

Eficacia en la utilización de los equipos de protección respiratoria. Evaluación cuantitativa del ajuste facial en mascarillas autofiltrantes



FREMAP

Mutua de Accidentes de Trabajo y Enfermedades
Profesionales de la Seguridad Social Número 61



INDICE

1	Objeto del estudio	3
2	Consideraciones previas	5
2.1	Términos y definiciones	5
2.2	Factor de Protección vs. Factor de ajuste	6
2.3	Evaluación del ajuste: Conteo de partículas	8
2.4	OSHA 29 CFR 1910.134	10
2.5	Aplicación de la prueba de ajuste en diferentes países	11
2.6	Antropometría facial. Paneles de ensayo	13
2.7	VI Encuesta Nacional de Condiciones de Trabajo	15
3	Metodología	17
3.1	Muestra seleccionada	17
3.2	Realización de la prueba de ajuste	19
3.3	Estudio antropométrico	21
4	Análisis de datos	25
4.1	Datos generales de trabajador y empresa	25
4.2	Resultado de la encuesta	30
4.3	Pruebas de ajuste	40
4.4	Dimensiones faciales. Panel de ensayo bivariable	53
5	Conclusiones	57
6	Propuesta de buenas prácticas	61
6.1	Criterios para la selección y utilización de equipos de protección respiratoria	62
6.2	Prácticas de trabajo seguras	63
6.3	Criterios para la gestión de las mascarillas autofiltrantes	69
7	Bibliografía	75
8	Anexos	79
8.1	Anexo I. Teoría de funcionamiento del Portacount® Pro+	79
8.2	Anexo II. Métodos de prueba de ajuste	85
8.3	Anexo III. Encuesta a los trabajadores	91
8.4	Anexo IV. Certificado de calibración	93



FREMAP

Mutua de Accidentes de Trabajo y Enfermedades
Profesionales de la Seguridad Social Número 61

**Eficacia en la utilización de los equipos de protección respiratoria.
Evaluación cuantitativa del ajuste facial en mascarillas autofiltrantes**

1 Objeto del estudio

Las mascarillas autofiltrantes destinadas a proteger el sistema respiratorio de la inhalación de partículas, basan su funcionamiento de manera importante, en una buena estanqueidad entre la cara del usuario y el propio equipo de protección respiratoria.

El presente estudio, desarrollado por el Área de Prevención de Fremap, se ha centrado en la evaluación del correcto ajuste facial de las mascarillas autofiltrantes, mediante ensayos cuantitativos que permiten medir la fuga facial en tiempo real.

Un Equipo de Protección Individual de las Vías Respiratorias (en adelante EPIVR) no ofrece la protección esperada si existen fugas hacia el interior del adaptador facial. Estas pueden originarse por un deficiente ajuste con la cara, por fallos o defectos en la válvula de exhalación (si esta existe) o bien a través del propio filtro. Trabajos recientes¹⁰ indican que hasta el 50% del total de equipos de protección respiratoria utilizados, podrían no ofrecer al trabajador el nivel de protección esperado.

El estudio se ha dividido en dos etapas. La primera se desarrolló en el año 2010 y sirvió de proyecto piloto, sentando las bases y directrices del trabajo que se ha desarrollado durante el año 2011. En esta primera etapa se escogió una muestra aleatoria de 49 empresas asociadas a FREMAP, en las que se realizaron 312 ensayos de ajuste con 36 modelos de mascarillas autofiltrantes diferentes.

A la vista de los resultados obtenidos en esta experiencia inicial, se ha centrado la población diana exclusivamente en 2 actividades económicas: la fabricación de pan y productos frescos de panadería y el corte, tallado y acabado de la piedra. Se han efectuado un total de 223 ensayos en 158 empresas y 63 modelos de mascarillas autofiltrantes.

Los ensayos de ajuste se han efectuado con el dispositivo PortaCount® Pro+ modelo 8038, equipado con la tecnología N95 Companion™, que permite medir el factor de ajuste en cualquier equipo de protección respiratoria de ajuste hermético. De forma complementaria, los trabajadores que han participado en las pruebas de ajuste mencionadas, respondieron a una encuesta y se les midió cuatro dimensiones faciales.

Los objetivos que se pretenden alcanzar con este estudio son los siguientes:

- Analizar la situación actual de la utilización y eficacia de mascarillas autofiltrantes.
- Comparar el factor de ajuste entre diferentes clases de mascarillas autofiltrantes.
- Conocer si el trabajador tiene la posibilidad de utilizar en su empresa mascarillas de diferentes tallas o modelos para protegerse frente a un mismo riesgo, de tal modo que se logre un óptimo ajuste facial.
- Comprobar la formación e información que tienen los trabajadores en la colocación de las mascarillas autofiltrantes, así como si realizan personalmente alguna comprobación de ajuste.



- Observar la influencia de la antropometría humana en las pruebas de ajuste.
- Confirmar que los paneles de ensayo propuestos por la norma internacional ISO/TS 16976-2, coinciden con la muestra de trabajadores analizada.
- Estudio de los posibles factores de adaptación al usuario que pueden influir en el ajuste facial (utilización de gafas graduadas y EPIs de forma simultánea, vello facial,...).
- Estudiar la incomodidad, limitación del campo visual, resistencia a la respiración y seguridad aportada que le supone al trabajador el empleo de diferentes Equipos de Protección Respiratoria.
- Elaborar propuestas de buenas prácticas en la utilización de mascarillas autofiltrantes.

2 Consideraciones previas

2.1 Términos y definiciones

- **Adaptador facial**²⁷ → La parte de un equipo de protección respiratoria que conecta con el sistema respiratorio del usuario a otras partes del equipo y que aísla dicho sistema respiratorio de la atmósfera ambiental. Los adaptadores faciales pueden ser máscaras, mascarillas, boquillas, mascarillas autofiltrantes. Los cascos, capuces, blusas y trajes pueden servir también para este propósito.
- **Aerosol**²⁷ → Suspensión de partículas sólidas o líquidas en un medio gaseoso, con una velocidad de sedimentación despreciable.
- **Estudio del factor de protección en lugar de trabajo (WPF)**²¹ → Estudio conducido bajo las condiciones actuales de uso en el lugar de trabajo, que mide la protección provista por un respirador seleccionado de forma adecuada, ajustado, probado y funcional, cuando el respirador sea usado correctamente como parte un programa de protección respiratoria según OSHA 29 CFR 1910.134. Las mediciones de concentración en el interior y exterior del respirador se obtienen sólo mientras se usa el respirador durante el trabajo habitual (no se toma muestra cuando el respirador no se usa). A medida que aumenta el WPF, mejora la protección del respirador.
- **Factor de ajuste (FF)**²¹ → Resultado cuantitativo del ajuste de un respirador concreto a un individuo específico, siendo la razón de la concentración de una sustancia en el aire ambiental a su concentración dentro del respirador al usarse. Mide el sellado del equipo de protección respiratoria en la cara del trabajador.

$$\text{Factor de ajuste} = \text{Concentración exterior} / \text{Concentración interior}$$

Un factor de ajuste de 100 significa que el aire del interior de las mascarillas de respiración es 100 veces más limpio que el aire exterior.

- **Factor de protección asignado (FPA)**³⁰ → Nivel de protección respiratoria que, de manera realista, puede esperarse en el lugar de trabajo para un 95% de los usuarios adecuadamente formados y supervisados utilizando un equipo de protección respiratoria en buen estado de funcionamiento y ajustado correctamente. Está basado en el percentil cinco (en adelante P₅) de los datos de factor de protección en el lugar de trabajo (WPF).
- **Factor de protección nominal (FPN)**³⁰ → Número calculado a partir del porcentaje máximo de fuga total hacia el interior permitido en las normas europeas correspondientes para una clase dada de un equipo de protección respiratoria.

La relación entre el factor de protección nominal y la fuga total hacia el interior puede expresarse de la forma siguiente:

$$\text{Factor de protección nominal} = 100 / (\text{Porcentaje máximo permitido de fuga total hacia el interior})$$

- **Fuga facial²⁷** → Fuga hacia el interior de la atmósfera ambiental entre la cara y el adaptador facial, cuando se mide en el laboratorio en atmósferas específicas de ensayo. Se expresa como un porcentaje del aire total inhalado.
- **Fuga hacia el interior²⁷** → Fuga del aire ambiental hacia el interior del adaptador facial de todas las posibles fuentes excluidos los filtros del equipo, cuando se mide en el laboratorio en una atmósfera específica. Se expresa como porcentaje del aire total inhalado.
- **Fuga total hacia el interior²⁷** → Fuga del aire ambiental hacia el interior del adaptador facial proveniente de todas las posibles fuentes, incluidos los filtros o equipos, cuando se mide en el laboratorio y en una atmósfera de ensayo específica. Se expresa como porcentaje del aire total inhalado.

La fuga total hacia el interior consta de 3 componentes: fuga por el ajuste con la cara, fuga por la válvula de exhalación (si esta existe) y penetración del filtro.

- **Mascarilla autofiltrante²⁷** → Equipo de protección respiratoria fabricado total o parcialmente de material filtrante. Marcado como "FF" que denota adaptador facial autofiltrante.
- **Prueba o test de ajuste²¹** → Aplicación de un protocolo para evaluar cualitativa o cuantitativamente el ajuste de un equipo de protección respiratoria a una persona.
- **Prueba cualitativa de ajuste (QLFT)²¹** → Valoración pasa/falla del ajuste del respirador, que depende de la respuesta del individuo al agente de prueba.
- **Prueba cuantitativa de ajuste (QNFT)²¹** → Valoración del ajuste adecuado del respirador mediante la medición numérica de la fuga del respirador.
- **Ritmo de trabajo³⁰** → Carga fisiológica impuesta en un usuario particular de un equipo de protección respiratoria debido a su ritmo de trabajo. Puede ser definida en términos del ritmo máximo de consumo de oxígeno en l/min. El ritmo de consumo de oxígeno debido al ritmo de trabajo puede dividirse en categorías tales como ritmo metabólico ligero, moderado, elevado y muy elevado.

2.2 Factor de Protección vs. Factor de ajuste

La capacidad de filtración de un equipo de protección respiratoria viene determinada por el Factor de Protección Nominal (FPN), el cual indica en múltiplos del Valor Límite Ambiental (VLA) la concentración máxima de contaminante a la que puede enfrentarse el equipo.

Los factores de protección nominal para las distintas clases de mascarillas autofiltrantes que se han analizado en este trabajo son los que se indican en la siguiente tabla:

TIPO DE EQUIPO	FPN
FFP1	4
FFP2	12
FFP3	50

Diversos estudios han mostrado que el factor de protección nominal obtenido para los EPIVR durante las pruebas de laboratorio, varía al ser usado en el lugar de trabajo. Los ensayos de laboratorio no representan las actividades que se realizan en situaciones reales de trabajo; los individuos que pasan los ensayos están bien formados y familiarizados con los procedimientos de ensayo; las normas contemplan la posibilidad de no incluir a personas que no pasan el ensayo de selección inicial necesario antes de llevar a cabo el ensayo de fuga total hacia el interior.

Por esta razón, se han definido los Factores de Protección Asignado (FPA), menores que los nominales, y que provienen de mediciones en el lugar de trabajo. Un FPA de 10 significa que el tipo de equipo de protección (si se utiliza correctamente) puede ser seguro en un ambiente que tiene una concentración peligrosa de hasta 10 veces la permitida. En la siguiente tabla se exponen los valores de FPN y FPA utilizados en diferentes países³⁰ para las mascarillas autofiltrantes empleadas en este estudio. En Estados Unidos, OSHA otorga un FPA de 10 para medias máscaras.

Por lo tanto, sería más fiable utilizar los FPA para seleccionar un equipo de protección respiratoria, que los FPN.

Norma	Clase	FPN	Factores de protección asignados (FPA) usados en algunos países				
			FIN	D	I	S	UK
EN 149	FFP1	4	4	4	4	4	4
	FFP2	12	10	10	10	10	10
	FFP3	50	20	30	30	20	20

Aunque el FPN y el FPA indican el grado de protección del trabajador, el FPN se calcula en función de la fuga total hacia el interior, que se expresa según normas de referencia; mientras que el FPA se calcula de manera más real, efectuando medidas con los EPIVR en el lugar de trabajo.

Los FPA pueden considerarse un indicador fiable si se ha demostrado que existe un ajuste adecuado entre el equipo y la cara del usuario y que los trabajadores están adecuadamente formados y supervisados.

El Instituto Nacional de Normalización Estadounidense (ANSI) en su norma ANSI Z88.2-1992³ establece que "deberá obtenerse un factor de ajuste que sea por lo menos 10 veces mayor que el factor de protección asignado de un equipo de protección respiratoria de presión negativa antes de que sea entregado a un individuo".

El factor de ajuste es el resultado de una prueba de ajuste y es único para cada trabajador y equipo de protección respiratoria. Con dicha prueba se calcula la eficiencia con la que el adaptador facial es capaz de formar un sello con la cara de un individuo. Sin embargo, es conveniente recordar que los FPN o FPA no son el nivel real de protección sino más bien el nivel mínimo de protección que se espera obtener de una determinada clase de respiradores.

Los FPN y FPA solo pueden utilizarse para comparar distintos tipos de equipos de protección respiratoria. Para determinar la protección real, cada persona que pudiera utilizar el equipo tendría que realizar un ensayo debido a que la protección va ligada a cada usuario bajo circunstancias específicas y está sujeta a cambios.

Por lo tanto, una prueba de ajuste superada no garantiza que cada vez que el trabajador utilice el EPIVR se logre el ajuste deseado. Solo demuestra que el respirador seleccionado tiene el potencial de proporcionar el ajuste facial adecuado a esa persona.

2.3 Evaluación del ajuste: Conteo de partículas

En los países de la Unión Europea se tiene como referencia el anexo E de la norma UNE-EN 529: 2006³⁰, el cual indica diferentes métodos para evaluar el ajuste de medias máscaras, máscaras completas, cuartos de máscara o mascarillas autofiltrantes. En la figura 1 se visualizan los métodos referenciados por dicha norma para realizar pruebas de ajuste, definidos más detalladamente en el anexo II.

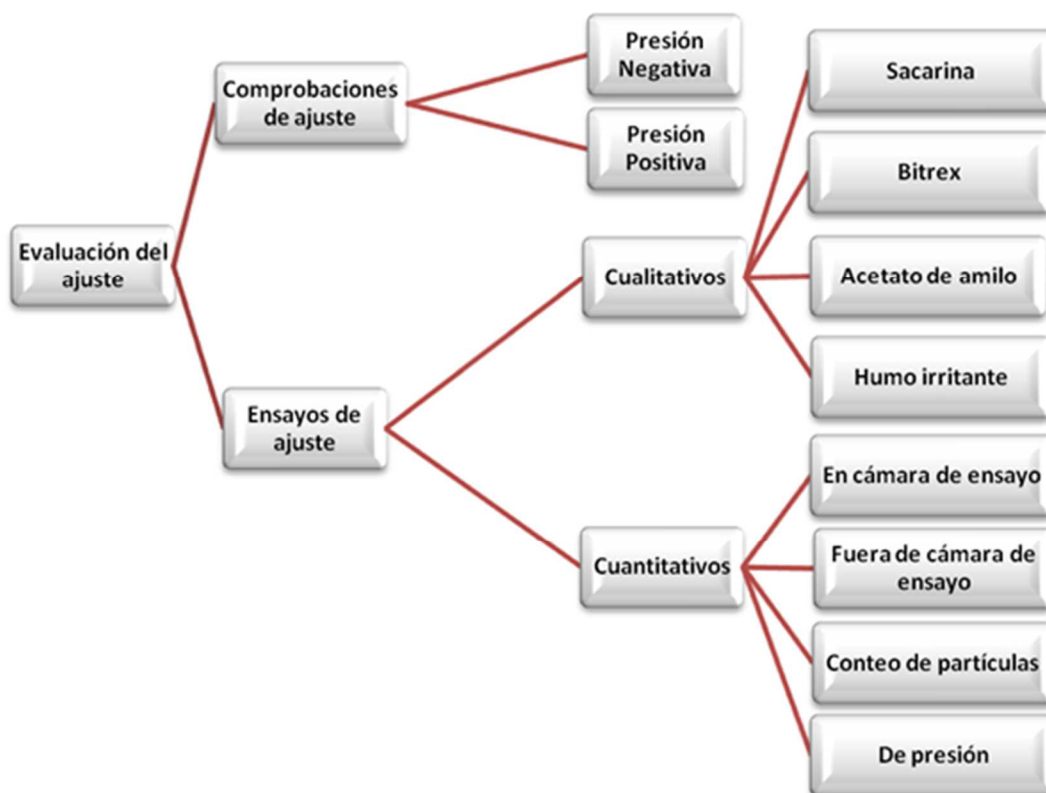


Figura 1. Evaluación del ajuste de una pieza facial de ajuste hermético.

Dado que en nuestro país, no existe ninguna reglamentación que obligue a efectuar pruebas de ajuste se ha recurrido a la norma OSHA 29 CFR 1910.134²¹, con el fin de seguir un protocolo validado por una entidad de reconocido prestigio.

El estudio se ha basado en la realización de pruebas de ajuste a mascarillas autofiltrantes de las clases FFP1, FFP2, FFP3, siguiendo el método de conteo de partículas, en el que se contabiliza el número de partículas ambientales que entran en el interior de la pieza facial y se compara con el número de partículas existentes en el exterior, mientras que el operario realiza un número de ejercicios protocolizados. Este método tiene la gran ventaja de permitir realizar los test en cualquier equipo de protección respiratoria de ajuste hermético y de este modo se puede conocer si el equipo ofrece el nivel óptimo de protección, detectando posibles fugas en el sello facial.

La OSHA, además del método de conteo de partículas también acepta los siguientes procedimientos para los ensayos de ajuste cuantitativos:

- Utilizando aerosol de prueba no peligroso (tales como aceite de maíz, polietilenglicol 400 [PEG 400], di-2-etilhexil sebacato [DMAAH], o de cloruro de sodio) generados en la cámara de ensayo
- Presión negativa controlada
- Instrumentación adecuada para medir la tasa volumétrica de fuga de una pieza facial.

Las pruebas de ajuste cuantitativas proporcionan información más exacta debido a que el resultado es independiente del sentido del olfato y gusto de la persona que esté realizando el test (respuestas subjetivas).

Seguidamente se enumeran las ventajas e inconvenientes de estas pruebas.

PRUEBAS CUALITATIVAS DE AJUSTE (QLFT)	
VENTAJAS	INCONVENIENTES
<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Económico <input type="checkbox"/> Bajo mantenimiento 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Impreciso <input type="checkbox"/> Fácil cometer errores <input type="checkbox"/> Resultados no documentados <input type="checkbox"/> Posibilidad de engaño <input type="checkbox"/> Limitado a un factor de ajuste de 100 (medias máscaras) <input type="checkbox"/> Lento
PRUEBAS CUANTITATIVAS DE AJUSTE (QNFT)	
VENTAJAS	INCONVENIENTES
<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Factor de ajuste no limitado <input type="checkbox"/> Válido para entrenar trabajadores <input type="checkbox"/> Rápido <input type="checkbox"/> Exacto <input type="checkbox"/> Copia impresa de los resultados <input type="checkbox"/> No posibilidad de engaño <input type="checkbox"/> Fácil de realizar adecuadamente 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Menos económico <input type="checkbox"/> Requiere respiradores con sonda, adaptadores específicos o inserción de una sonda de prueba manualmente en mascarillas desechables

La tabla siguiente muestra el método de ensayo de ajuste que se debería emplear en función del equipo de protección respiratoria, según Health and Safety Executive⁹ de Reino Unido.

EQUIPO PROTECCIÓN RESPIRATORIA	MÉTODOS DE ENSAYOS DE AJUSTE				
	CUANTITATIVOS			CUALITATIVOS ^D	
	CONTEO DE PARTÍCULAS	EN CÁMARA DE ENSAYO	MÉTODO DE PRESIÓN ^C	GUSTO	OLOR ^E
FFP1	SI ^A	NO	NO	SI	NO
FFP2	SI ^A	NO ^B	NO	SI	NO
FFP3	SI	SI	NO	SI	NO
Medias Máscaras	SI	SI	SI	SI	SI
Máscaras Completas	SI	SI	SI	NO	NO

^A: Puede requerir modificar el EPIVR o un dispositivo tal como el PortaCount[®] Pro⁺ con la tecnología N95 Companion[™] integrada.

^B: Método no adecuado a menos que se pueda eliminar la penetración de partículas a través del filtro.

^C: Cualquier fuga a través de la válvula de exhalación tiene que ser eliminada.

^D: El método del humo irritante no es recomendado por HSE.

^E: Solo aquellos equipos con filtro tipo A (gas/vapor).

2.4 OSHA 29 CFR 1910.134

La prueba de ajuste según la norma OSHA 29 CFR 1910.1349, forma parte de un programa de protección respiratoria que supone que el empresario debe cumplir una serie de requisitos tales como:

- Designar a un administrador del programa de protección respiratoria cualificado, con experiencia y formación necesaria para administrar, supervisar y valorar la eficacia del programa.
- Seleccionar y proporcionar un equipo de respiración apropiado (certificado por NIOSH), en función del riesgo al que el trabajador esté expuesto en el lugar de trabajo y de los factores del propio usuario que afecten al funcionamiento y la fiabilidad del EPIVR. Se seleccionará un número suficiente de equipos (con diferentes modelos y tamaños) que se ajusten correctamente al usuario.
- Garantizar un reconocimiento médico previo al trabajador para determinar si es apto para el uso del equipo de protección respiratoria.
- Acreditar que el trabajador antes de utilizar cualquier tipo de respirador ha realizado una prueba de ajuste mediante protocolos aceptados por OSHA con el mismo modelo, marca, tipo y tamaño de mascarilla que va a utilizar en el lugar de trabajo, en presencia del administrador del programa. En el caso de no superar la prueba de ajuste, al trabajador se le dará la opción de elegir una mascarilla diferente y volver a pasar la prueba de ajuste. El trabajador también deberá comprobar el sellado de la misma cada vez que utilice el equipo.
- Establecer y desarrollar procedimientos para el uso apropiado de los EPIVR. Estos procedimientos deben incluir acciones que aseguren la eficacia del equipo de forma continua.

- Proporcionar formación eficaz a aquellos trabajadores que utilicen respiradores en su puesto de trabajo. La formación debe ser anterior al comienzo de utilización del EPIVR, comprensible, y se debe repetir anualmente.
- Consultar regularmente a las personas que utilizan respiradores para que valoren la eficacia del programa e identifiquen posibles deficiencias de modo que cualquier problema detectado en dichas valoraciones sea corregido.
- Disponer de un registro documental con los resultados de las pruebas de ajuste cualitativo y cuantitativo realizadas.
- Los respiradores de ajuste hermético no podrán ser utilizados por aquellos trabajadores que cuenten con vello facial o cualquier otra condición que interfiera entre la superficie de sellado de la máscara y la cara o que interfiera con la función de la válvula. Los bigotes cortos, las patillas o la perilla no interfieren en el sellado del respirador y por lo tanto no presentan ningún riesgo, en cambio la barba presenta serios problemas de adaptación del equipo al usuario.
- Si un trabajador usa gafas graduadas u otro equipo de protección individual, el empresario deberá garantizar que los equipos que utilice no interfieran en el sellado facial.

