas en... Microsoft Edge PDF Document	 21-SP-CR-018 Notificación a todo el personal Microsoft Edge PDF Document	 21-SP-DC-001_1 Ficha de observación Hoja de cálculo de Microsoft Excel
 21-SP-DC-007_1 Ficha de observación Hoja de cálculo de Microsoft Excel	 40 Ficha arena utilizada A GRS12CMB Microsoft Edge PDF Document	 60 Informe Osalan Sílice Cristalina, Amianto y Grafito 180328 Microsoft Edge PDF Document
 97-SP-PR-203 Normas de funcionamiento del CSS Microsoft Edge PDF Document	 98-SP-DC-001 Plan de prevención. Microsoft Edge PDF Document 6,03 MB	 99-SP-PR-314 Normas generales de utilización de productos químicos Microsoft Edge PDF Document
 Acuerdo Colaboración INSST y MB_Firmado_pag 1 de 2 Microsoft Edge PDF Document	 Acuerdo Colaboración INSST y MB_Firmado_pag 2 de 2 Microsoft Edge PDF Document	 Cartel Señalización Sílice Cristalina Microsoft Edge PDF Document 71,9 KB
 IO-302 Norma general de utilización de EPIs Microsoft Edge PDF Document	 IO-303 Norma de utilización de ropa de alta visibilidad Microsoft Edge PDF Document	 OT-11-PR-225 Gestión de los residuos Microsoft Edge PDF Document
 P-201 Elaboración de precedimientos, IO y Normas par... Microsoft Edge PDF Document	 P-204 Realización de Inspecciones de seguridad Microsoft Edge PDF Document	 P-205 Regularización de trabajos realizados por contratas Microsoft Edge PDF Document
 P-217 Evaluación de riesgos Microsoft Edge PDF Document 243 KB	 PR 0.010 CAE Microsoft Edge PDF Document 616 KB	 PR.0.011 Investigación Accidente-Incidente Microsoft Edge PDF Document
 PR_05_Anexo 4_ gestión emergencia FLUJOGRAMA Hoja de cálculo de Microsoft Exc...		