2.5 Aplicación de la prueba de ajuste en diferentes países

Actualmente cada estado desarrolla, gestiona la protección de sus trabajadores de manera diferente, aunque todas ellas tengan un fin común: la salud.

Considerando que actualmente la normativa europea no recoge la obligación de realizar pruebas de ajuste al trabajador y siendo de obligado cumplimiento proporcionar la información y formación al empleado, se nos pueden plantear ciertas dudas, como por ejemplo:

- ¿El EPIVR seleccionado protege realmente al trabajador?
- ¿Existen en el mercado diferentes tallas en función de las dimensiones faciales?
- ¿Es obligatorio pasar una prueba de ajuste?
- ¿Cómo actúan frente al ajuste el resto de países?
- ¿Qué método de prueba de ajuste es preferible?

En los países anglosajones (EE.UU., Reino Unido, Canadá, Australia) existe obligación de realizar estas pruebas. En el intento de regular este aspecto, actualmente existe un borrador de norma ISO 16975 que próximamente puede requerir realizar estas pruebas con objeto de lograr una mayor eficacia.

En EE.UU, la norma OSHA 29 CFR 1910.134 establece el modo de realización de la prueba que se ha de realizar a todos los trabajadores, a excepción del personal de extinción de fuegos (siendo en este supuesto las normas NFPA 1500-2007 y NFPA 1404-2006 las que regulan dichas pruebas), la norma ANSI / AIHA Z88.10 2001 que hace referencia a los diferentes métodos de prueba de ajuste y la norma ANSI Z88.2 para la certificación de los equipos de protección respiratoria.

En el caso de Reino Unido la norma HSE 282/28 regula el procedimiento de realización de los test de ajuste. Actualmente el test de ajuste solo es obligatorio para trabajadores expuestos a fibras de asbestos (amianto), con revisiones periódicas anuales.

En la siguiente tabla¹⁶ se detallan de forma resumida las regulaciones que posee cada país.

País	Estándar/ Regulación	INSTITUCION	Frecuencia de la prueba de ajuste	Factor de ajuste mínimo		QLFT permitido en máscaras de presión positiva
				Mascarillas desechables	Máscaras de cara completa	
E.E. U.U.	OSHA 29CFR1910.134 Respiratory Protection Standard	Occupational Safety and Health Administration (USA)	Anual	100	500*	SI
	ANSI Z88.2-1992 Respiratory Protection with ANSI Z88.10-2001 Respirator Fit Test Methods	American National Standards Institute (USA)	Anual	100	1000*	SI
	NFPA 1500-2007 Fire Department Occupational Safety and Health Program	National Fire Protection Association (USA)	Anual	No establecido	500*	NO
	NFPA 1404-2006 Standard for a Fire Department Self- Contained Breathing Apparatus Program	National Fire Protection Association (USA)	Anual	Refers to NFPA 1500	Refers to NFPA 1500	NO
Canadá	CSA Z94.4-02 Selection, Use, and Care of Respirators	Canadian Standards Association (Canada)	bianual	100	1000*	Solo media máscara
Reino Unido	HSE 282/28 Fit Testing of Respiratory Protective Equipment Used for Controlling Exposure to Asbestos Fibres	Health and Safety Executive (UK)	Anual	100	2000*	Solo media máscara
Australia	AS/NZS 1715:1994 Selection, use and maintenance of respiratory protective devices	Standards Australia	Anual	100	500 w/P2* 1000 w/P3*	SI
UNIÓN EUROPEA	EN529:2005 Respiratory protective devices - Recommendations for selection, use, care and maintenance - Guidance document	European Committee For Standardization Comité Européen De Normalisation Europäisches Komitee Für Normung Management Centre: rue de Stassart, 36 B-1050 Brussels	No establecido			

* Pruebas de ajuste cuantitativas requeridas (no válidas cualitativas ya que factor de ajuste excede de 100).

2.6 Antropometría facial. Paneles de ensayo

El R.D. 1407/1992, por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual, considera los aspectos ergonómicos de los EPI como fundamentales. Sin embargo no es frecuente el establecimiento de criterios o procedimientos que permitan objetivar la ergonomía que ofrece el EPI, obviando de esta manera al usuario potencial del equipo.

Las dimensiones antropométricas de los usuarios no son uniformes ni siquiera dentro de los grupos de población homogéneos. Esto se debe al tipo de nutrición, herencia genética, edad, género, etnia, actividad física que desarrolla, etc. Se requiere el conocimiento en profundidad de los rangos en los que se mueven cada una de las medidas antropométricas de la población, con el fin de conseguir un diseño y ajuste facial adecuado de los equipos de protección respiratoria.

La gran mayoría de las dimensiones del cuerpo humano se distribuyen según la campana de Gauss y el tratamiento estadístico de los datos se aproxima a una distribución normal. Con el fin de evitar posibles sesgos en ciertas dimensiones, en estadística antropométrica se trabaja con percentiles P_5 , P_{50} y P_{95} .

Un aspecto a destacar es que no existe una persona que aúne todas las dimensiones antropométricas medias, es decir, la coincidencia de una de las dimensiones con la media de la población no implica que otras dimensiones vayan a ser coincidentes con las medias respectivas. Por lo tanto, cada dimensión debe ser analizada de manera individual.

Recientemente, en marzo de 2010, ha sido publicada la norma UNE-EN ISO 7250-1³⁴ "Dimensiones de las medidas básicas del cuerpo humano para el diseño tecnológico", que sustituye a la UNE-EN ISO 7250:1996, cuya gestación duró más de 25 años. En dicha norma se desarrolla una metodología para la obtención de datos antropométricos, sirve como base para la comparación de grupos de población e incluye definiciones de las medidas del cuerpo y dimensiones a medir.

El primer trabajo realizado en España ha sido el proyecto nacional INSHT/PN 543¹⁶, basado en la norma UNE-EN ISO 7250:1996 y orientado al diseño de máquinas, equipos y puestos de trabajo en general. Utiliza 7 dimensiones antropométricas relacionadas con la cabeza, en una muestra de población activa de 1.130 hombres y 593 mujeres procedentes de 8 Comunidades Autónomas.

Posteriormente, en junio de 2010, se publica la norma internacional ISO/TS 16976-2, que relaciona las dimensiones antropométricas con los equipos de protección respiratoria. En dicha norma, se aporta información sobre:

- Métodos de medición antropométricos
- Los resultados del estudio de la población norteamericana, que recoge las dimensiones antropométricas de cabeza, cara, torso y cuello
- Modelos de forma de cabeza
- Paneles de ensayo en personas

Los paneles de ensayo tienen como finalidad representar la población activa, mediante la selección de un número determinado de individuos que representan la población mundial trabajadora.

Existen dos paneles de referencia:

- Panel que analiza las componentes principales (PCA).
- Panel bivariable, utilizado en el estudio, donde se representa la anchura de la cara (eje X) y la longitud de la misma (eje Y).

En este panel el límite para la longitud de la cara es de 98,5 a 138,5 mm y para la anchura de 120,5 a 158,5 mm. Las celdas representadas corresponden a la distribución uniforme de la población.

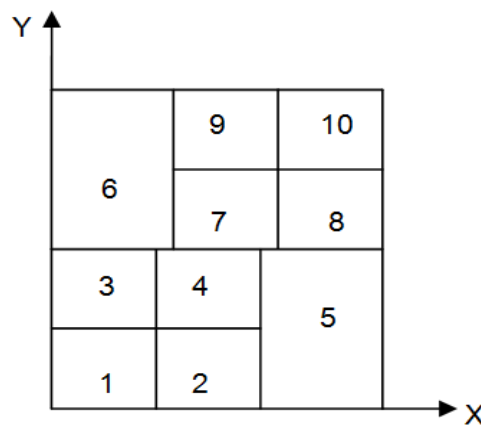


Figura 2. Representación del panel de ensayos bivariable propuesto en la norma ISO/TS 16976-2

Una de las aplicaciones del panel de ensayo bivariable es establecer las dimensiones antropométricas de los sujetos participantes en pruebas de certificación de equipos de protección respiratoria. En la siguiente tabla se relacionan a modo de ejemplo las tallas con las celdas del panel.

Tallas	Descripción
Pequeña	Celdas de la 1 a la 4
Mediana	Celdas de la 4 a la 7
Grande	Celdas de la 6 a la 10

2.7 VI Encuesta Nacional de Condiciones de Trabajo

En la VI Encuesta Nacional de Condiciones de Trabajo del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo¹⁴, en el apartado de Equipos de Protección Individual (EPI), se pone de manifiesto que un 34,2% de trabajadores indica que está obligado a utilizar EPIs, ocupando las máscaras o mascarillas el cuarto lugar en orden creciente de uso de EPIs en nuestro país (guantes, calzado y casco, ocupan los tres primeros puestos). Los trabajadores que hacen uso de máscaras y mascarillas representan un 26,7% del total de los trabajadores que utilizan algún tipo de protección personal, lo que supone que un 9,13% de la población activa ocupada en España utiliza máscaras o mascarillas.

Respecto al riesgo de inhalación de polvos, humos, aerosoles, gases o vapores nocivos o tóxicos (excluido el humo del tabaco), el 21% de los encuestados muestran que en su puesto de trabajo respiran alguno de estos productos. Esta forma de exposición es más frecuente en los hombres (27,4%) que en las mujeres (11,7%). El 27,8% de las personas que están expuestas a dichos contaminantes tienen que utilizar obligatoriamente máscaras o mascarillas. Por lo tanto, el 5,83% de los trabajadores están obligados a utilizar máscaras o mascarillas en su puesto de trabajo para protegerse del riesgo de inhalación.

La posible exposición de los trabajadores a los contaminantes químicos, en gran medida, viene dada por la utilización directa de productos químicos en su puesto de trabajo. Siguiendo la información recopilada por la encuesta, ésta refleja que el 17,6% de los trabajadores manipulan sustancias o preparados nocivos o tóxicos en su puesto de trabajo, siendo la máscara o mascarilla el EPI obligatorio para el 28,74% del colectivo. En consecuencia, el 5,05% del total de los trabajadores que manipulan sustancias o preparados nocivos o tóxicos están obligados a utilizar máscaras o mascarillas.



FREMAP

Mutua de Accidentes de Trabajo y Enfermedades
Profesionales de la Seguridad Social Número 61

**Eficacia en la utilización de los equipos de protección respiratoria.
Evaluación cuantitativa del ajuste facial en mascarillas autofiltrantes**

3 Metodología

3.1 Muestra seleccionada

Se ha seleccionado una muestra en la que se incluyen todas aquellas empresas asociadas a Fremap con 5 ó más trabajadores, ubicadas en la Península Ibérica y encuadradas en las siguientes actividades económicas:

CNAE - 2009	Descripción
10.7	Fabricación de productos de panadería y pastas alimenticias
23.7	Corte, tallado y acabado de la piedra

Las actividades económicas seleccionadas se han escogido considerando los siguientes aspectos:

- La existencia de procesos con presencia de polvo, que son susceptibles de causar enfermedades profesionales (asma de la harina y silicosis), facilitando de esta manera encontrar puestos que utilicen mascarillas autofiltrantes
- La posibilidad de encontrar entre la población objeto de estudio a un colectivo de trabajadoras representativo (CNAE 10.7).

El objeto de este estudio es realizar ensayos de ajuste en trabajadores usuarios de mascarillas autofiltrantes. Para ello, se han visitado 158 de las 812 empresas que cumplen estas condiciones de selección, efectuándose un total de 223 pruebas en 63 modelos de mascarillas autofiltrantes diferentes.

En el corte, tallado y acabado de la piedra se utilizan equipos de protección individual de las vías respiratorias (EPIVR) en el 88% de las empresas, mientras que en la actividad de alimentación solo se usa en el 30%, independientemente de la concentración del polvo de harina presente en el ambiente.

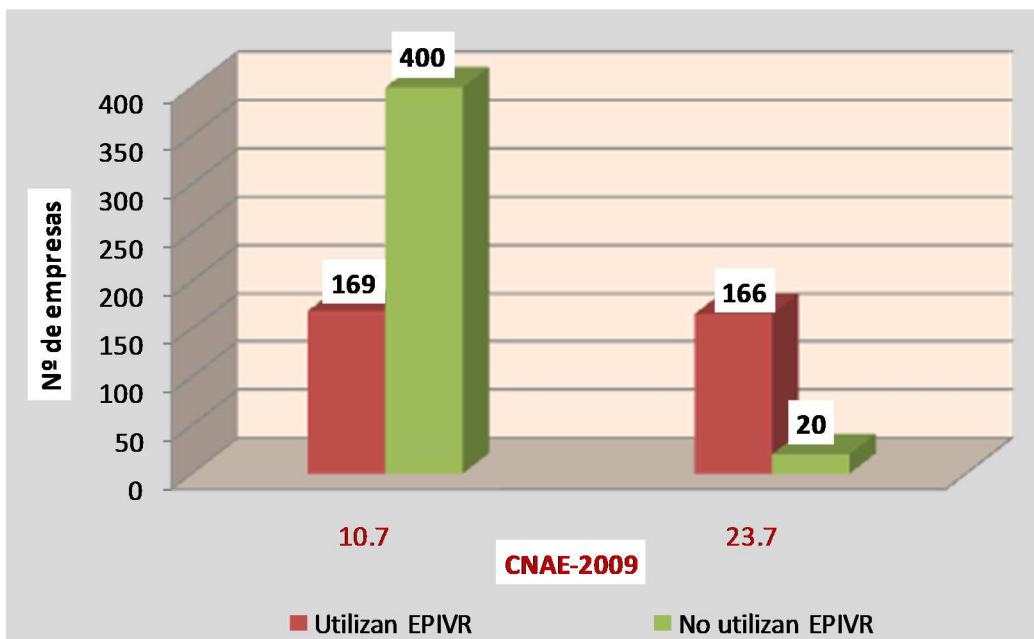


Gráfico 1. Distribución de la muestra de empresas seleccionadas según CNAE-2009

El gráfico siguiente muestra la distribución por CNAE de las pruebas de ajuste realizadas, el número de trabajadores que requieren EPIVR en las empresas visitadas y el total de la plantilla en éstas.

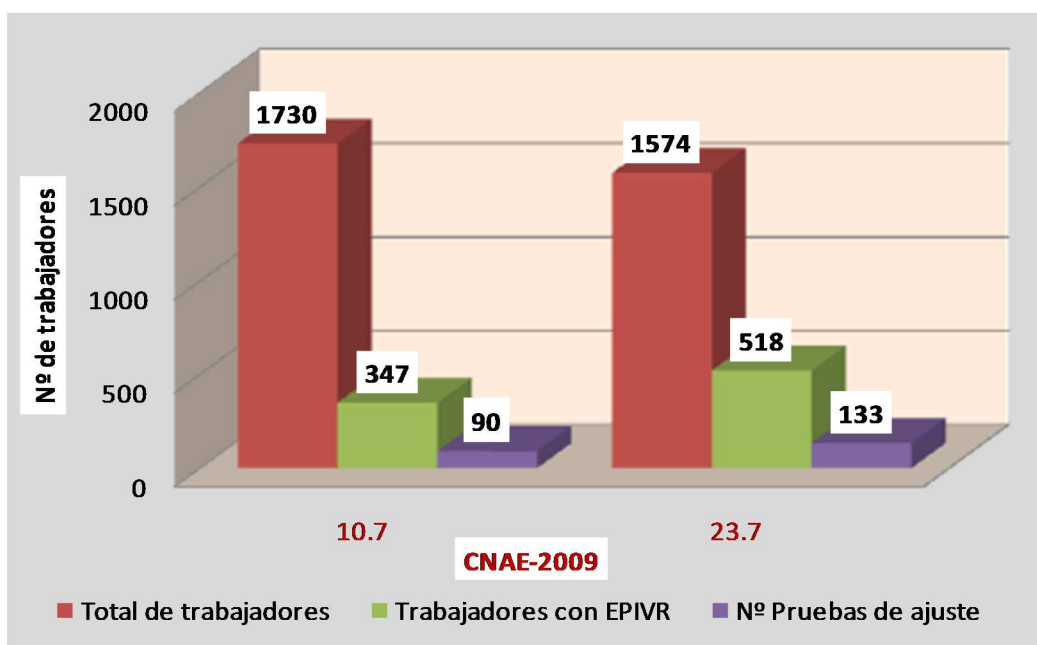


Gráfico 2. Distribución de los trabajadores en las empresas participantes según CNAE-2009

El 26% de las personas que utilizan mascarillas autofiltrantes en las empresas visitadas, efectuaron la prueba de ajuste.

3.2 Realización de la prueba de ajuste

Para realizar las pruebas cuantitativas de ajuste, se tomó como referencia el Apéndice A de la norma de protección respiratoria OSHA 29 CFR 1910.134²¹ y las indicaciones recogidas en el manual de funcionamiento y revisión PortaCount® Pro+ Modelo 8038²⁴, con excepción de los requerimientos generales que afectan al trabajador, que se describen a continuación:

- Mostrar la presentación, colocación y ajuste de las cintas del respirador.
- Elegir el respirador que se desea usar entre una variedad de modelos y tamaños.
- Verificar el ajuste frente a un espejo
- Formación previa sobre las técnicas adecuadas de colocación de mascarillas

Todas las pruebas de ajuste fueron realizadas con mascarillas autofiltrantes, para lo cual se precisa obtener una muestra de aire del interior de la misma mediante la inserción de una sonda de prueba. El punto de muestreo debe estar en la “zona de respiración” del usuario, en la mayor parte de mascarillas esta zona se encuentra en el centro, entre la nariz y la boca de la persona. En el caso de las mascarillas planas o plegadas, conocidas como “*pico de pato*”, la sonda se coloca cerca del borde exterior del panel inferior, donde la barbilla de la persona no pueda bloquearla. Para las mascarillas de respiración con válvulas de exhalación montadas en el centro, la sonda se coloca a la derecha o a la izquierda de la válvula y no por encima o por debajo, ya que la nariz o la barbilla de la persona podrían tapar la sonda.

Para efectuar dichas pruebas se exige una sala con suministro eléctrico y aire limpio, preferiblemente con un tamaño de 15 m² aproximadamente, con el objeto de tener un número de partículas suficientes en el aire ambiente.

Se comienza informando al trabajador sobre la metodología a seguir y se le consulta si no ha fumado en los 30 minutos anteriores. A continuación, el trabajador se coloca la mascarilla y durante la prueba no se permite un reajuste. En cuanto a la mascarilla que se emplean en el ensayo, no se discrimina si es nueva o usada.

A cada trabajador se le hizo una encuesta (Anexo III), mediante un cuestionario elaborado al efecto, para poder explotar datos que aporten más información sobre la selección, uso y cuidado de los equipos de protección respiratoria utilizados.

El protocolo OSHA 29 CFR 1910.134, que se aplicó en todas las pruebas de ajuste, empieza con una secuencia de prueba programada previamente, que realiza un muestreo alternativo del aire interior y exterior del respirador. Todos los ejercicios incluyen una primera muestra del aire exterior, una del interior del respirador y por último, otra del aire exterior.

La persona sigue los ejercicios relacionados en la siguiente tabla, según un orden preestablecido y fijados por el propio equipo. La duración de cada ejercicio es de 60 segundos, excepto el ejercicio de muecas que dura 15 segundos.

Nº	NOMBRE DEL EJERCICIO	DESCRIPCIÓN
1	Respiración normal	Permaneciendo quieto, se respira de forma normal.
2	Respiración profunda	Se realizan respiraciones profundas y largas como si se estuviera haciendo un gran esfuerzo.
3	Cabeza a un lado y a otro	Mientras se respira normal, se gira la cabeza de un lado a otro de tal modo que se estiren lo suficiente los músculos del cuello. Los ciclos de derecha a izquierda durarán varios segundos, además de dejar pasar unos segundos a cada lado para inspirar.
4	Cabeza arriba y abajo	Respiración normal mientras se alterna entre miradas al techo y el suelo. Los ciclos durarán algunos segundos.
5	Hablar en voz alta	Leer un párrafo preparado o contar en voz alta para simular el lugar de trabajo.
6	Muecas	Se crea una fuga en el sello facial mediante una sonrisa o frunciendo el ceño. El estándar OSHA permite excluir dicho factor de ajuste al calcular el factor de ajuste global. Al realizar las muecas, se descompone de forma intencionada el sello facial para comprobar si la mascarilla vuelve a sellarse a continuación. La duración de este ejercicio es de 15 seg. y en el presente estudio se ha excluido para el cálculo del factor de ajuste global.
7	Inclinarse y tocarse los dedos del pie	Inclinación de la cintura como si se estuviera tocando los dedos de los pies mientras la respiración es normal.
8	Respiración normal	Permaneciendo quieto, se respira de forma normal.

El objetivo más importante de una prueba de ajuste es conocer el factor de ajuste global⁵. Es posible superar satisfactoriamente este factor aunque en algún ejercicio no se haya superado.

El factor de ajuste global es una media ponderada en relación a la cantidad de contaminantes existentes en el aire que una persona puede inhalar si estuviera en el lugar de trabajo. Por ejemplo, si se realizan 2 ejercicios de respiración, en el primero se obtiene un factor de ajuste de 100 y en el segundo 1000, el resultado no será 550, sino 180, que se obtiene de aplicar la siguiente fórmula:

$$FF_{\text{global}} = N / [(1/FF_1) + (1/FF_2) + (1/FF_3) + \dots + (1/FF_{n-1}) + (1/FF_n)]$$

donde:

- FF_n = factor de ajuste del ciclo de prueba;
- N = número de ciclos de prueba (ejercicios).

El factor de ajuste mínimo para superar la prueba de ajuste es 100, coincidiendo dicho valor en la normativa americana (OSHA) y en la británica (HSE) siempre que se utilice un dispositivo con la tecnología N95 Companion™.

ANSI Z88.2 establece que el factor de ajuste por lo menos tiene que ser 10 veces mayor que el factor de protección asignado (FPA), aunque el valor mínimo permitido también es de 100. Asimismo, otras normativas regulan que debe ser 100 dicho valor, tales como AS/NZS 1715:1994 (Australia) o CSA Z94.2-02 (Canadá).

EQUIPO DE PROTECCIÓN RESPIRATORIA		
Normativa	OSHA 29 CFR 1910.134	HSE 282/28
FFP1	100	100 ^A
FFP2	100	100 ^B
FFP3	100	100
Medias Máscaras	100	100
Máscaras Completas	500	2000

^A: Se aplica un factor de ajuste de 25 si TSI Portacount no dispone de la tecnología N95 CompanionTM integrada.

^B: FFP1 solo puede ser testeada con el dispositivo PortaCount[®] Pro⁺ o la tecnología N95 CompanionTM.

Existe una diferencia importante²⁰ entre HSE (Reino Unido) y OSHA (USA). Mientras que HSE exige que se supere cada uno de los ejercicios de ajuste y la cifra global, OSHA solo exige superar la cifra global.

Una de las propuestas de la AIHA (*American Industrial Hygiene Association*)² en su publicación de 2009, sugiere la reducción del factor de ajuste a 50. Argumenta que, si bien el factor de ajuste de 100 no está bien documentado, uno de 50 con un factor de protección asignado de 10 sería suficiente para proteger al trabajador.

3.3 Estudio antropométrico

Antes de comenzar cualquier estudio antropométrico se deberían conocer los siguientes datos:

- 1) Población objeto del estudio
- 2) Procedimiento de medida
- 3) Instrumentos de medida

3.3.1 Población objeto de estudio

El uso de los datos está destinado a conocer la influencia que tiene en el factor de ajuste las dimensiones faciales analizadas. En ningún caso se pretende efectuar un estudio con carácter antropológico.

En España se dispone de datos de la población afiliada por cuenta ajena al sistema de la Seguridad Social a través del *anuario de estadísticas publicado por el Ministerio de Empleo y Seguridad Social*⁴. Esta población, de acuerdo con la información recogida en el año 2010, está distribuida según la siguiente tabla.

División Actividad	Género	Anuario Ministerio Empleo y Seguridad Social (%)	Empresas asociadas a Fremap (%)	Estudio I+D+i (%)
10	Varones	59,3	60,79	77,8
	Mujeres	40,7	39,21	22,2
23	Varones	85,0	85,54	97,7
	Mujeres	15,0	14,46	2,3

La población objeto de la investigación predomina el género masculino en una proporción superior a las empresas de la misma división económica españolas y asociadas a FREMAP.

Al igual que la última encuesta antropométrica de los usuarios de EPIs respiratorios en los EE.UU¹¹ y diversas publicaciones científicas, el análisis de los datos se ha estructurado según los siguientes grupos de edad. Se obtuvieron los datos según el género del total de trabajadores afiliados a la Seguridad Social en el Régimen General y Minería de Carbón.

Tramos de edad	Anuario Ministerio Empleo y Seguridad Social 2010 (%)		Empresas asociadas a Fremap (%)		Estudio I+D+i Fremap (%)	
	Varones	Mujeres	Varones	Mujeres	Varones	Mujeres
De 16 a 29	18,7	21,5	20,4	23,1	16,0	26,1
De 30 a 44	46,4	47,4	46,8	49,1	60,5	43,5
De 45 a 65	34,9	31,1	32,8	27,8	23,5	30,4

En cuanto a las razas o etnias, se ha diferenciado la nacionalidad española del resto de población extranjera que se encuentra afiliada a la Seguridad Social, sin discriminar régimen.

División Actividad	Anuario Ministerio Empleo y Seguridad Social 2010 (%)		Empresas asociadas a Fremap (%)		Estudio I+D+i (%)	
	Extranjeros	Espanoles	Extranjeros	Espanoles	Extranjeros	Espanoles
10	12,7	87,3	11,6	88,4	23,3	76,7
23	5,8	94,2	5,0	95,0	4,5	95,5

En lo que se refiere a la procedencia geográfica, en la figura 3 se muestra su distribución territorial.

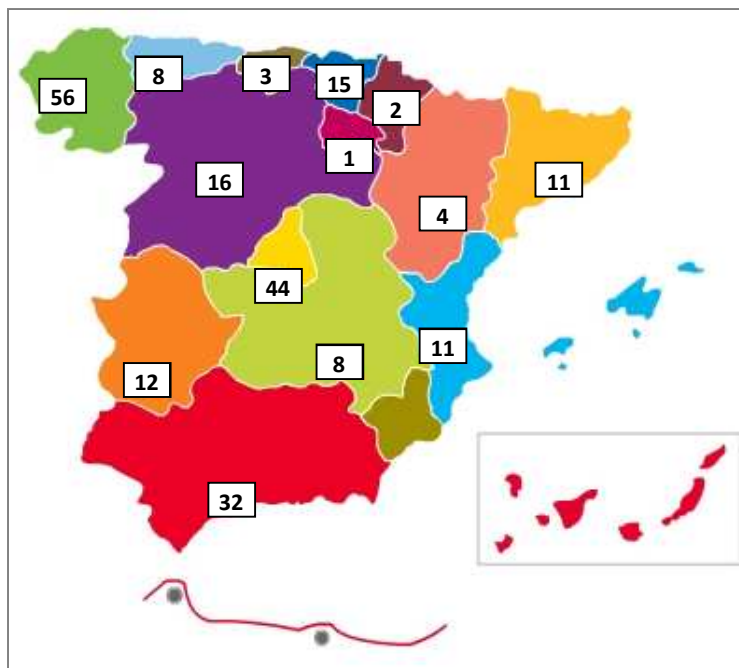
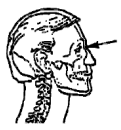

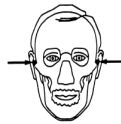

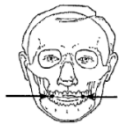


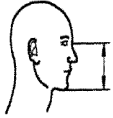



Figura 3. Distribución geográfica de las personas a las que se les midió la cara

3.3.2 Procedimiento de medición

El método de medición nos identifica los puntos de referencia que se deben tener en cuenta al efectuar las mediciones, la tabla siguiente describe los puntos que han sido necesarios identificar.

Descripción	Definición	Imagen
Nasión	Punto más profundo de la depresión de la raíz nasal. Representa la unión de la cara con el cráneo.	
Mentón	Punto inferior del extremo de la barbilla, situado en el plano sagital medial.	
Zigión derecho e izquierdo	El punto más lateral del arco cigomático (arco óseo compuesto por la apófisis cigomática del hueso temporal y la apófisis temporal del hueso cigomático)	
Pronasal	Punto más prominente de la nariz en el plano medio sagital. Identificable en posición lateral.	
Cheilión derecho e izquierdo	Punto extremo de cada una de las comisuras labiales.	

Las dimensiones faciales que se han contemplado en este estudio son las reflejadas en varias normas UNE tales como, UNE-EN 140:1999, UNE-EN 13274-1:2001, UNE-EN 149:2001+A1 y UNE-EN 405:2002+A1, en las cuales solo se indica que en el ensayo de fuga hacia el interior total se deben anotar 4 dimensiones faciales.

Descripción	Definición	Imagen
Longitud de la cara	Distancia en el plano sagital medial medio entre el nasión y el mentón. El sujeto mantiene la boca cerrada y la cabeza orientada según el plano de Frankfurt.	
Anchura de la cara (diámetro bicigomático)	Distancia entre los puntos laterales más salientes de los arcos cigomáticos (zigión), perpendicular al plano medio.	
Profundidad de la cara	Es la distancia horizontal entre el punto pronasal y la articulación maxiltemporal.	
Anchura de la boca	Distancia en línea recta entre los puntos de referencia cheilón derecho e izquierdo, situados en las esquinas de la boca, con la boca cerrada y los músculos faciales relajados.	

3.3.3 Instrumentación de medida

El equipo de medida utilizado ha sido un compás de espesores con divisiones de 1mm y terminado en puntas romas. Se usa para la medición de la anchura y espesor de segmentos del cuerpo, además de la distancia entre marcas señaladas.

4 Análisis de datos

Los datos obtenidos en este estudio se plasman a través de tablas y gráficos con el fin de poder visualizar de una manera rápida e intuitiva los resultados más destacados.

4.1 Datos generales de trabajador y empresa

4.1.1 Tamaño de empresa (CCC)

Nº de Trabajadores	Nº de empresas
De 5 a 9	64
De 10 a 49	84
De 50 a 249	10

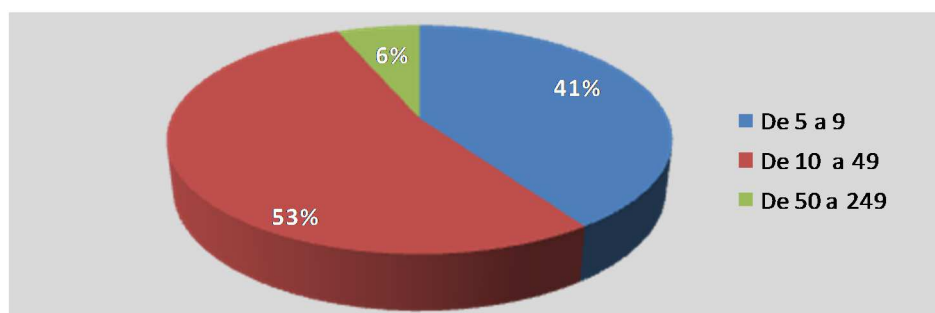


Gráfico 3. Distribución de la muestra de empresas según tamaño de plantilla

4.1.2 Género

Las actividades económicas de las empresas que han participado en el estudio ha condicionado la composición de plantillas y usuarios de EPIVR.

Género	Nº de pruebas de ajuste
Hombre	200
Mujer	23

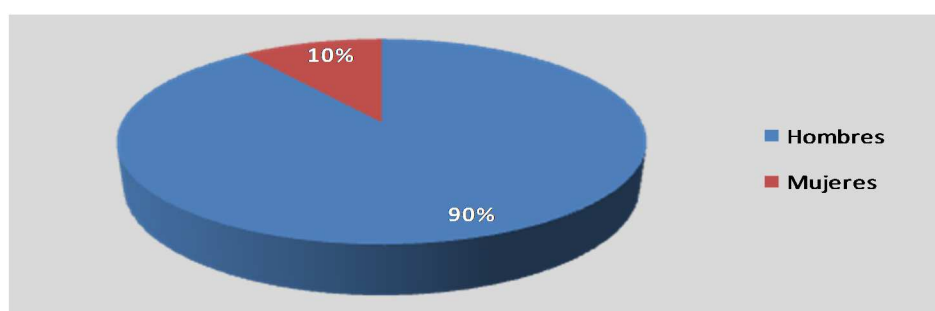


Gráfico 4. Distribución de la muestra de pruebas de ajuste efectuadas según el género

4.1.3 Antigüedad en la empresa

Antigüedad en la empresa	Nº de personas
De 0 a 5 meses	11
De 6 a 11 meses	11
De 1 a 4 años	48
De 5 a 9 años	53
De 10 a 24 años	79
De 25 a 50 años	21

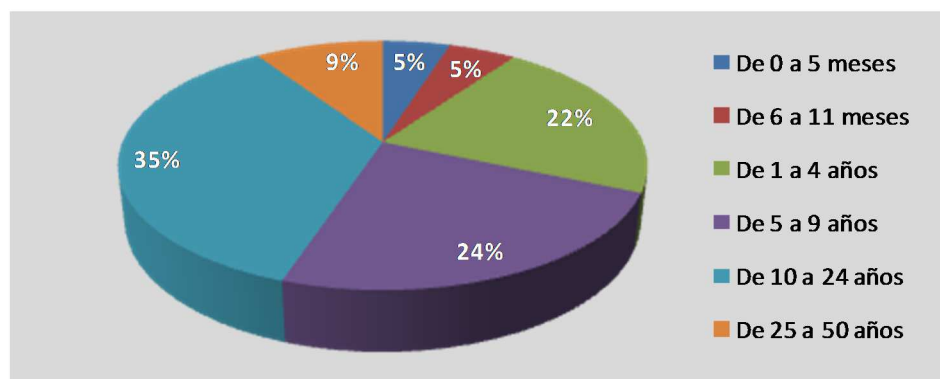


Gráfico 5. Distribución de la muestra según la antigüedad en la empresa

4.1.4 Antigüedad utilizando equipos de protección respiratoria

Antigüedad utilizando protección respiratoria	Nº de personas
De 0 a 5 meses	12
De 6 a 11 meses	10
De 1 a 4 años	60
De 5 a 9 años	64
De 10 a 24 años	68
De 25 a 50 años	9

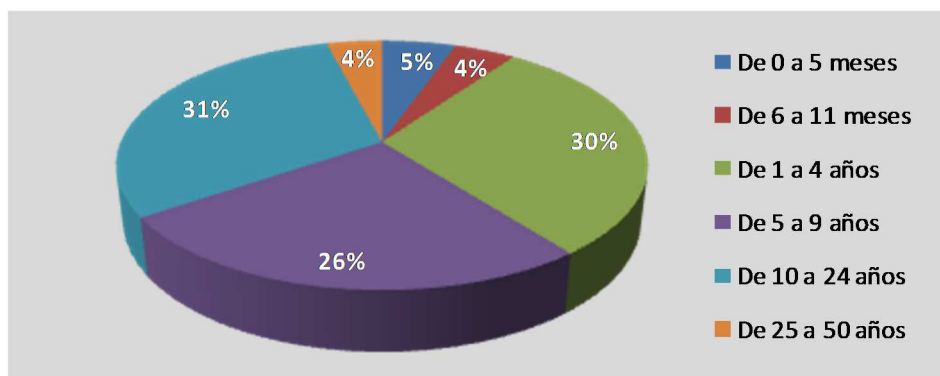


Gráfico 6. Distribución de la muestra según la antigüedad utilizando mascarillas autofiltrantes

4.1.5 Metabolismo energético y requerimientos del puesto

El gasto energético en los diferentes puestos de trabajo en los que es necesaria la utilización de mascarillas autofiltrantes se ha basado en la NTP 323¹⁵, "Determinación del metabolismo energético":

Metabolismo energético	Nº de personas
Ligero	27
Moderado	166
Elevado	30

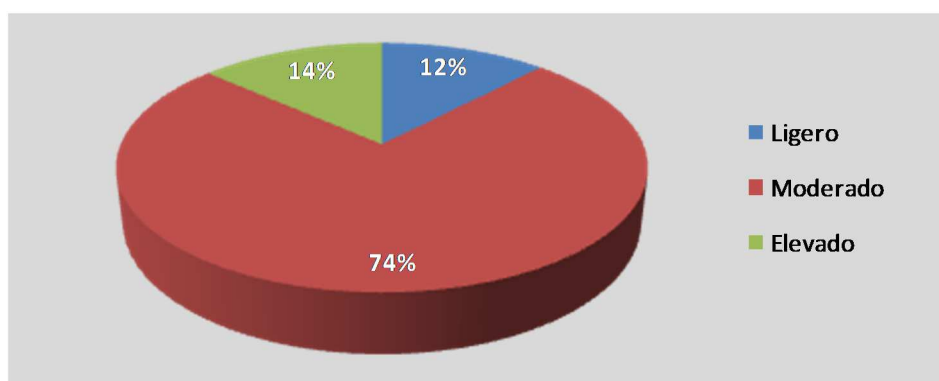


Gráfico 7. Distribución de la muestra por metabolismo energético en función del puesto de trabajo

Requerimientos posturales del puesto	CNAE 10.7	CNAE 23.7
Flexión cervical pronunciada y flexión de tronco	32	84
Flexión cervical pronunciada	9	7
Flexión de tronco	19	15
Sin necesidad de flexión cervical y de tronco	30	27

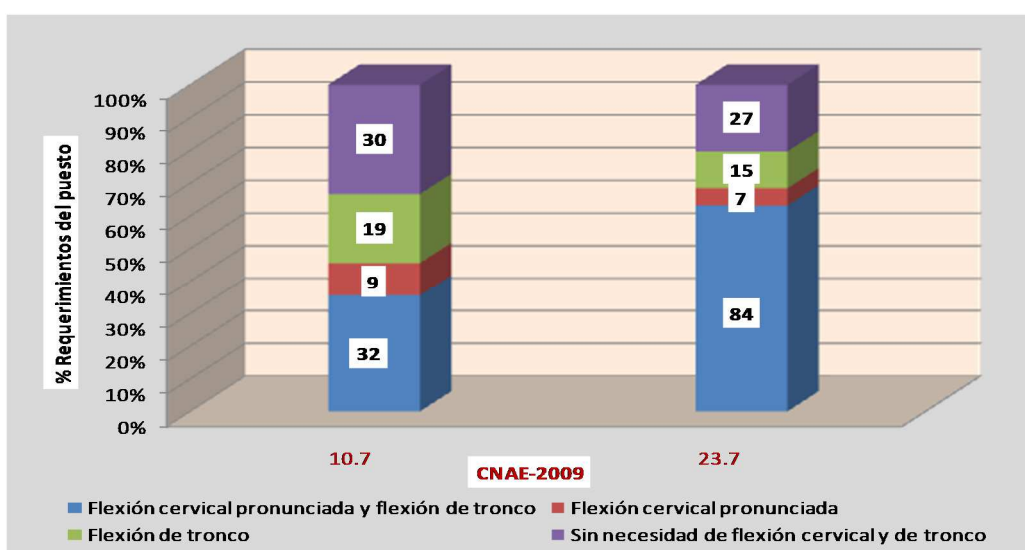


Gráfico 8. Distribución de los requerimientos posturales del puesto en función del CNAE-2009

4.1.6 Modalidad de organización preventiva

Todas las empresas visitadas disponen de servicio de prevención ajeno a excepción de una, que cuenta con servicio de prevención mancomunado.

4.1.7 Fabricantes de equipos de protección respiratoria

Se ha representado las siete marcas más habituales en las empresas (se han efectuado pruebas de ajuste con mascarillas de 26 fabricantes diferentes) discriminando aquellas marcas con menos de 10 pruebas de ajuste realizadas.

Fabricante	FFP1	FFP2	FFP3
Marca 1	37	7	4
Marca 2	6	6	7
Marca 3	8	7	3
Marca 4	10	6	5
Marca 5	2	8	2
Marca 6	1	2	7
Marca 7	0	3	26
Otros (19 marcas)	9	15	32
Total	83	54	86

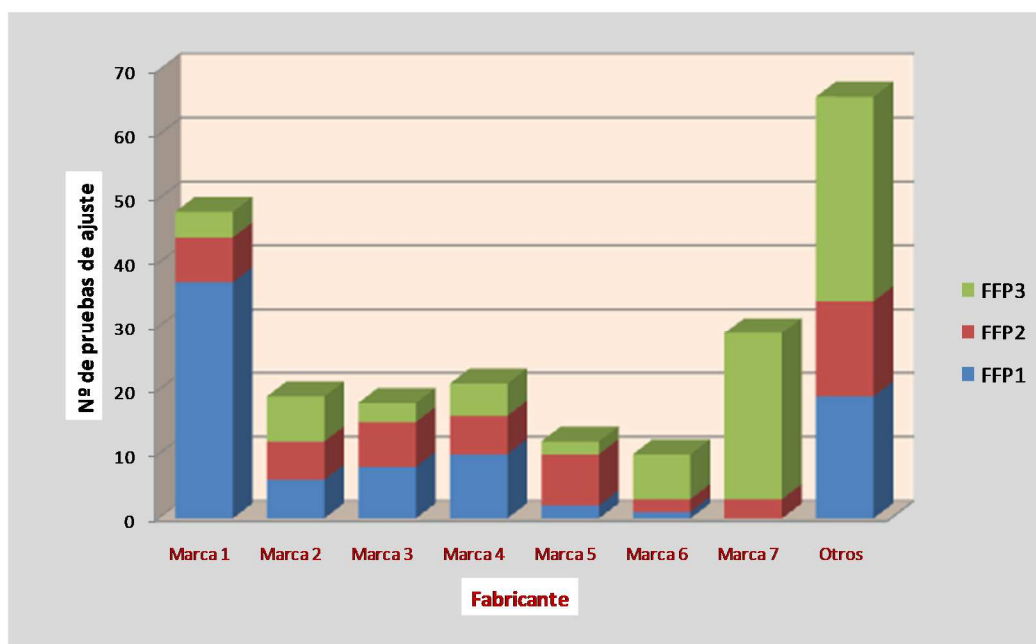


Gráfico 9. Distribución de la muestra según el fabricante y clase de mascarilla autofiltrante

4.1.8 Clases de equipos de protección respiratoria

CNAE	Clasificación	Nº de pruebas
10.7	FFP1	55
	FFP2	23
	FFP3	12
23.7	FFP1	28
	FFP2	31
	FFP3	74

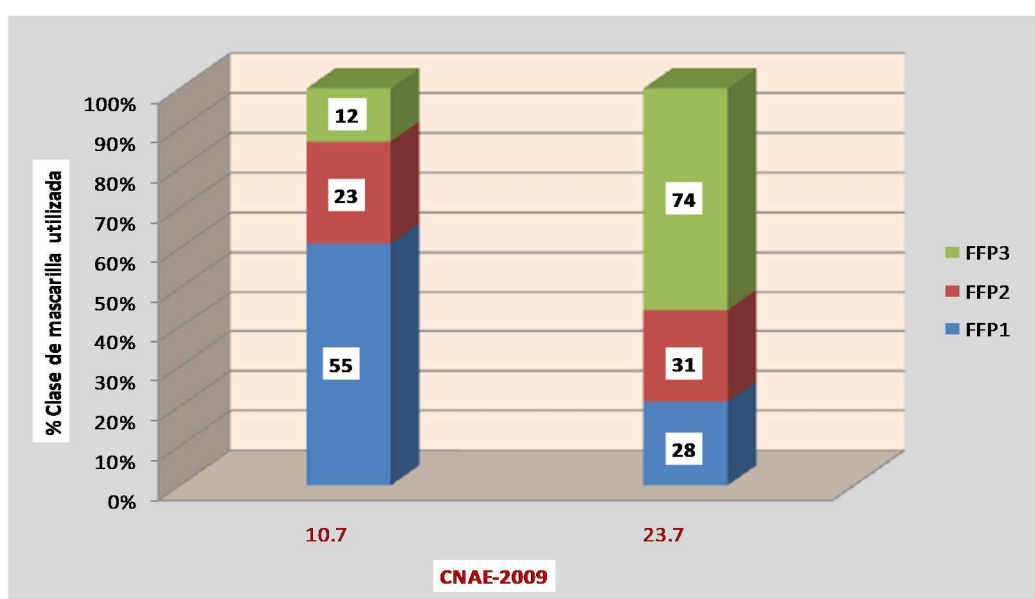


Gráfico 10. Distribución de la clase de mascarilla autofiltrante ensayada en función del CNAE

4.1.9 Tipo de mascarilla

Tipo de mascarilla	Clasificación	Nº de pruebas
Plegadas	FFP1	19
	FFP2	15
	FFP3	48
Preformadas	FFP1	64
	FFP2	39
	FFP3	38

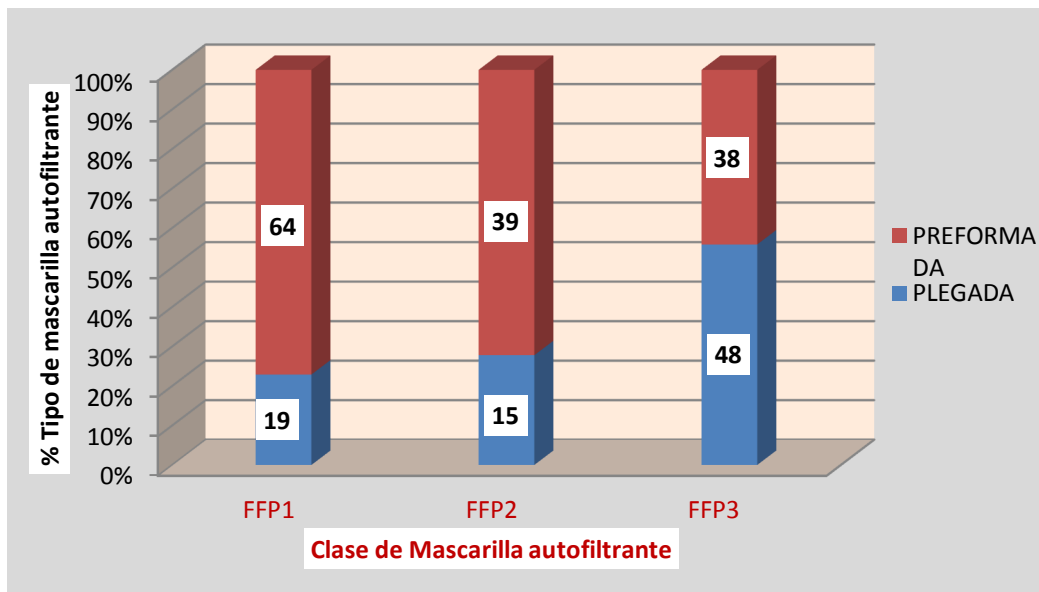


Gráfico 11. Distribución del tipo de mascarilla ensayada en función de la clase

4.1.10 Tamaño de los equipos de protección respiratoria

Tamaño	Nº de pruebas de ajuste
Universal	217
No Universal	6

4.2 Resultado de la encuesta

A continuación se detallan los resultados derivados de las entrevistas efectuadas en las empresas objeto del estudio.

4.2.1 Perfil del encargado de la selección del EPIVR

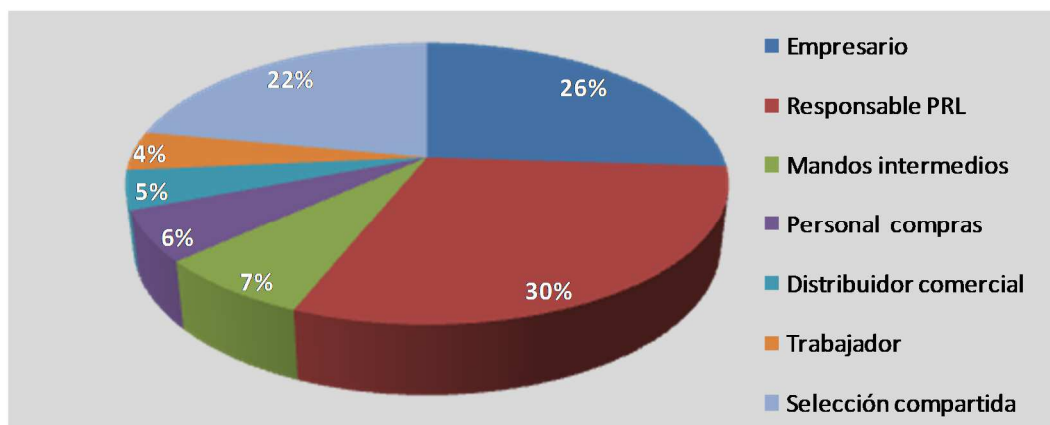


Gráfico 13. Distribución del perfil encargado de seleccionar el EPIVR

4.2.2 Criterio predominante en la elección del EPIVR

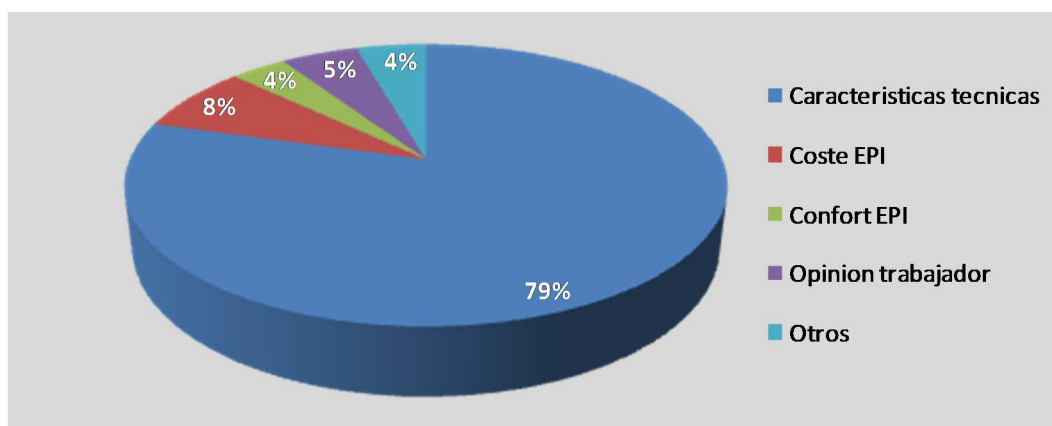


Gráfico 14. Criterio predominante en la elección del EPIVR

4.2.3 Posibilidad de elegir tamaño y modelo de mascarilla

Pregunta	Siempre	A veces	Nunca
Posibilidad de elegir talla	0	0	223
Posibilidad de elegir modelo	30	34	159

4.2.4 Formación e información en el uso de Equipos de Protección Respiratoria

El trabajador ha recibido	Si	No
Folleto informativo	118	105
Formación teórica	74	149
Formación práctica	22	201
Información elaborada por la empresa	2	221

Lectura del folleto informativo	Nº de personas
SI	63
NO	55

4.2.5 Uso y almacenamiento de los Equipos de Protección Respiratoria

Existe un criterio general que aconseja no utilizar un EPIVR durante más de dos horas seguidas, debiendo intercalarse periodos de descanso de al menos treinta minutos entre periodos de utilización. Este criterio puede ser modificado, dependiendo del esfuerzo que requiera la tarea y del tipo de equipo en cuestión.

Se relaciona el tiempo de utilización diario del EPIVR en función de los requerimientos energéticos en cada uno de los puestos de trabajo.

Tiempo de utilización	Metabolismo		
	Ligero	Moderado	Elevado
Esporádico	8	28	1
Menos de 2 horas	4	23	5
Entre 3 y 4 horas	7	48	8
Entre 5 y 8 horas	8	67	16

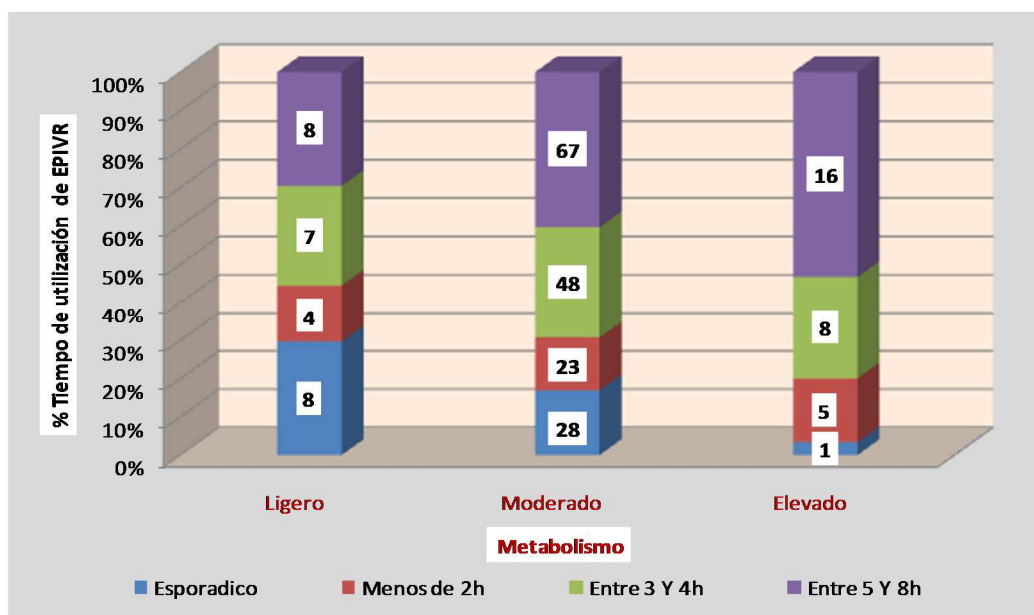


Gráfico 15. Tiempo de utilización del EPIVR en función del metabolismo energético del puesto de trabajo

El conjunto de la muestra se corresponde con mascarillas no reutilizables durante más de un turno de trabajo. En la siguiente tabla se indica el número de personas que reutilizan las mascarillas autofiltrantes.

Reutilización de EPIVR		
Nº de personas	CNAE 10.7	CNAE 23.7
Siempre	28	47
A veces	23	47
Nunca	39	39

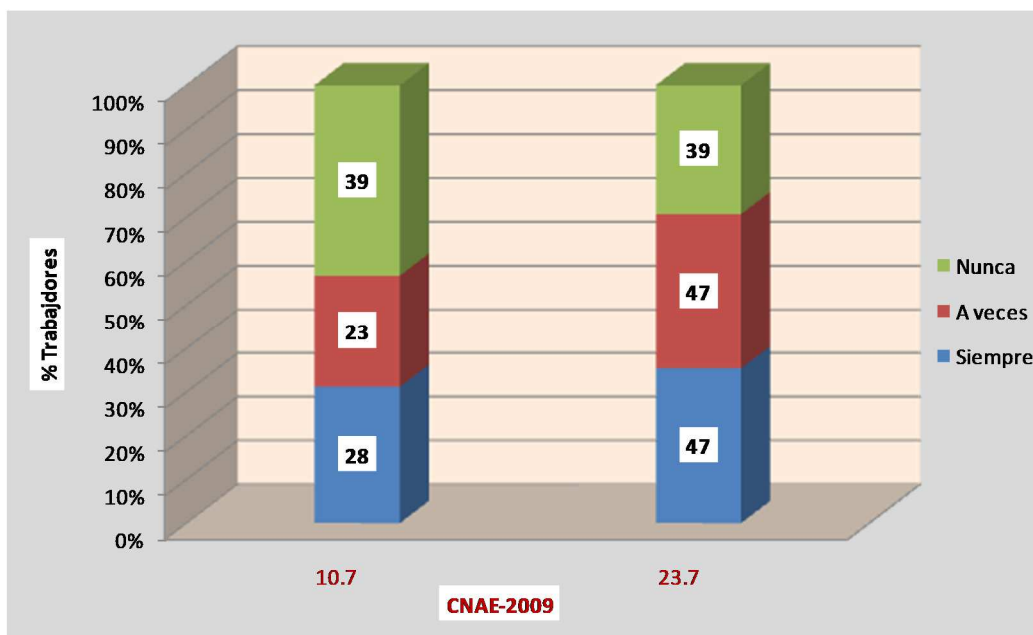


Gráfico 16. Personas que reutilizan el EPIVR en función del CNAE-2009

Como resultado de la encuesta realizada a los trabajadores, se valora la sistemática que se sigue en el almacenamiento temporal de los equipos de protección respiratoria.

Donde se deja el EPIVR durante las pausas	Nº de personas
Colgada sobre cuello/frente	91
En los bolsillos	31
En lugar limpio	66
Cualquier lugar	35

Se representan a continuación, las condiciones a las que están expuestas las mascarillas durante su almacenamiento.

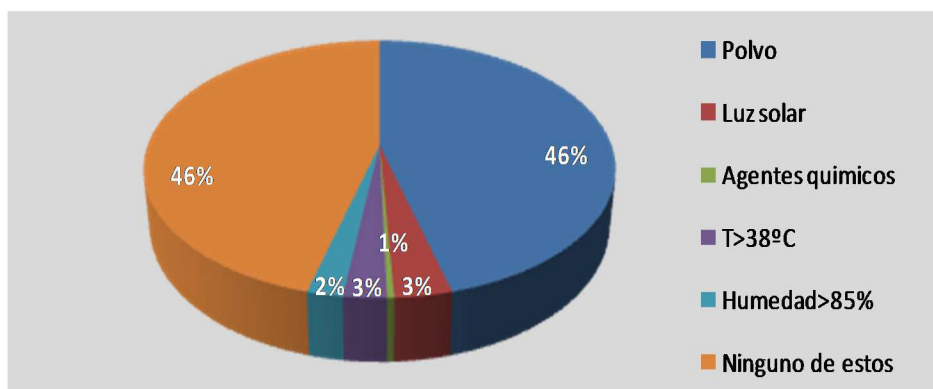


Gráfico 17. Distribución de las condiciones a las que pueden quedar expuestos los EPIVR en el almacenamiento

4.2.6 Factores de adaptación al usuario

La norma UNE-EN 529: 2006³⁰ menciona seis factores relacionados con el usuario que pueden influir en la adaptación del equipo de protección respiratoria. Se examinan los tres factores que más influyen en el ajuste de las mascarillas (resaltado en negrita):

- Interacciones con otros EPIs**
- Características faciales**
- Gafas de graduación**
- Lentes de contacto
- Accesorios que no son EPI
- Estado físico

Interacciones con otros EPIs

Nº de EPIs que interfieren de forma simultánea				
Nº de personas	0	1	2	3
	96	67	56	4

Entre los EPIs que más molestias o interacciones causan, se encuentran:

EPI que interfiere	Nº de personas
Gafas de montura universal	82
Gafas panorámicas	12
Pantalla facial	2
Protectores auditivos	87
Casco de seguridad	5
Otros	3
No se utiliza / no interfiere	83

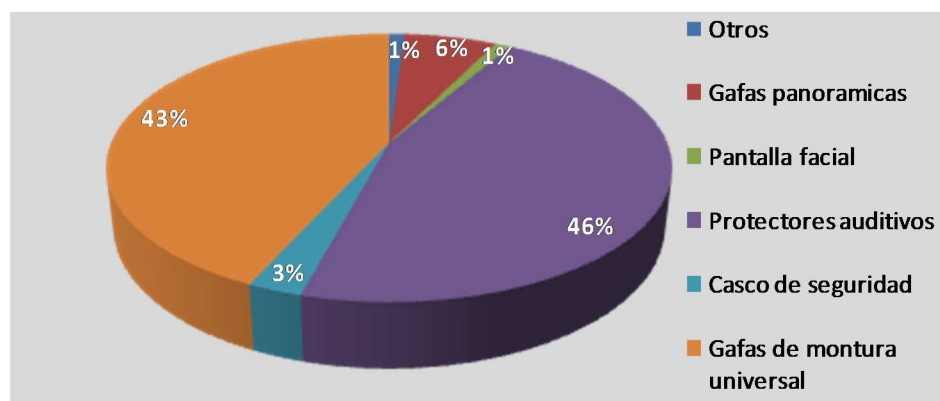


Gráfico 18. EPIs que más interferencias causan a los trabajadores cuando se emplean mascarillas autofiltrantes

Existe un problema cuando se utilizan gafas de seguridad, que es el empañamiento de las mismas. La respuesta de los trabajadores es la siguiente:

Empañamiento de las gafas de seguridad			
Nº de personas	FFP1	FFP2	FFP3
Siempre	4	10	18
A veces	7	8	20
Nunca	8	2	12

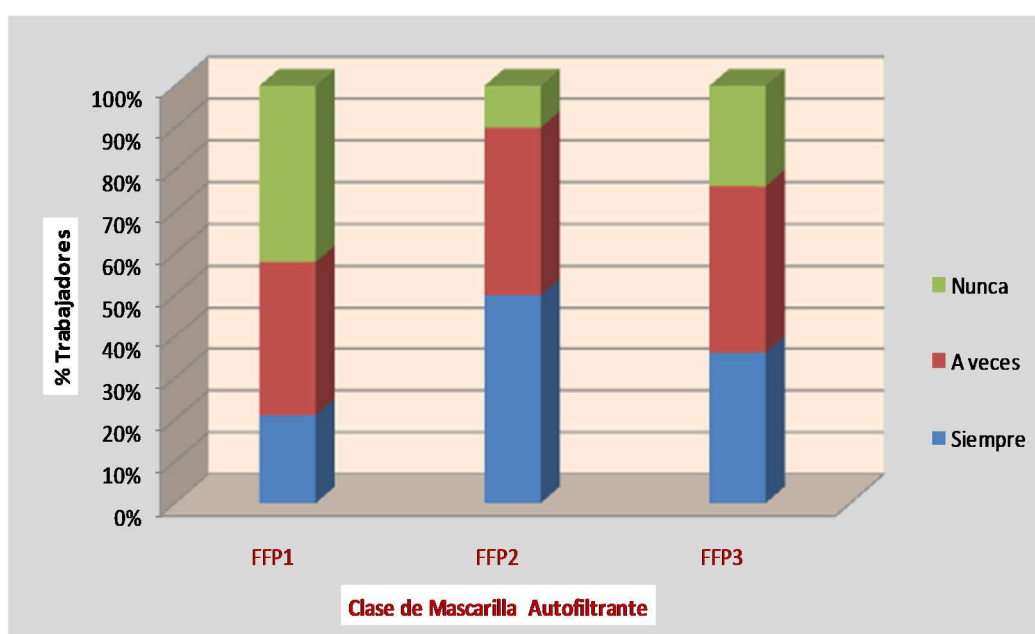


Gráfico 19. Respuesta de los trabajadores a la pregunta ¿Se le empañan las gafas de seguridad?

Características faciales

Se analiza la presencia de vello facial, considerando como "no afeitado", si el vello en las 8 horas previas al turno de trabajo no se ha rasurado.

Ha transcurrido menos de 8 h desde que el trabajador se ha afeitado	Nº de personas
SI	35
NO	161

Gafas de graduación

Al igual que las gafas de seguridad, las graduadas interfieren en la protección que ofrecen muchos EPIVR, pudiendo disminuir el ajuste de la mascarilla y aumentar la probabilidad de disconfort en el usuario.

Empañamiento de gafas graduadas	Nº de personas
Siempre	4
A veces	7
Nunca	3

4.2.7 Seguridad, Confort, Limitación del Campo Visual y Resistencia a la Respiración

Se detallan las respuestas de los trabajadores a cuatro aspectos que tienen gran transcendencia en la receptividad y utilización de EPIVR por parte del usuario.

Dificultad o resistencia a la respiración

Tipo de filtro	Dificultad para respirar				
	MUY BAJA	BAJA	MEDIA	ALTA	MUY ALTA
FFP1	14	22	35	9	3
FFP2	6	21	22	5	0
FFP3	17	25	34	9	1

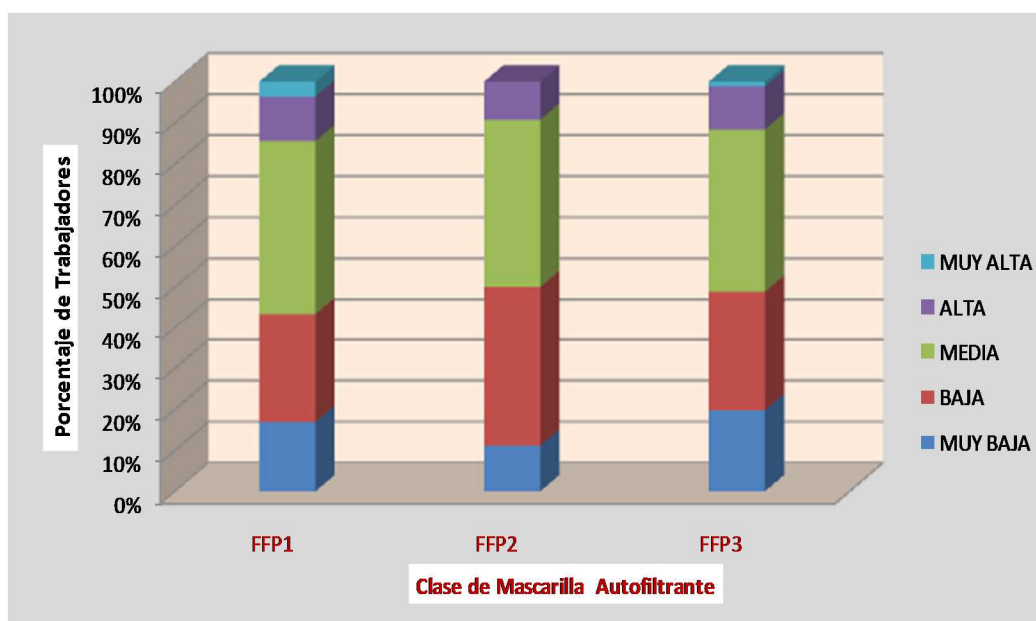


Gráfico 20. Respuesta a la pregunta: ¿Qué grado de dificultad le ofrece al respirar la mascarilla autofiltrante?

Seguridad que le aporta el EPIVR

Tipo de filtro	Seguridad que le aporta el EPIVR				
	MUY BAJA	BAJA	MEDIA	ALTA	MUY ALTA
FFP1	1	4	31	39	8
FFP2	2	8	22	19	3
FFP3	2	3	31	47	3

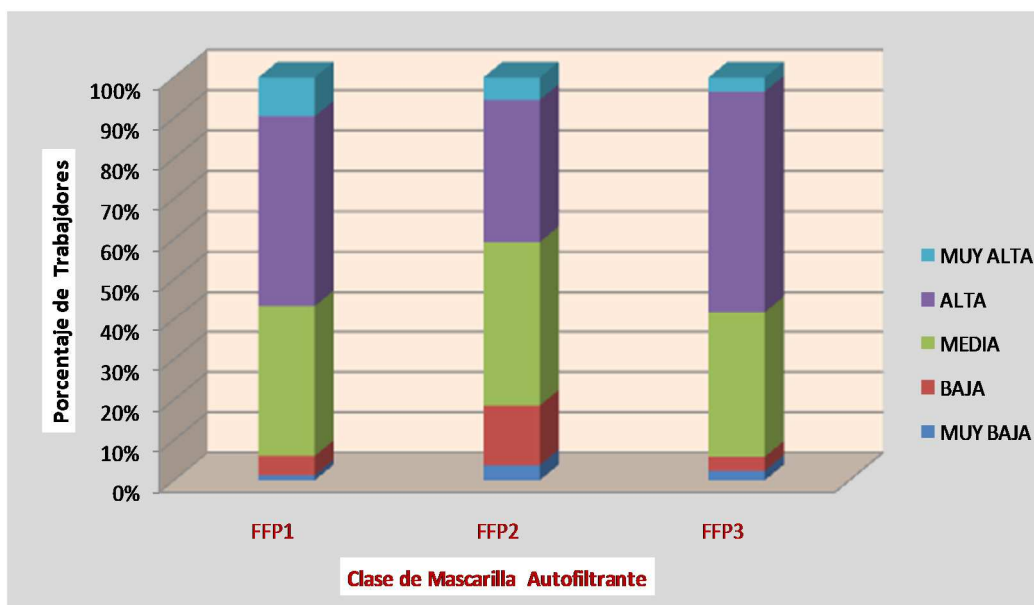


Gráfico 21. Respuesta a la pregunta: ¿Qué grado de seguridad le aporta el EPIVR cuando lo utiliza?

Confort

Tipo de filtro	Confort				
	MUY BAJA	BAJA	MEDIA	ALTA	MUY ALTA
FFP1	8	19	33	21	2
FFP2	5	7	29	9	4
FFP3	3	21	39	20	3

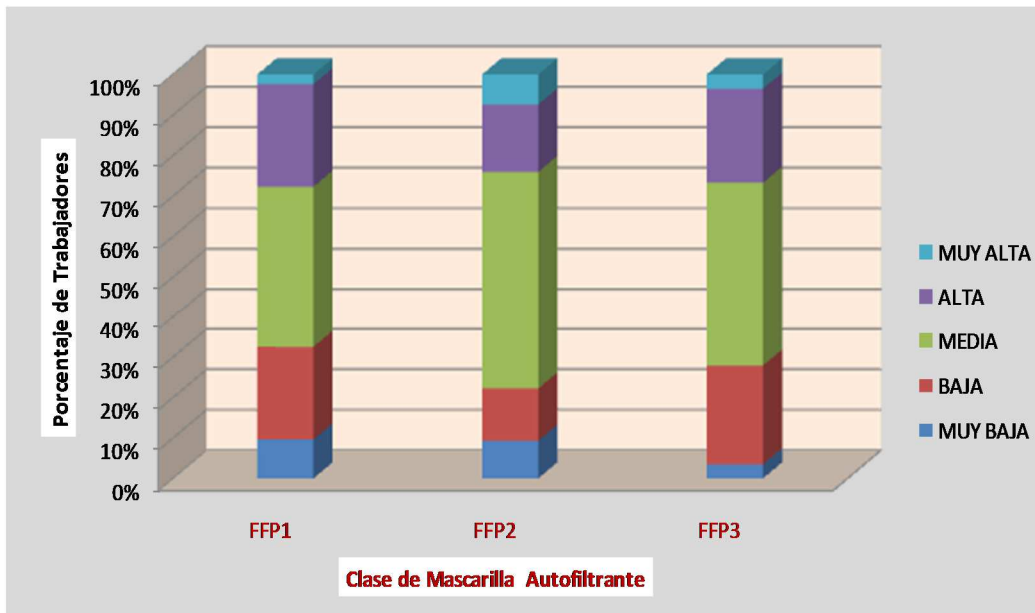


Gráfico 22. Respuesta a la pregunta: ¿Qué grado de confort le ofrece el EPIVR?

Limitación del campo visual

Tipo de filtro	Limitación del campo visual				
	MUY BAJA	BAJA	MEDIA	ALTA	MUY ALTA
FFP1	44	23	8	2	6
FFP2	40	5	3	4	2
FFP3	40	31	10	4	1

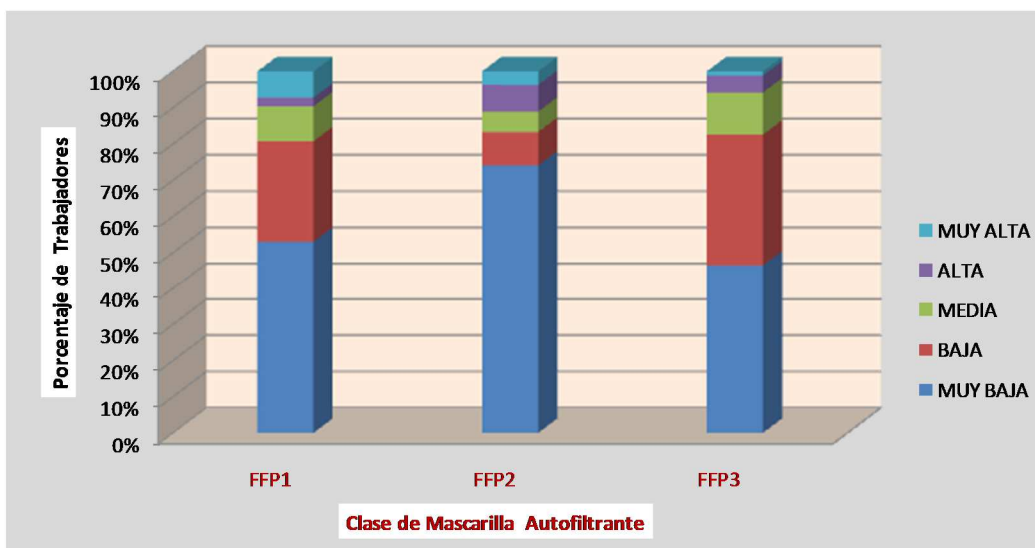


Gráfico 23. Respuesta a la pregunta: ¿Qué grado de limitación del campo visual le ofrece el EPIVR?

La tabla posterior recoge el resumen de las respuestas en las 4 variables analizadas. En la columna de la derecha se indica el valor medio ponderado de todas las respuestas, obteniendo unos resultados que confirman un grado medio de aceptación de los EPIVR. Los resultados de las variables “dificultad para respirar” y “limitación del campo visual” se deben interpretar de forma inversa a las otras dos, debido a que cuanto menor es la puntuación obtenida, menor es la resistencia que ofrece el EPI a la respiración y mayor será su campo visual. El criterio empleado para baremar las respuestas es:

Aspecto	Muy bajo/a	Bajo/a	Medio/a	Alto/a	Muy alto/a	
Dificultad para respirar	1	2	3	4	5	
Seguridad que le aporta el EPIVR						
Confort						
Limitación del campo visual						
Aspecto	Muy bajo/a	Bajo/a	Medio/a	Alto/a	Muy alto/a	Puntuación media
Dificultad para respirar	37	68	91	23	4	2,5
Seguridad que aporta el EPIVR	5	15	84	105	14	3,5
Confort	16	47	101	50	9	3,0
Limitación campo visual	124	59	21	10	9	1,7

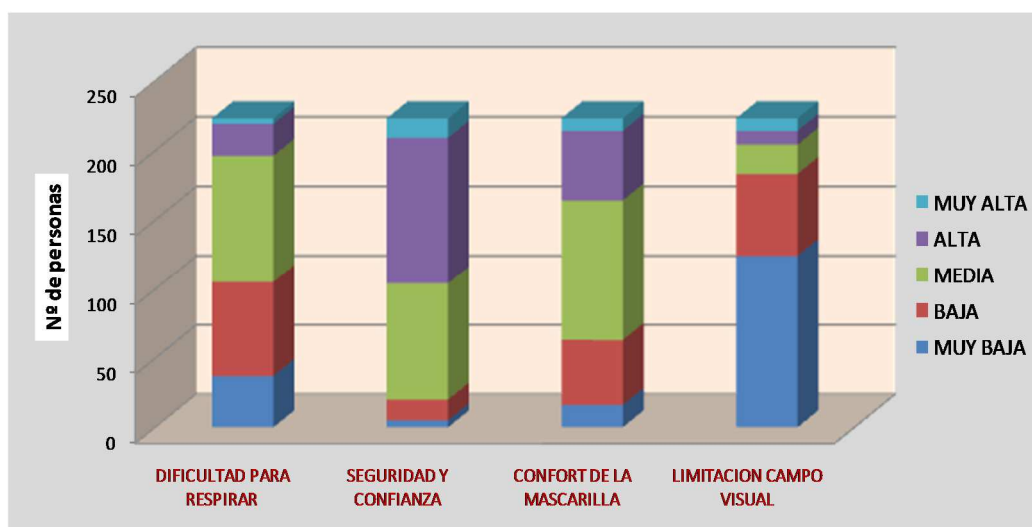


Gráfico 24. Resumen de las respuestas a las 4 cuestiones planteadas

4.3 Pruebas de ajuste

Antes de comenzar a detallar los resultados de las pruebas de ajuste cuantitativas, se consultó a los trabajadores si habían realizado alguna vez las comprobaciones de ajuste de presión negativa y positiva que se estable en el folleto de instrucciones de los fabricantes. Estas verificaciones deberán efectuarse cada día, antes de acceder a la zona de riesgo.

Comprobaciones de ajuste	Nº de personas	Promedio Factor de ajuste
SIEMPRE	28	43,9
A VECES	36	46,6
NUNCA	159	29,6

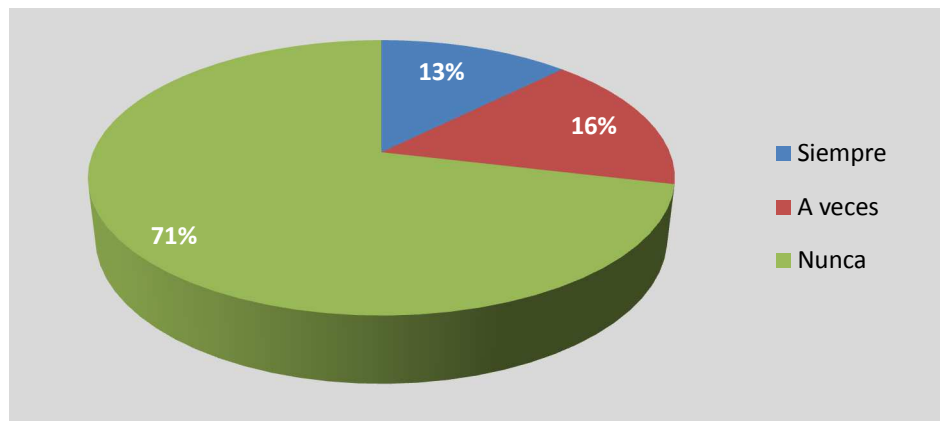


Gráfico 25. Respuesta a la pregunta: ¿Ha realizado alguna vez comprobaciones de ajuste?

Sirva de recordatorio que el factor de ajuste mínimo para superar la prueba de ajuste cuantitativa es de cien en todas las clases de medias máscaras filtrantes (FFP1, FFP2 y FFP3).

Tipo de filtro	Nº de pruebas de ajuste efectuadas
FFP1	83
FFP2	54
FFP3	86

4.3.1 Factores de ajuste en mascarillas FFP1

Factor de ajuste	Respirac. normal	Respirac. profunda	Cabeza a un lado y otro	Cabeza arriba y abajo	Hablar en voz alta	Tocarse dedos de pies	Respirac. normal 2	Resultado Global
De 1 a 5	17	12	17	18	15	18	15	14
De 6 a 10	6	12	11	8	13	15	9	14
De 11 a 20	14	9	11	13	10	10	14	10
De 21 a 50	17	20	22	17	16	22	24	24
De 51 a 99	13	7	10	15	15	13	7	10
Más de 100	16	23	12	12	14	5	14	11

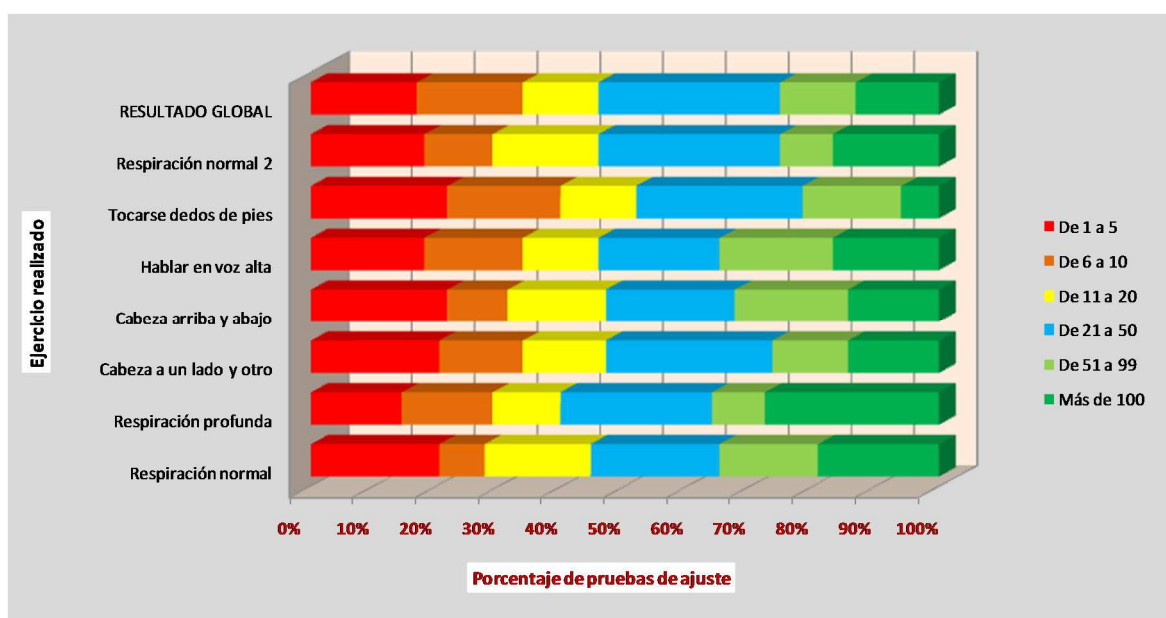


Gráfico 26. Factores de ajuste en función del ejercicio realizado para mascarillas autofiltrantes FFP1

4.3.2 Factores de ajuste en mascarillas FFP2

Factor de ajuste	Respirac. normal	Respirac. profunda	Cabeza a un lado y otro	Cabeza arriba y abajo	Hablar en voz alta	Tocarse dedos de pies	Respirac. normal 2	Resultado Global
De 1 a 5	11	12	15	13	8	16	12	11
De 6 a 10	15	16	11	12	15	11	13	14
De 11 a 20	7	3	8	8	7	6	10	8
De 21 a 50	12	11	11	12	18	12	8	15
De 51 a 99	4	8	5	5	3	3	6	2
Más de 100	5	4	4	4	3	6	5	4

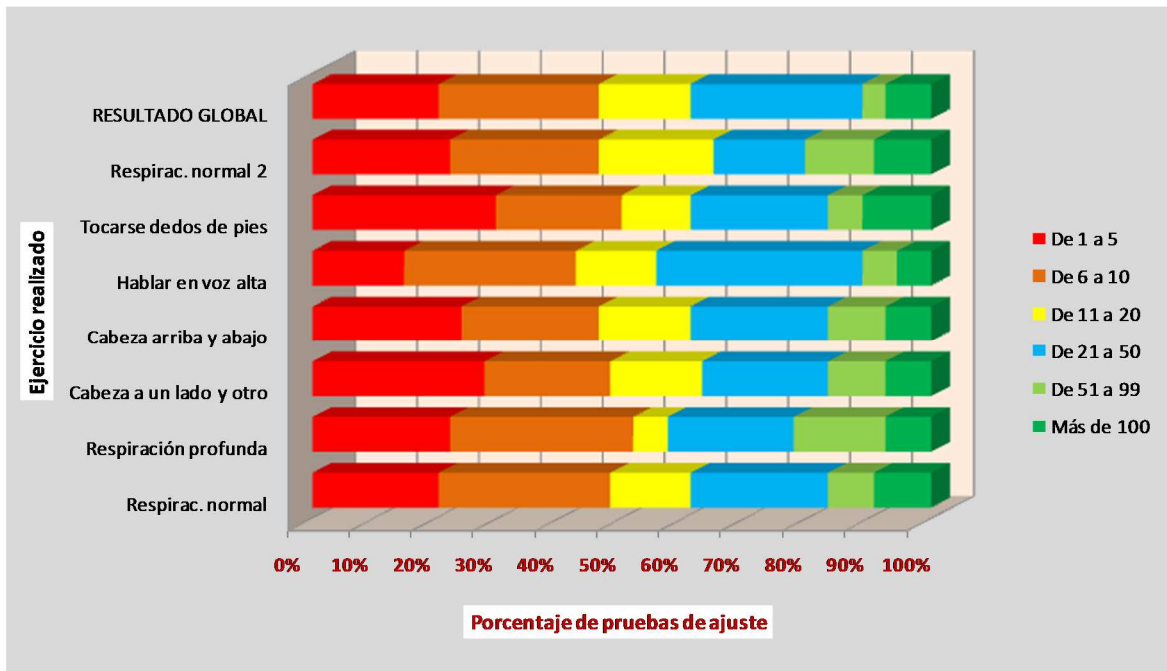


Gráfico 27. Factores de ajuste en función del ejercicio realizado para mascarillas autofiltrantes FFP2

4.3.3 Factores de ajuste en mascarillas FFP3

Factor de ajuste	Respirac. normal	Respirac. profunda	Cabeza a un lado y otro	Cabeza arriba y abajo	Hablar en voz alta	Tocarse dedos de pies	Respirac. normal 2	Resultado Global
De 1 a 5	21	21	25	25	17	24	20	21
De 6 a 10	15	10	17	11	15	21	15	15
De 11 a 20	11	13	14	13	19	7	13	18
De 21 a 50	19	22	14	21	18	20	21	20
De 51 a 99	9	12	7	10	7	4	9	6
Más de 100	11	8	9	6	10	10	8	6

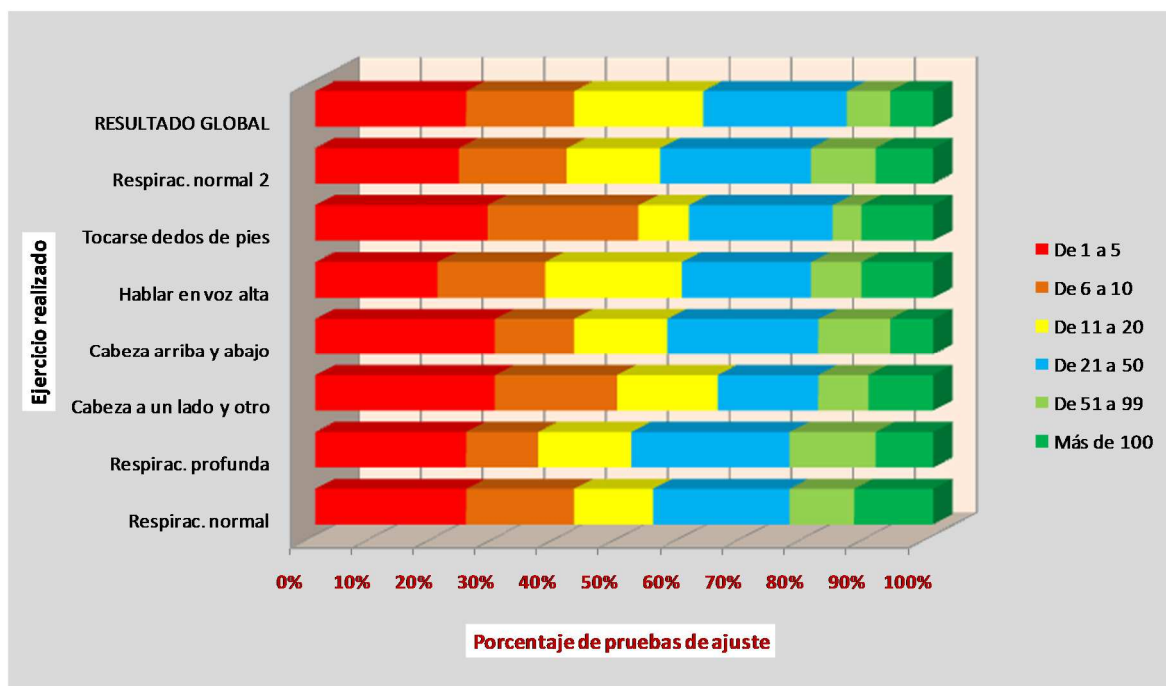


Gráfico 28. Factores de ajuste en función del ejercicio realizado para mascarillas autofiltrantes FFP3

4.3.4 Resumen pruebas de ajuste

A continuación se muestran los resultados globales de las 223 pruebas de ajuste efectuadas.

Factor de ajuste	Respirac. Normal	Respirac. profunda	Cabeza a un lado y otro	Cabeza arriba y abajo	Hablar en voz alta	Tocarse dedos de pies	Respirac. normal 2	Resultado Global
De 1 a 5	49	45	57	56	40	58	47	46
De 6 a 10	36	38	39	31	43	47	37	43
De 11 a 20	32	25	33	34	36	23	37	36
De 21 a 50	48	53	47	50	52	54	53	59
De 51 a 99	26	27	22	30	25	20	22	18
Más de 100	32	35	25	22	27	21	27	21

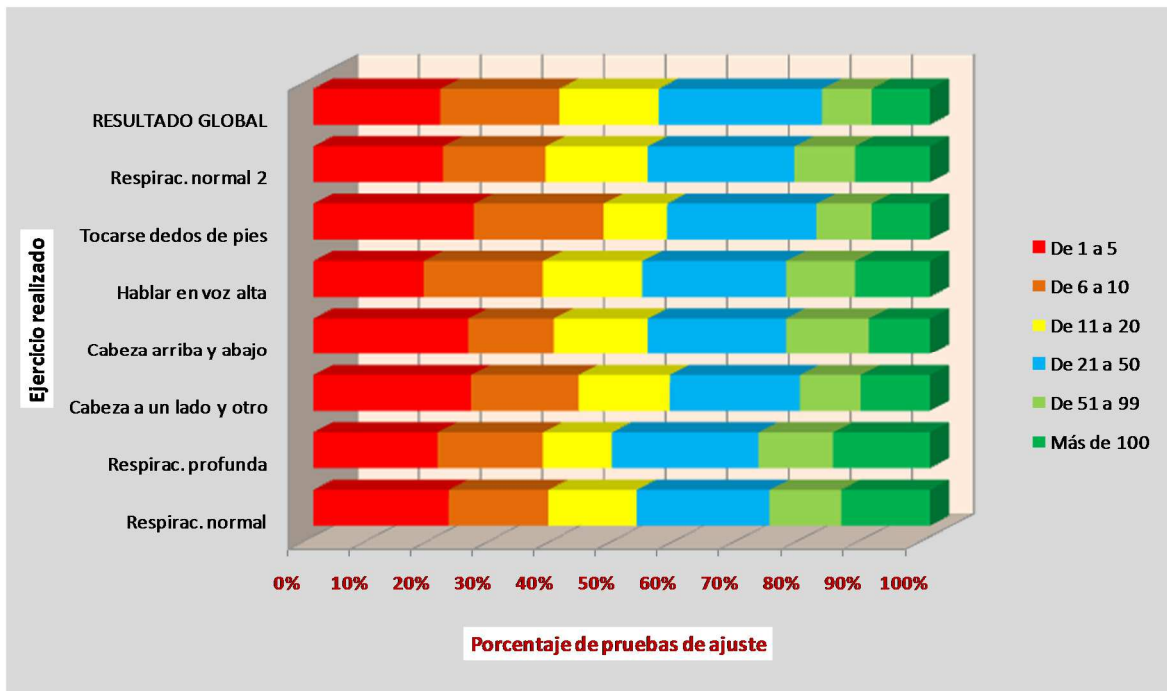


Gráfico 29. Factores de ajuste en función del ejercicio realizado para la totalidad de la muestra

Se consideran negativos aquellas ejercicios cuyo factor de ajuste no supera 100.

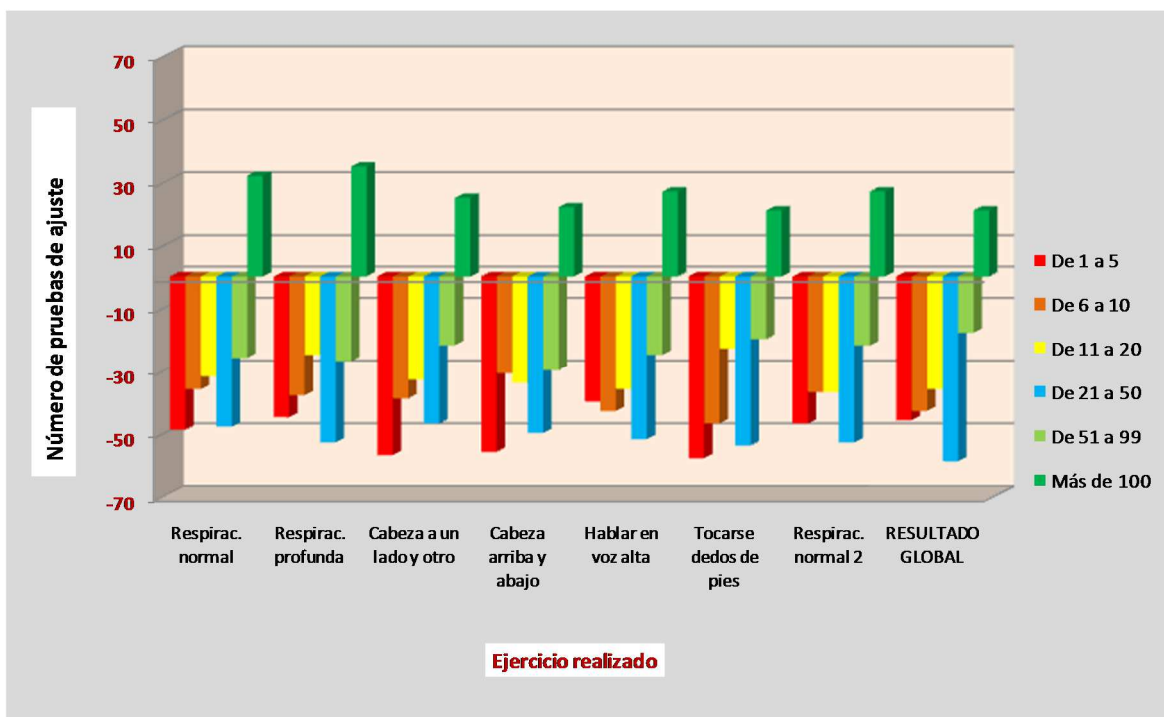


Gráfico 30. Comparativa de los factores de ajuste en función de los ejercicios realizados

Se representa el número de pruebas de ajuste cuantitativas que se han superado en función de la clase de EPIVR utilizado.

Tipo de filtro	SUPERADAS	NO SUPERADAS
FFP1	11	72
FFP2	4	50
FFP3	6	80

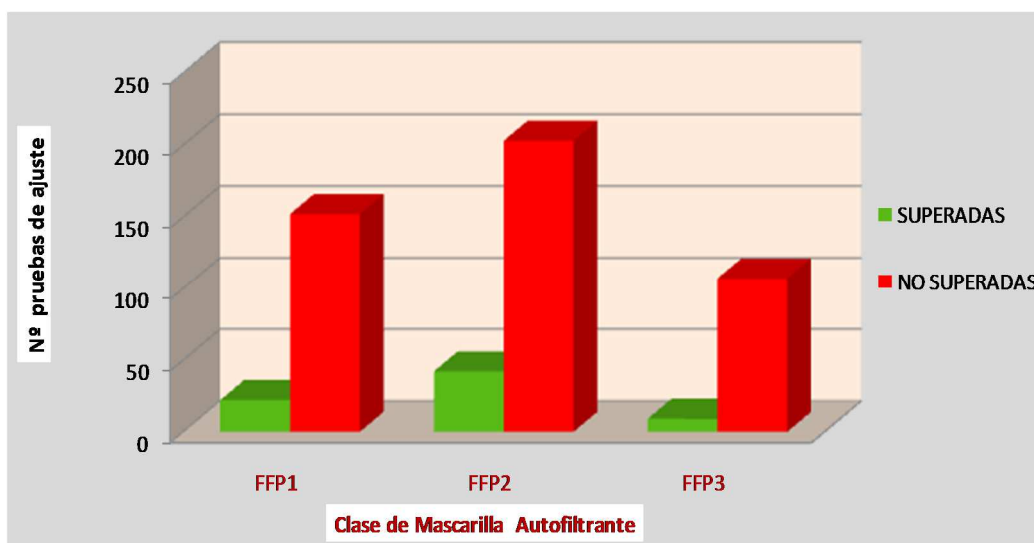


Gráfico 31. Pruebas de ajuste superadas en función de la clase de mascarilla autofiltrante

4.3.5 Comparación con proyecto piloto (2010)

Los únicos resultados que se presentan del proyecto piloto iniciado en el año 2010, son los de las pruebas de ajuste cuantitativas que se llevaron a cabo en 49 empresas. Se destacan únicamente los CNAE en los que se encuadraban dichas empresas, que pertenecían en un 84% al sector industrial.

CNAE 2009	Descripción	Nº de empresas
8	Otras industrias extractivas	1
10	Industria de la alimentación	3
16	Industria de la madera y del corcho	1
20	Industria Química	1
22	Fabricación de productos de caucho y plástico	3
23	Fabricación de otros productos minerales no metálicos	9
24	Metalurgia; fabricación de productos de hierro, acero y ferroaleaciones	2
25	Fabricación de productos metálicos, excepto maquinaria y equipo	7
27	Fabricación de material y equipo eléctrico	1
28	Fabricación de maquinaria y equipo n.c.o.p	3
30	Fabricación de otro material de transporte	3
31	Fabricación de muebles	5
33	Reparación e instalación de maquinaria y equipo	2
41	Construcción de edificios	3
43	Actividades de Construcción Especializada	3
45	Venta y reparación de vehículos a motor	1
47	Comercio al por menor, excepto vehículos a motor y motocicletas	1

El esquema que se sigue para exponer los resultados es la comparación de ambos años de estudio en función de la clase de mascarilla autofiltrante y el género.

Clase de EPI	2010		2011		TOTAL	
	PORCENTAJE SUPERADAS	PRUEBAS TOTALES	PORECENTAJE SUPERADAS	PRUEBAS TOTALES	PORCENTAJE SUPERADAS	PRUEBAS TOTALES
FFP1	12,1	91	13,2	83	12,6	174
FFP2	20,0	191	7,4	54	17,1	245
FFP3	10,0	30	7,0	86	7,8	116

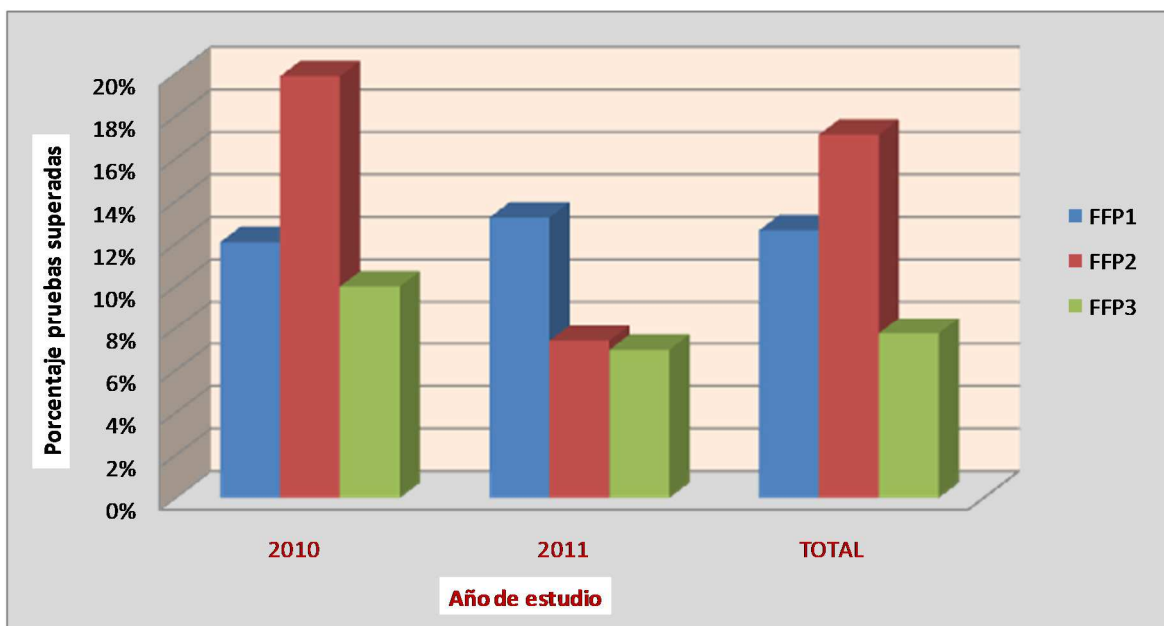


Gráfico 32. Resultado de las pruebas de ajuste durante los años 2010 y 2011 en función de la clase de mascarilla

Género	2010		2011		TOTAL	
	PORCENTAJE SUPERADAS	PRUEBAS TOTALES	PORCENTAJE SUPERADAS	PRUEBAS TOTALES	PORCENTAJE SUPERADAS	PRUEBAS TOTALES
Hombres	9,5	200	16,8	285	13,8	485
Mujeres	8,7	23	14,8	27	12	50

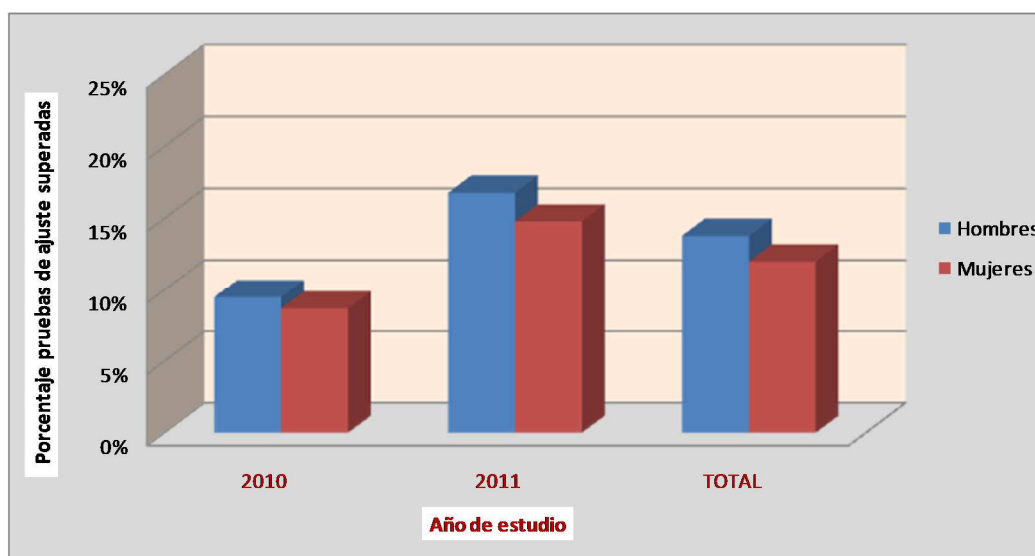


Gráfico 33. Resultado de las pruebas de ajuste durante los años 2010 y 2011 en función del género

Funciones estadísticas

En esta tabla se recogen una serie de funciones estadísticas, destacando como ha disminuido la media aritmética un 25% en los ensayos efectuados en el 2011 respecto al 2010 y cómo la mediana en los 2 años es prácticamente la misma.

Tipo de filtro		2010	2011	TOTAL
Nº de pruebas		312	223	535
Factor de ajuste	Media aritmética	45,8	34,1	40,9
	Mínimo	1,4	1,6	1,4
	Máximo	365	338	365
	Percentil 5	2,1	2,9	2,2
	Percentil 50	16,5	17,0	17,0
	Percentil 95	200	149,9	190

4.3.6 Otras variables analizadas

Tipo de EPIVR

Tipo de mascarilla autofiltrante	PRUEBAS DE AJUSTE		
	SUPERADAS	NO SUPERADAS	PROMEDIO FACTOR DE AJUSTE
PLEGADA	8	74	35,6
PREFORMADA	13	128	33,2

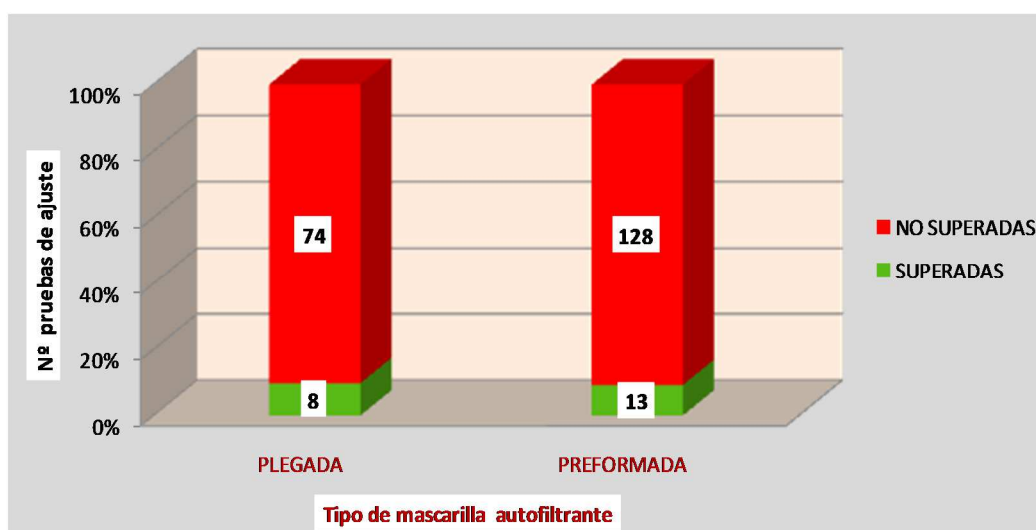


Gráfico 34. Resultado de las pruebas de ajuste en función del tipo de mascarilla autofiltrante

Influencia del hábito de fumar

Fumador	PRUEBAS DE AJUSTE		
	SUPERADAS	NO SUPERADAS	PROMEDIO FACTOR DE AJUSTE
NO	14	139	34,8
SI	7	63	32,7

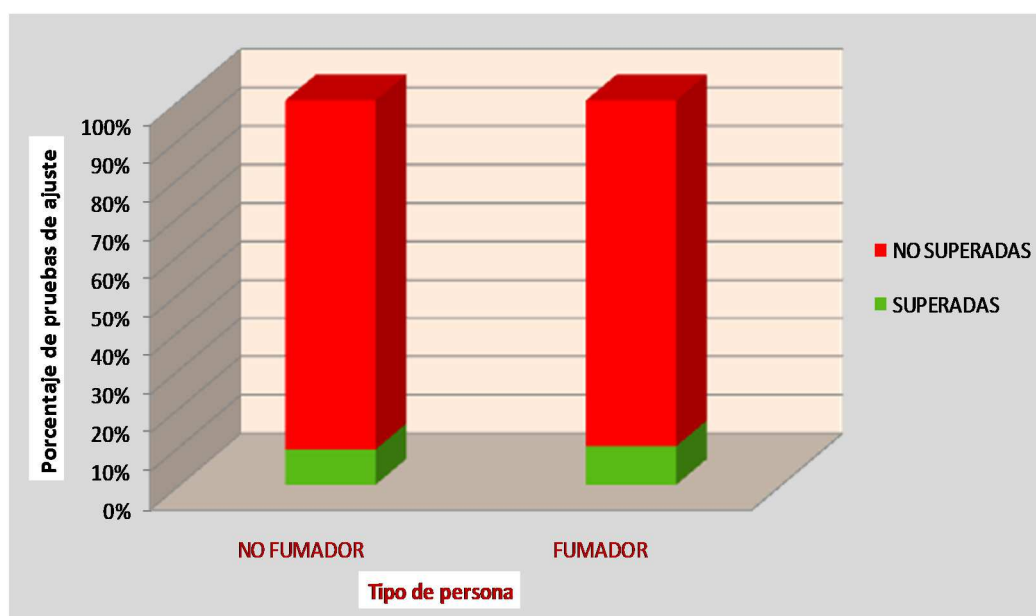


Gráfico 35. Porcentaje de pruebas de ajuste superadas en función del hábito de fumar.

Influencia de la colocación de la mascarilla autofiltrante

Durante el desarrollo de las pruebas de ajuste, se registraron aquellas incidencias significativas que tienen un efecto en la protección que ofrece el equipo de protección respiratoria al trabajador.

Colocación del EPIVR	PRUEBAS DE AJUSTE		
	SUPERADAS	NO SUPERADAS	PROMEDIO FACTOR DE AJUSTE
Con incidencias	2	103	18,9
Sin incidencias	19	99	47,6

Condiciones de la prueba de ajuste	PRUEBAS DE AJUSTE	
	SUPERADAS	NO SUPERADAS
A. Cruza las cintas superior e inferior	1	27
B. Cruza las cintas superior e inferior; No ajusta el clip nasal	0	16
C. Ninguna incidencia	19	99
D. No ajusta el clip nasal	1	43
E. Sujeta la mascarilla con sólo una cinta	0	9
F. Sujeta la mascarilla con sólo una cinta; No ajusta el clip nasal	0	7
G. Sujeta la mascarilla con sólo una cinta; Sujeta la mascarilla mediante un nudo; No ajusta el clip nasal	0	1

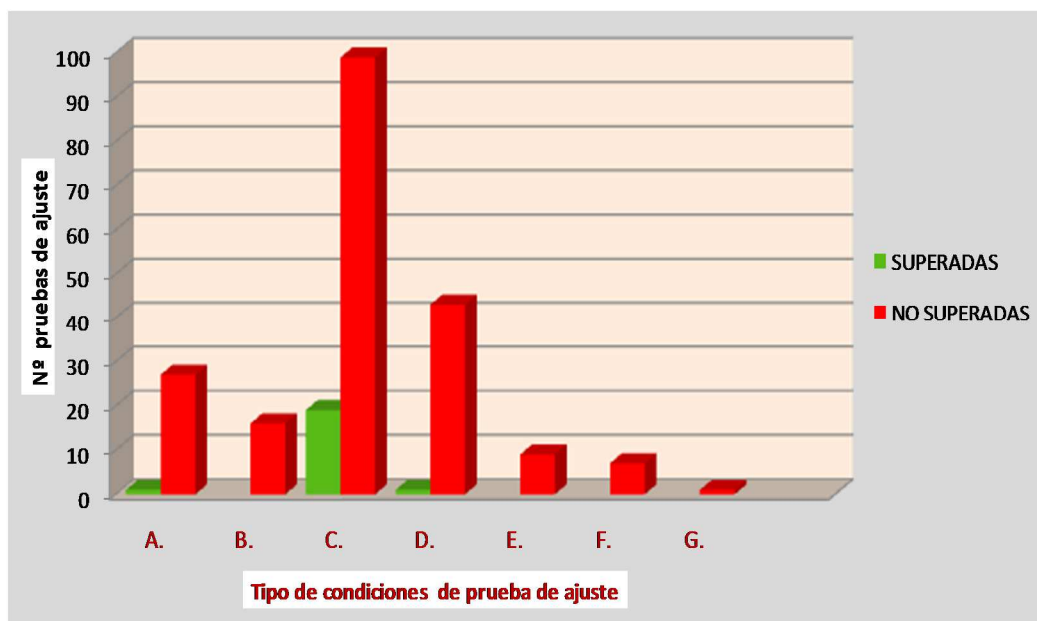


Gráfico 36. Resultados de las pruebas en función de las incidencias en la colocación de la mascarilla autofiltrante.

Influencia del vello facial

Vello facial	PRUEBAS DE AJUSTE		
	SUPERADAS	NO SUPERADAS	PROMEDIO FACTOR DE AJUSTE
Con vello facial	15	146	32,8
Sin vello facial	4	31	44,1

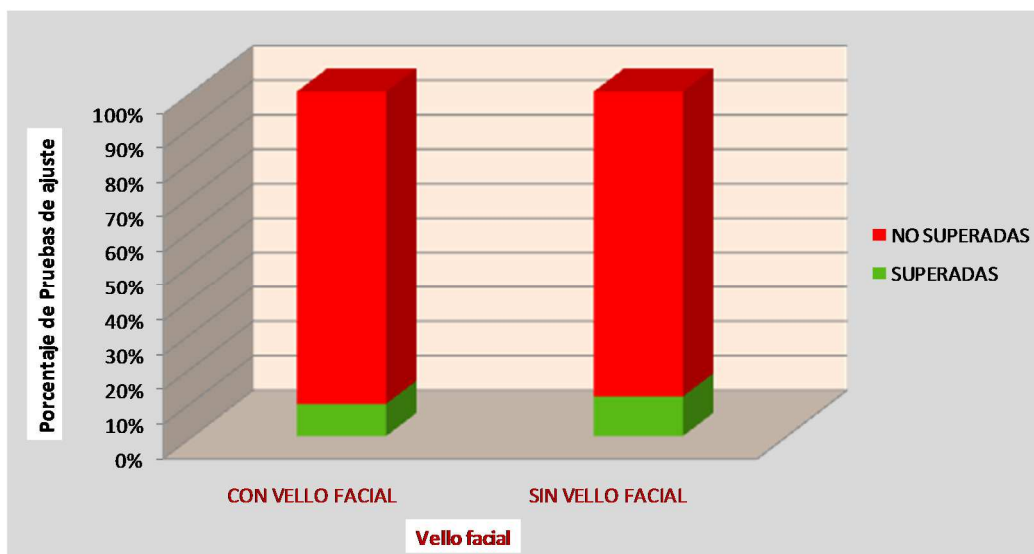


Gráfico 37. Resultado de las pruebas de ajuste en función del afeitado

Influencia de la antigüedad utilizando equipos de protección respiratoria

Antigüedad utilizando EPIVR (años)	PRUEBAS DE AJUSTE	
	SUPERADAS	NO SUPERADAS
De 0 a 0,5	1	11
De 0,5 a 1	1	9
De 1 a 4	4	62
De 5 a 9	6	52
De 10 a 24	8	60
De 25 a 50	1	8

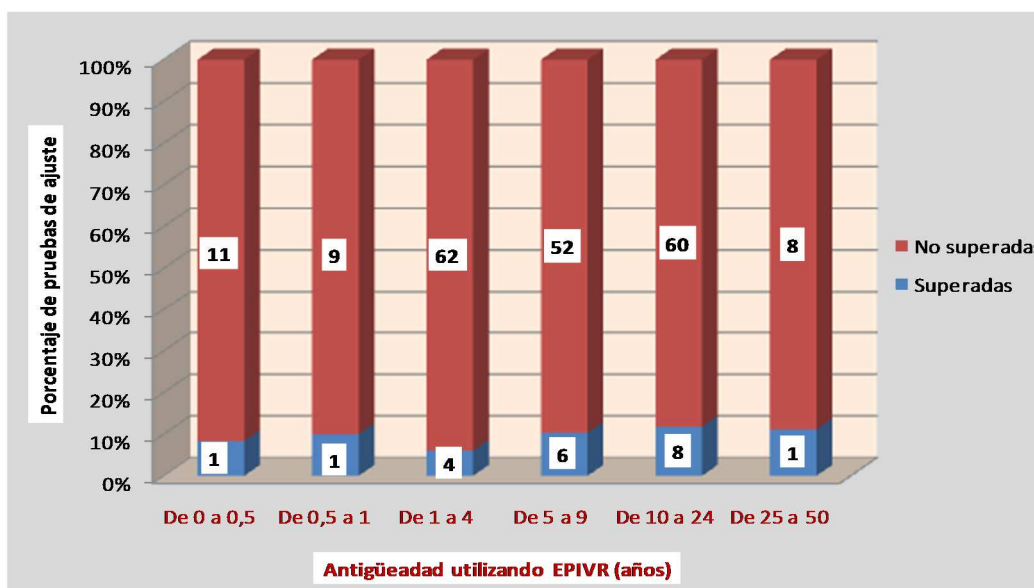


Gráfico 38. Resultado de las pruebas de ajuste en función de la antigüedad utilizando EPIVR

Influencia de la formación

Formación o información recibida por el trabajador	PRUEBAS DE AJUSTE	
	SUPERADAS	NO SUPERADAS
Ninguna	8	45
Solo folleto informativo	7	88
Formación teórica o práctica	6	69

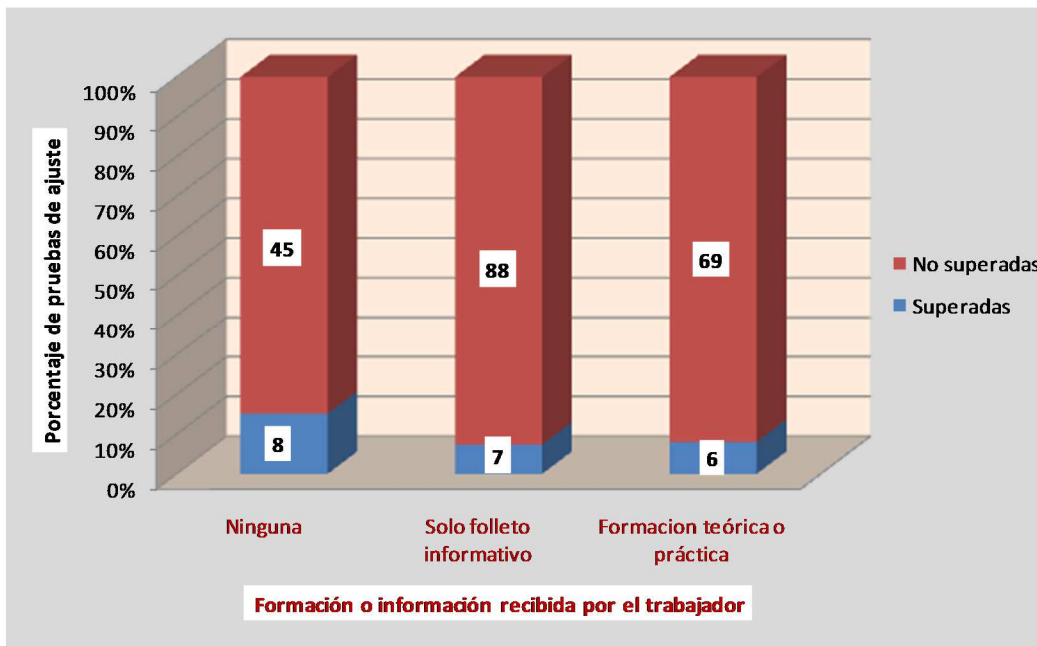


Gráfico 39. Resultado de las pruebas de ajuste en función de la antigüedad utilizando EPIVR

4.4 Dimensiones faciales. Panel de ensayo bivariable

Se comparan las dimensiones antropométricas obtenidas, respecto a las medidas disponibles en la norma ISO/TS 16976-2¹⁷ y la publicación del INSHT/PN 543 (2003)¹⁶, en la que se detallan aspectos antropométricos de la población laboral española.

Datos antropométricos para cara masculina												
Dimensión	Población			Media aritmética			Desviación estándar			Mínimo		
	ISO	INSHT	Fremap	ISO	INSHT	Fremap	ISO	INSHT	Fremap	ISO	INSHT	Fremap
Anchura de la cara	2543	-	200	143,5	-	141,2	6,9	-	8,2	120	-	121
Longitud de la cara	2543	1030	200	122,7	127,8	122,0	7,0	10,4	9,8	100	99	90
Anchura de la boca	2543	-	200	51,1	-	60,6	4,2	-	6,3	40	-	44
Profundidad de la cara	-	-	200	-	-	130,1	-	-	12	-	-	99

Datos antropométricos para cara masculina												
Dimensión	Máximo			Percentiles								
	ISO	INSHT	Fremap	ISO			INSHT			Fremap		
				5th	50th	95th	5th	50th	95th	5th	50th	95th
Anchura de la cara	170	-	165	132	143	155	-	-	-	128	140	154
Longitud de la cara	156	216	154	111	123	135	114	127	143	108	120	137
Anchura de la boca	70	-	75	44	51	58	-	-	-	50	60	71
Profundidad de la cara	-	-	158	-	-	-	-	-	-	109	130	150

Datos antropométricos para cara femenina												
Dimensión	Población			Media aritmética			Desviación estándar			Mínimo		
	ISO	INSHT	Fremap	ISO	INSHT	Fremap	ISO	INSHT	Fremap	ISO	INSHT	Fremap
Anchura de la cara	1454	-	23	135,1	-	134,4	6,5	6,9	8	115	-	123
Longitud de la cara	1454	540	23	113,4	119,6	115,6	6,1	11,5	9,8	91	99	106
Anchura de la boca	1454	-	23	48	-	57,1	3,5	-	6,5	35	-	42
Profundidad de la cara	-	-	23	-	-	123	-	-	9	-	-	97

Datos antropométricos para cara femenina												
Dimensión	Máximo			Percentiles								
	ISO	INSHT	Fremap	ISO			INSHT			Fremap		
				5th	50th	95th	5th	50th	95th	5th	50th	95th
Anchura de la cara	157	-	153	124	135	146	-	-	-	125	135	144
Longitud de la cara	135	216	131	104	113	124	107	118	135	106	114	128
Anchura de la boca	63	-	72	42	48	55	-	-	-	50	60	71
Profundidad de la cara	-	-	139	-	-	-	-	-	-	102	125	135

Panel de ensayo bivariable NIOSH

Se representan los datos obtenidos en el estudio (longitud y anchura de la cara), sobre el panel bivariable recogido en la norma ISO/TS 16976-2¹⁷.

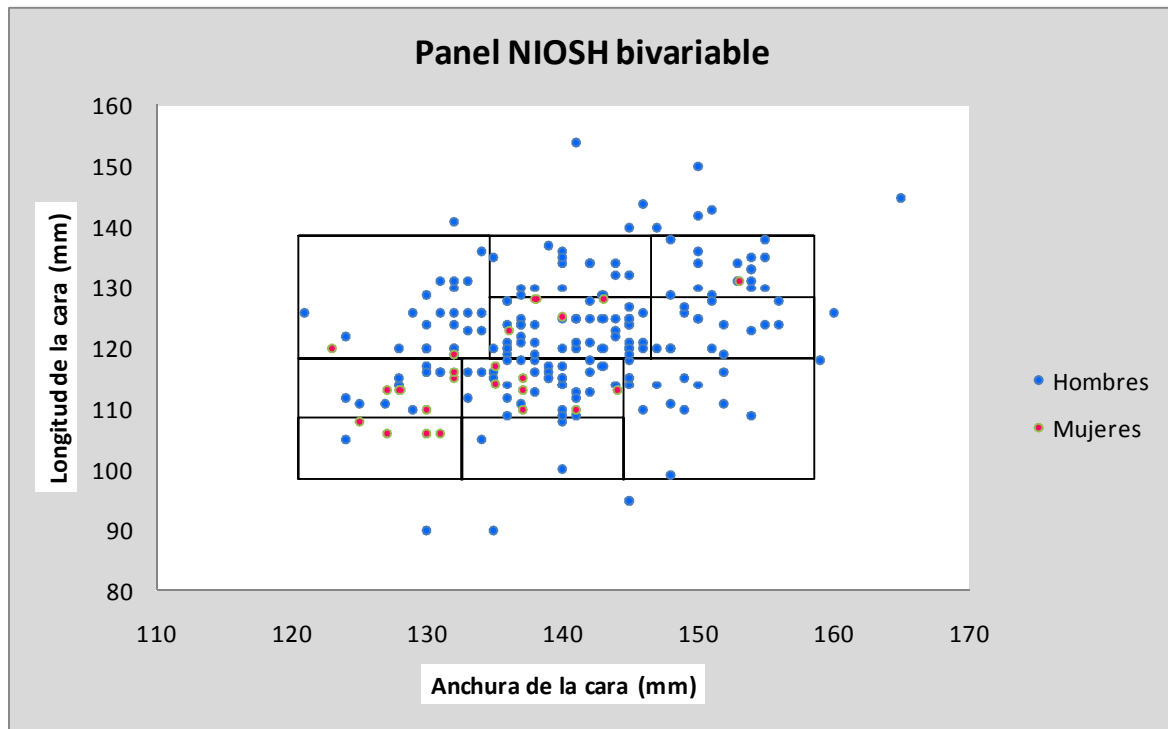


Grafico 40. Representación de las dimensiones faciales clasificadas en función del género

Debido a la escasa representatividad del género femenino, solo se representa la influencia de la edad en los varones.

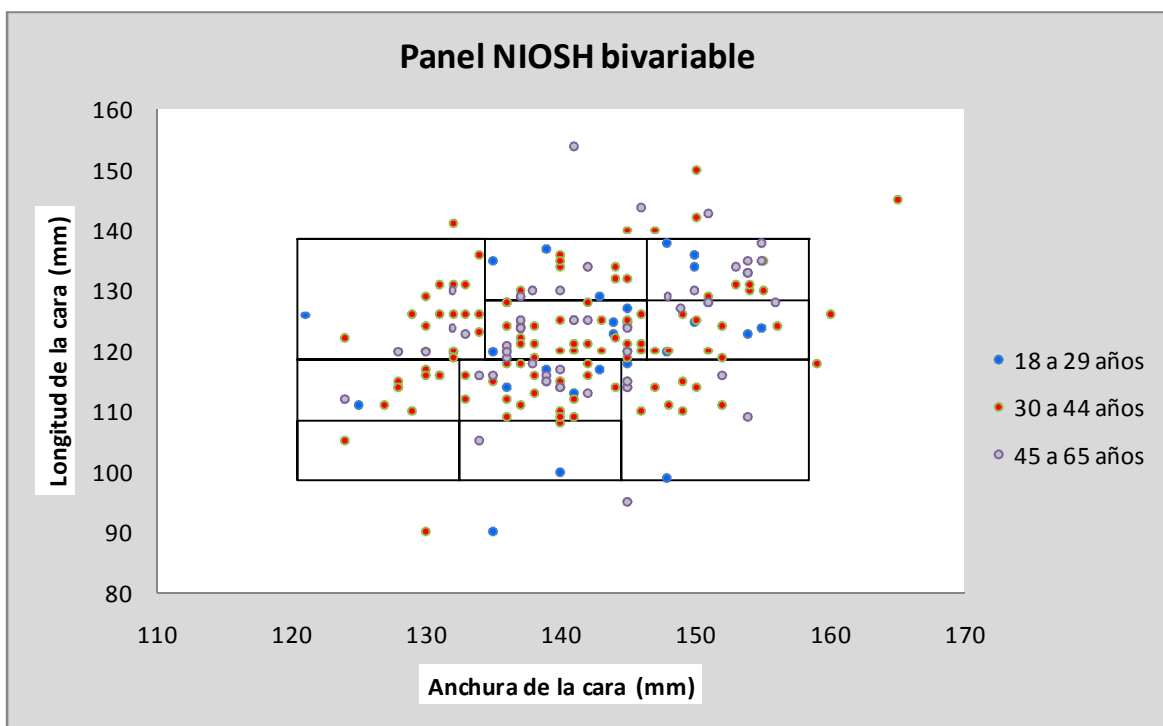


Grafico 41. Representación de las dimensiones faciales masculinas clasificadas en función de la edad

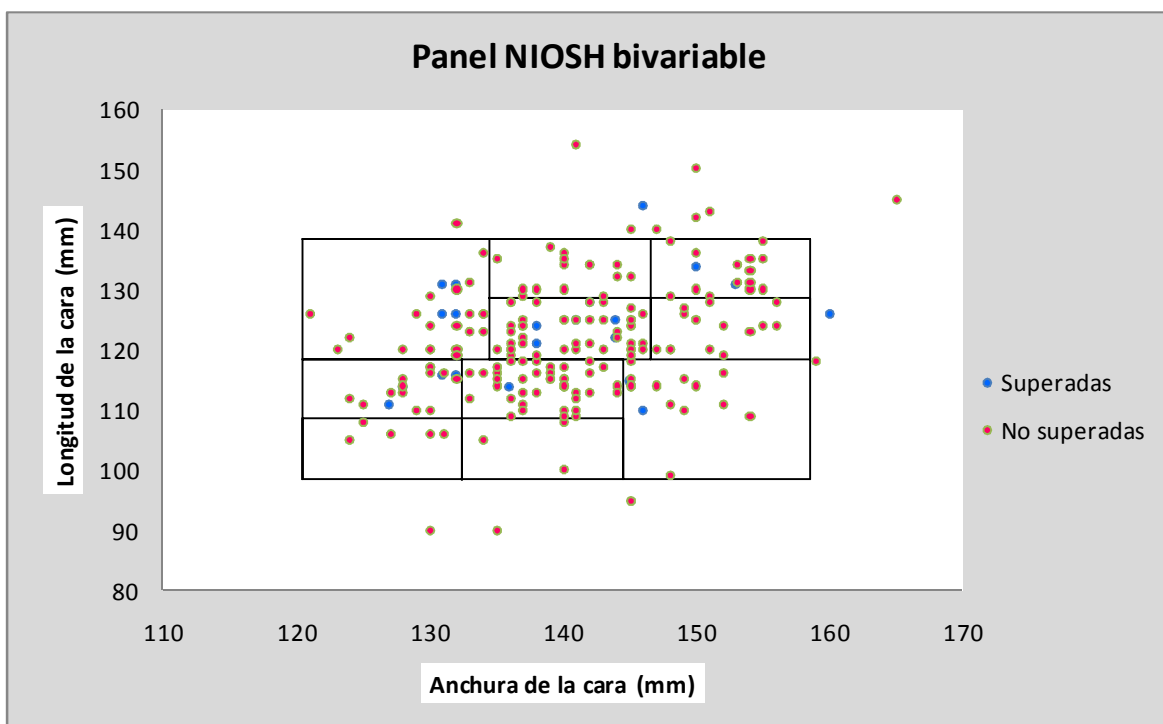


Grafico 42. Representación de las dimensiones faciales en función del resultado de las pruebas de ajuste

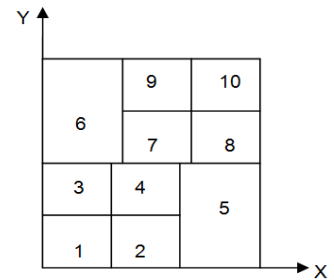
La población estudiada en función del tamaño de la cara (longitud y anchura), se distribuye en diez celdas (panel bivariable) según la tabla siguiente.

		Celdas									
Género	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Hombre	1	3	12	35	15	24	46	17	15	17	185
Mujer	4	0	5	7	0	2	4	0	0	1	23

Tallas	Descripción
Pequeña	Celdas de la 1 a la 4
Mediana	Celdas de la 4 a la 7
Grande	Celdas de la 6 a la 10

Dichas celdas tienen una relación directa con las tallas de los equipos de protección respiratoria, correspondiendo la muestra objeto de estudio con la siguiente distribución.

Género	Talla pequeña	Talla mediana	Talla grande
Hombre	51	120	119
Mujer	16	13	1



5 Conclusiones

A la vista de los resultados obtenidos, se llega a las siguientes conclusiones:

- ❖ Las pruebas de ajuste superadas con las mascarillas filtrantes FFP1, FFP2 y FFP3, son el 9,4%. Analizando conjuntamente el proyecto piloto (2010) y el presente estudio (2011), el porcentaje de pruebas de ajuste superadas aumenta hasta el 13,6%. De entre los aspectos observados que pueden contribuir a este resultado se destacan:
 - ❑ Ausencia de programas de formación o de contenido insuficiente: El 33% de los trabajadores han recibido formación teórica en dicha materia y solo un 10% formación práctica. Por tanto, sería de interés revisar los contenidos de los programas formativos y verificar los resultados al realizarse nuevas pruebas de ajuste.
 - ❑ Ausencia de información específica. De forma complementaria a los programas de formación de los trabajadores, se observa que no está generalizada la utilización y distribución del folleto informativo de los fabricantes (53%). Asimismo, no se elabora información particularizada que incluya instrucciones específicas de los puestos de trabajo, de manera que se garantice una información clara y concisa para el trabajador.
 - ❑ Como consecuencia de lo anterior:
 - No superaron la prueba de ajuste, el 98% de las personas que desatendieron los criterios sobre la colocación de las mascarillas autofiltrantes que figuran en el folleto de instrucciones, tales como no apretar el clip nasal o cruzar las cintas inferior y superior.
 - El 87% de los trabajadores no realizan las comprobaciones de ajuste diarias. El resultado evidencia que la gran mayoría de los trabajadores no efectúan esta verificación, bien porque no tienen acceso a las instrucciones del fabricante o porque no le prestan la suficiente atención a las mismas. A pesar de no detectarse pequeñas fugas con estas comprobaciones, si que se identifica unos factores de ajuste mayores entre las personas que las practican.
 - El 86% del personal masculino no se afeita el vello facial con una antelación inferior a 8h del comienzo de la jornada laboral. La norma UNE-EN 529:2006 indica que la estanqueidad de las medias máscaras filtrantes puede verse reducida de forma significativa en estas circunstancias, observándose su influencia en la media aritmética del total de las pruebas, pero no a la hora de superar una prueba de ajuste.
 - ❑ Respecto a los criterios de selección, no suele considerarse la disponibilidad de tallas. Un 97% de la muestra empleaban mascarillas de talla universal. Cabe destacar que en el mercado actual, existen escasos modelos de mascarillas autofiltrantes que permitan elegir talla, señalando los fabricantes en sus catálogos comerciales que la talla universal ajusta a todos los contornos faciales sin comprometer la protección y el rendimiento.

□ No existe un perfil único encargado de la selección, destacando la figura del responsable en PRL y el empresario. La selección compartida sería la opción más deseable, ya que no recae la elección en una única persona y se puede dar entrada a la opinión del trabajador, hecho que se constata si atendemos a que el 29% de los mismos tienen la posibilidad de elegir entre varios modelos.

↘ Por el alcance y objeto del estudio, las pruebas de ajuste se llevaron a cabo sin emplear otros EPI de forma conjunta. No obstante, es importante resaltar que el 57% de los trabajadores utilizaba simultáneamente otros EPI en la cabeza, los cuales les causaban molestias. Destacar que las gafas de seguridad por sus problemas de empañamiento principalmente, y los protectores auditivos son los que presentan mayores interferencias.

Asimismo, es esperable que en estos casos, el trabajador optará por prescindir del EPI que le resulte más molesto, generalmente el que protege las vías respiratorias.

↘ En cuanto a las gafas de graduación, el 6% de los trabajadores las utiliza en su puesto de trabajo, de los cuales un 78% indica que se producen interferencias.

↘ La valoración subjetiva de los trabajadores con respecto a la dificultad para respirar, la seguridad aportada y el confort del equipo, evidencian un nivel medio/alto de aceptación a estos equipos, que podría mejorarse mediante procesos de divulgación, sensibilización y participación en la elección de los mismos. La limitación del campo visual no representa un problema especial en esta clase de EPIVR.

↘ En el 87% de los puestos de trabajos considerados, el gasto energético era ligero o moderado. El resto de puestos presentaban unos requerimientos energéticos elevados, situación que puede aumentar la fuga facial debido a una presión negativa más alta en el interior de la mascarilla. Además, la mitad de los puestos exigía una flexión cervical pronunciada y flexión del tronco, que debido al efecto de la gravedad y a aprietes insuficientes del EPIVR, pueden disminuir la protección del trabajador y requiere que se aumenten las exigencias preventivas.

Se comprueba en el ejercicio “*tocarse los dedos de los pies*” dicho aspecto, puesto que se produce una disminución leve de los factores de ajuste.

↘ Por lo demás, no se constatan diferencias significativas en los factores de ajuste resultantes para los diferentes ejercicios. Si bien, el método de conteo de partículas no permite diferenciar entre partículas provenientes de una fuga facial y las generadas por el usuario durante el ejercicio de ajuste, lo que puede suponer reducir falsamente los factores de ajuste medidos, especialmente durante el ejercicio de “hablar en voz alta”.

↘ A pesar de que el conjunto de la muestra se corresponde con mascarillas no reutilizables, el 65% de los trabajadores reutiliza las mismas durante más de un turno de trabajo, en contra de las indicaciones del fabricante.

- ❖ En relación al almacenamiento temporal (mismo turno de trabajo): el 40% de los trabajadores se cuelgan la mascarilla del cuello o bien la sitúan sobre su cabeza, más un 16% que la deja en cualquier lugar. Esto ocasiona que el EPIVR se encuentre expuesto al contaminante presente en el ambiente, perdiendo eficacia.
- ❖ No se detectan diferencias significativas en la contribución de la forma de la mascarilla, el género del trabajador, la antigüedad utilizando equipos de protección respiratoria y el hábito de fumar a la hora de poder superar una prueba de ajuste.
- ❖ El panel bivariante citado en la ISO/TS 16976-2, representa al 93,27% de los trabajadores participantes en el estudio (92,5% de los hombres y 100% de las mujeres), ligeramente inferior al 95% señalado en la norma. Por lo tanto, se puede estimar que el panel NIOSH bivariante se asemeja a las dimensiones antropométricas de la población ocupada española.
- ❖ Superar una prueba de ajuste va a depender directamente del sello facial que se produzca entre el EPIVR y la forma de la cara. Si se parte de la premisa que se han efectuado un total de 223 pruebas de ajuste en 63 mascarillas autofiltrantes diferentes, no se puede relacionar la influencia de las dimensiones antropométricas con el factor de ajuste.
- ❖ Se pone de relieve que existe una diferencia significativa en las dimensiones faciales entre el hombre y la mujer, a pesar de que la muestra femenina es reducida. Las tallas más adecuadas en la población analizada, serían la mediana/grande en el hombre y la pequeña/mediana en la mujer.
- ❖ En cualquier caso, es preciso subrayar que los factores de protección nominales o asignados, no se pueden tener en cuenta de manera independiente si no van asociados a un programa de protección respiratoria evaluable e integrado en el sistema de gestión de prevención de riesgos laborales de la empresa, incluyendo como partes más destacadas la formación del trabajador y las pruebas de ajuste.

Una prueba de ajuste superada no garantiza que cada vez que el trabajador utilice el EPIVR, se logre el ajuste deseado. Solo demuestra que el respirador seleccionado tiene el potencial de proporcionar el ajuste facial adecuado a esa persona.



FREMAP

Mutua de Accidentes de Trabajo y Enfermedades
Profesionales de la Seguridad Social Número 61

**Eficacia en la utilización de los equipos de protección respiratoria.
Evaluación cuantitativa del ajuste facial en mascarillas autofiltrantes**

6 Propuesta de buenas prácticas

El objetivo de este apartado es ofrecer una guía de buenas prácticas sobre la selección, uso y gestión de las mascarillas desechables conforme a la norma UNE-EN 149:2001 a empresarios, fabricantes, distribuidores, responsables de compras, producción y riesgos laborales, técnicos de prevención y usuarios de equipos de protección respiratoria.

En primer lugar, hay que conocer que situaciones permiten emplear equipos de protección respiratoria, atendiendo a la norma UNE-EN 529:2006³⁰:

- Existen otras medidas de protección, sin embargo existe todavía un riesgo calificado como inaceptable.
- Se están instalando las medidas de protección y la exposición supera los límites de exposición ocupacional.
- Trabajos de emergencia en los que no se puede esperar a que estén instaladas otras medidas de protección.
- Exposiciones poco frecuentes y de corta duración, y que no resulta práctica la instalación de otras medidas de protección.
- Se necesita protección respiratoria para escapar de situaciones de emergencia.
- Trabajos de rescate realizados por personal formado.

Otro aspecto a considerar, es conocer si existen limitaciones en el uso de equipos de protección respiratoria, atendiendo a las características personales del usuario de dicho equipo. Se pueden destacar:

- Malformación de la cara.
- Poseer barba, bigote o patillas que no garanticen el correcto ajuste del adaptador facial.
- Utilización de gafas de seguridad o de graduación incompatibles con el equipo.
- Que padezcan trastornos circulatorios.
- Que presente problemas cinemáticos.
- Que presente problemas neurológicos.
- Que presente problemas psicológicos (claustrofobia).
- Que presente capacidad respiratoria reducida.
- Estar tomando medicamentos que puedan potenciar los posibles efectos de los agentes tóxicos presentes.
- Estar embarazada. El uso de mascarillas autofiltrantes podrían actuar en menoscabo del aporte de aire necesario en situación de embarazo, interponiendo barreras a la respiración. Su uso puede ser adecuado en situación de parto reciente y lactancia natural.

6.1 Criterios para la selección y utilización de equipos de protección respiratoria

La selección de un equipo de protección respiratoria es una decisión compleja que va a depender de multitud de factores: del riesgo a proteger (contaminante químico y atmósfera deficiente en oxígeno), de la concentración del contaminante, de la existencia de protecciones colectivas, de las condiciones ambientales del puesto de trabajo, del uso combinado con otros equipos de protección individual, etc.

En el caso de de las mascarillas autofiltrantes, nos encontramos con una primera limitación a la hora de seleccionar este tipo de equipo, descartando su utilización en las siguientes situaciones:

- Atmósferas deficientes en oxígeno que contengan menos del 19.5% en volumen.
- Concentraciones de contaminantes inmediatamente peligrosas para la salud o la vida (IDLH).
- Concentraciones desconocidas o que excedan de los niveles máximos establecidos por los organismos legislativos.

Lamentablemente, no existe un equipo de protección respiratoria ideal, que sea válido para todos los tipos de contaminantes y condiciones de trabajo, por lo que es necesario seleccionar el EPIVR por personal competente que conozca dichos aspectos, tras un estudio riguroso. El contaminante debe estar identificado correctamente, indicando el agente, la concentración del mismo y la forma en la que está presente.

Antes de seguir avanzando, es preceptivo conocer que el uso de mascarillas autofiltrantes presenta las siguientes ventajas e inconvenientes²⁴:

VENTAJAS	INCONVENIENTES
<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> No es necesario un mantenimiento o limpieza <input type="checkbox"/> No hay limitaciones de movilidad 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> No existe protección para los ojos <input type="checkbox"/> Aumenta la sensación de calor <input type="checkbox"/> Existencia de fugas en el sello facial <input type="checkbox"/> No suelen tener bandas ajustables a la cabeza <input type="checkbox"/> Necesidad de efectuar una prueba de ajuste para seleccionar el modelo y talla adecuados. <input type="checkbox"/> El nivel de protección varía entre modelos <input type="checkbox"/> La comunicación puede ser difícil <input type="checkbox"/> Las gafas de graduación o protección pueden influir en el ajuste facial <input type="checkbox"/> Los equipos deben ser sustituidos cada vez que se ensucien, dañen o aumente la resistencia a la respiración

6.2 Prácticas de trabajo seguras

Una vez que se ha determinado que se dan las circunstancias necesarias para el uso³⁰ de equipos de protección respiratoria y se ha optado por el uso de mascarillas autofiltrantes, debemos contemplar que:

- ❑ Las mascarillas autofiltrantes conforme a la norma UNE-EN 149:2001+A1, están concebidas para la protección frente a partículas sólidas y líquidas no volátiles, siendo inadecuado su uso para protegerse de otros tipos de contaminantes como vapores o gases.

Existen en el mercado mascarillas que junto con el filtro de partículas incorporan carbón activo cuyo factor de protección nominal para estos vapores suelen estar por debajo de los valores límites ambientales (VLA), y no resultan adecuadas para protegerse de concentraciones de vapores o gases cuando éstos se superan. Su uso está destinado fundamentalmente a eliminar olores desagradables.

- ❑ Todos los equipos de protección respiratoria tienen asignado un factor de protección que indica el grado de protección respiratoria que proporcionará al trabajador que lo use; cuanto más alto, mayor será la protección respiratoria proporcionada.

Las mascarillas autofiltrantes se clasifican en tres tipos FFP1, FFP2 y FFP3, que indican factores nominales de protección respectivamente de 4, 12 y 50 veces el valor límite ambiental de las partículas. Por lo tanto, en la selección del grado de protección se tendrá en cuenta tanto los valores de concentración como los límites ambientales legales.

Es necesario reseñar, que si el trabajador decide prescindir del EPIVR durante breves espacios de tiempo mientras se mantiene la situación de riesgo, todos los esfuerzos que se hayan hecho para que los equipos ofrezcan un factor de protección máxima, no habrán servido de mucho. Por ejemplo, si disponemos de un equipo con un FPN de 10, se convierte en un equipo de FPN de 5, si no se utiliza durante 10 minutos en una tarea de 2 horas.

- ❑ Uso individual del equipo de protección. Las características de estos equipos de protección hace inapropiado el uso de una mascarilla por más de un trabajador, ni después de proceder a la limpieza e higienización del mismo, debido a que esta opción no la permite el fabricante.
- ❑ El cuidado y mantenimiento que se tiene que realizar en mascarillas reutilizables durante más de un turno de trabajo (marcadas con la anotación "R"), será el indicado por el fabricante en el folleto de instrucciones y suele consistir en pasar una toallita húmeda por el borde en contacto con la cara.
- ❑ Previo a la manipulación, colocación, ajuste y retirada del EPIVR, es conveniente limpiarse las manos para evitar la contaminación de su interior. El empresario deberá garantizar que los trabajadores abandonan la zona de uso del respirador en el caso de:
 - Colocar o retirar la mascarilla autofiltrante.

- Lavarse la cara, con el objeto de evitar la irritación de los ojos o de la piel asociada con el uso del respirador.
- Detectar cambios en la resistencia de respiración o fugas en la mascarilla.
- Comprobar que las mascarillas autofiltrantes seleccionadas están certificadas para el uso que se le quiere dar y disponen de la siguiente información:
 - Marca, modelo del equipo y talla si corresponde.
 - Norma europea que cumple (UNE-EN 149:2001+A1).
 - Su grado de eficacia (P1, P2 o P3)
 - Si es reutilizable “R” o de un único uso “NR”, en caso de no especificarlo se entenderá que la mascarilla no es reutilizable.
 - Marcado CE.
 - Año de expiración de vida útil.
 - Folleto Informativo en la lengua oficial del país donde se comercialice sobre las condiciones de uso, colocación, ajuste, almacenamiento (Tª y humedad), mantenimiento, etc.
 - Cualquier otra información que afecte a la seguridad y salud del trabajador durante el uso del equipo.
- Establecer procedimientos de trabajo que incluyan realizar un ajuste correcto del equipo a la cara del usuario, en caso contrario se vería mermada su eficacia y por lo tanto la protección del usuario. Un correcto ajuste de la mascarilla implica:
 - Tener la cara limpia, seca y libre de vello antes de colocarse la mascarilla.
 - Desplegar o moldear la mascarilla y su clip para ajustarla al usuario.
 - Colocar la mascarilla sobre la cara con una mano y después las gomas de ajuste con la otra.
 - Evitar que se enreden las gomas de ajuste, dejar la superior a la altura de la coronilla y colocar la inferior a la altura de la nuca.
 - Amoldar/desplegar la mascarilla para que quede cubierta la cara por encima de la nariz y por debajo de la barbilla.
 - Presionar el clip de ajuste nasal con las dos manos hasta que se adapte bien al contorno.
 - Por último, llevar a cabo la correspondiente comprobación de ajuste que consiste en cubrir la mascarilla con ambas manos e inhalar profundamente. Si no se aprecia la entrada de aire por el contorno de la mascarilla el ajuste es correcto, en caso contrario se debe repetir la operación de ajuste.
- En aquellas situaciones que dificultan un correcto ajuste del equipo de protección respiratoria, la eficacia del mismo puede verse reducida por la utilización de:
 - Mascarillas de tamaño inadecuado. Es habitual la existencia de mascarillas de talla única o universal lo que implica que no ajustan correctamente a determinadas fisionomías faciales.

Este hecho se puede verificar mediante la siguiente práctica: el trabajador realizará muecas, forzando la expresión de la cara a través de sonrisas o frunciendo el ceño, con la mascarilla colocada, de tal forma que crea una fuga en el sello facial y cuando deja de hacerlas deberá comprobar que la mascarilla vuelve a sellarse sin necesidad de ninguna intervención por parte del operario.

- Modelos de mascarillas incorrectos. En ocasiones, determinadas particularidades del trabajador como tener un apéndice nasal prominente o demasiado pequeño, utilizar gafas graduadas... implica que un determinado modelo de mascarilla no sea el más idóneo; en estas circunstancias se deberá probar distintos modelos (moldeadas o plegadas) hasta encontrar el que se ajusta correctamente a la forma de la cara.
- Otros equipos de protección individuales. El uso conjunto con otros equipos de protección puede resultar incómodo, o llegar a ser incompatible, por lo que se valorará la compatibilidad de los equipos y en algún caso se tendrá que optar por la elección de otra clase de EPIVR, como por ejemplo integrales. Se debe dar preferencia a los EPI que haya propuesto el fabricante para su uso conjunto.

Es frecuente el uso de protectores oculares junto con equipos de protección respiratoria, siendo esencial mantener el confort y el ajuste del conjunto. Uno de los mayores problemas que manifiestan los trabajadores es el empañamiento de los cristales cuando emplean mascarillas autofiltrantes. En estas ocasiones optan por prescindir de la mascarilla para evitar perder visibilidad, especialmente si tienen que desempeñar una tarea que entrañe especial riesgo. Las alternativas posibles son las siguientes:

- Se deberán buscar gafas con tratamiento antiempañamiento de vida útil ilimitada.
 - Las mascarillas deberán disponer de clip nasal y válvula de exhalación, con el fin de limitar el empañamiento.
 - En último lugar, optar por otro tipo de equipo de protección respiratoria
- ❑ Hábitos inadecuados. Romper una de las gomas de ajuste, colocar las dos gomas en la coronilla o en la nuca, realizar un nudo a las gomas para mejorar el apriete, etc. En estos casos la mascarilla es ineficaz y los trabajadores deberán seguir las instrucciones del fabricante del equipo en cuanto a su colocación y ajuste evitando modificarlas a sus necesidades particulares. Las gomas o cintas de la cabeza es preferible que sean ajustables, permitiendo de este modo sujetar firmemente la media máscara filtrante en la posición requerida.
- ❑ Aquellos puestos de trabajo en los que la carga física es importante (metabolismo elevado⁹), conlleva un aumento de la frecuencia de respiración, pudiendo inhalar una mayor cantidad de contaminantes; se incrementan las fugas en el sello facial debido a que los movimientos y esfuerzos son más notables, además de elevarse la sudoración. Con el fin de evitar esta situación se propone:
- Utilizar mascarillas con una resistencia baja a la respiración. Aquellas que disponen de válvulas de exhalación facilitan los trabajos en ambientes calurosos y húmedos.

- Establecer descansos frecuentes y en ciertos casos, si es necesario, recurrir a la utilización de equipos filtrantes asistidos con motor o a equipos de línea de aire. Deberían seleccionarse de forma que el caudal mínimo del fabricante sea suficiente para evitar una presión negativa.

También se recomienda el uso de equipos motorizados en los siguientes casos:

- Necesidad de elevados niveles de protección
 - Mayor comodidad para trabajos de larga duración
 - Utilización simultánea de equipos de protección individual.
 - Usuarios que no consiguen un ajuste facial óptimo
 - Personas que no admiten el uso de EPI
- Presencia de vello facial. La existencia de vello en la cara, especialmente en zona de contacto entre la mascarilla y la piel, impide la estanqueidad del conjunto y disminuye la eficacia de la mascarilla. De forma general, los trabajadores que utilicen estos equipos de protección, no deben tener barba poblada, pudiendo dejarse bigote o perilla siempre que quede dentro de la mascarilla y no interfiera en la zona de contacto entre el perímetro del equipo y la cara. A continuación se detallan las situaciones consideradas aceptables e inaceptables referentes al vello facial.

SITUACIONES ACEPTABLES



- ❑ Los filtros frente a partículas¹³ poseen mayor rendimiento cuanto más tiempo se utilizan, pero esta circunstancia va en contra de la resistencia que le supone al usuario la inhalación. No es posible determinar un tiempo de eficacia de un filtro ya que son diversos los factores que influyen en su duración: humedad relativa, temperatura, ritmo respiratorio, capacidad pulmonar, concentración y naturaleza del contaminante.
 - Se recomienda sustituir el filtro en los intervalos recomendados por los fabricantes, cuando se advierta el olor o sabor del contaminante o cuando haya un incremento de la resistencia respiratoria. En los filtros P3 la sustitución debe ser a diario, mientras que en los filtros P1 y P2 puede estimarse calculando el tiempo que transcurrirá hasta que le llegue al filtro un gramo de contaminante en polvo mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Tiempo de servicio (horas)} = 550 / \text{Concentración del contaminante (mg/m}^3\text{)}$$

No obstante, hay que considerar lo establecido en la norma UNE-EN 149:2001+A1, que indica que solo se reutilizarán durante más de un turno de trabajo las mascarillas marcadas con la anotación "R".

- El tiempo de trabajo con los EPIVR será el mínimo posible, en todo caso se deben establecer los periodos de uso continuado, que se recomienda no supere las dos horas. También se deben hacer pausas, en función de la sobrecarga que representen para el sistema respiratorio y en su caso, del sobreesfuerzo físico que pueda suponer su utilización.
 - El descanso mínimo entre 2 usos consecutivos deberá ser de 30 minutos. Este criterio general puede ser modificado, dependiendo del esfuerzo que requiera la tarea.
- ❑ Las mascarillas no deben permanecer en atmósferas contaminadas después de su uso, se almacenarán en lugares acondicionados para ello, como por ejemplo en bolsas cerradas dentro de taquillas, para evitar que se dañen o se contaminen. Las taquillas o armarios es preferible que estén situados fuera de la zona de exposición.

Las mascarillas plegadas facilitan el almacenamiento temporal cuando es necesario hacer usos intermitentes del EPIVR.

El almacenamiento deberá estar protegido de cualquier tipo de situación que pueda dañarlos, como puede ser: polvo, luz solar, temperaturas extremas, humedad excesiva o los productos químicos dañinos; y siempre que sea posible se guardarán en su envase original para evitar la deformación de la pieza facial o de la válvula de exhalación.

6.3 Criterios para la gestión de las mascarillas autofiltrantes

El empleo de una mascarilla no es el resultado de la compra, más o menos acertada, de un protector y su puesta a disposición a los trabajadores. Debe ser la consecuencia de un programa rigurosamente diseñado, en el que se identifique los contaminantes presentes, se evalúe si existe un riesgo para la salud, se asuma que es necesario utilizar el EPIVR y se seleccione el equipo de protección respiratoria adecuado, concluyendo con un entrenamiento de los trabajadores.

Seguidamente, se destacan los puntos más significativos a los que se debería prestar atención, para integrar la utilización de equipos de protección respiratoria en el sistema de gestión de prevención de riesgos laborales de la empresa.

- ❑ **Necesidad de uso del EPI** → El responsable en riesgos laborales, una vez evaluadas las condiciones de trabajo, deberá determinar la necesidad del uso de equipos de protección respiratoria. Normalmente dicha necesidad debe ir asociada a la incapacidad, a la insuficiencia o a la adopción programada de las medidas de protección colectiva. Recae sobre esta misma figura la responsabilidad de indicar la clase de protección necesaria basándose en la evaluación del riesgo y en las posibles restricciones detectadas por el servicio de vigilancia de la salud que presenten los trabajadores para el uso de dichos equipos.
- ❑ **Selección del EPI** → La elección de un equipo de protección debe contemplar fundamentalmente su eficacia, adaptabilidad a las particularidades de los trabajadores, compatibilidad con otros equipos, comodidad de uso así como la generación de posibles riesgos adicionales en el uso. En esta decisión deben participar el responsable en prevención, el empresario y los trabajadores, debiendo consensuarse en la medida de lo posible la elección.
 - Responsable en riesgos laborales → El criterio técnico debe prevalecer en la selección del equipo, primándose la protección del trabajador frente a otras variables como coste, apariencia, comodidad, etc. Es imprescindible la participación del técnico que ha evaluado las condiciones de riesgo del puesto de trabajo.
 - Empresario → Su participación también es necesaria en la selección, ya que su aportación sobre las condiciones de trabajo es relevante, siendo además el que toma la última decisión con respecto al respirador a adquirir.
 - Trabajador → Es importante que el usuario colabore en el proceso de selección, especialmente en lo que se refiere a la comodidad en el uso, si bien la decisión última estará fundamentada en criterios de protección y no de sus preferencias particulares.
- ❑ **Adquisición** → El responsable de compras deberá ceñirse a las especificaciones dadas por la comisión de selección, verificando en su caso que el equipo cumple con los requisitos de certificación pertinentes (norma EN, marcado CE, etc.). Para asegurar que se compra el equipo seleccionado, es aconsejable que dicho responsable entregue al proveedor o suministrador una ficha técnica con lo requerido. Si varios modelos de mascarillas autofiltrantes cumplen con las características técnicas exigidas, se deberá atender a los siguientes criterios ergonómicos⁷:

- Que pese lo menos posible.
- Que no interfiera en el campo visual.
- Que las cintas de la cabeza sean fácilmente regulables, con el objeto de mantener correctamente ajustado el EPIVR.
- Que las partes del adaptador facial en contacto con la cara sean blandas.
- Que sea inodoro o de olor agradable.

En igualdad de condiciones, el criterio que deber prevalecer será la opinión del trabajador una vez probado el equipo en una simulación de trabajo. La aceptación por parte del usuario y el uso práctico son esenciales en la selección de un respirador. Si la máscara causa incomodidad, no se utilizará o se utilizará incorrectamente.

Formación → Todos los trabajadores deberán ser informados y formados de manera clara y concisa sobre:

- Tipo de equipo a utilizar.
- Cuándo y cómo deben usarse.
- Limitaciones y ventajas del EPI.
- Tiempo de servicio en condiciones normales de utilización.
- Tiempo máximo de utilización continuada y descansos entre varios usos.
- Modo de colocación de la mascarilla.
- Comprobaciones de ajuste que deben realizar diariamente para controlar el sellado facial.
- Conservación, almacenamiento y su limpieza si procede.
- Caducidad.
- Cómo utilizar el respirador de manera efectiva en situaciones de emergencia.
- Cómo reconocer los signos y síntomas médicos que indican que el uso del respirador no está siendo efectivo.

La formación se impartirá periódicamente o cuando se produzcan alguna de las siguientes situaciones:

- Cambios en el lugar de trabajo o en la clase de respirador.
- Conocimiento o uso del EPIVR deficientes que indican que el trabajador no ha asimilado la formación recibida.
- Cualquier otra situación en la que se observe la necesidad de volver a formar al trabajador.

En muchos casos el trabajador piensa que por llevar una mascarilla está totalmente protegido. Sin embargo esta creencia puede ser totalmente errónea, cuando utilizando la protección adecuada el trabajador no hace un uso correcto de la misma (mal colocada, almacenada en el lugar de trabajo incorrectamente...). Este error va en perjuicio tanto del trabajador como del empresario.

Indudablemente, el trabajador adoptará más eficazmente estas buenas prácticas cuanto mejor informado esté de sus riesgos y más formación haya recibido sobre las medidas de prevención a adoptar.

Utilizando el visualizador del factor de ajuste en tiempo real del dispositivo Portacount, se puede enseñar a los trabajadores a colocar una mascarilla de manera adecuada, probando en qué situación se consigue el mayor factor de ajuste. De esta manera los trabajadores podrán valorar la eficacia de una manera fácil, sencilla e intuitiva.

- ❑ **Prueba de ajuste** → Para la elección de la mascarilla, es necesario efectuar el ensayo de ajuste cualitativo o cuantitativo determinado por el responsable en riesgos laborales y aprobado por el empresario.

Antes de efectuar dicha prueba, se ofrecerá al trabajador diferentes marcas, modelos y tamaños de mascarillas de eficacia similar para que éste pueda elegir aquel equipo que le resulte más confortable y ajuste mejor a su cara.

Las pruebas de ajuste se realizarán al inicio de la utilización de un EPIVR, cuando existan cambios en las condiciones físicas del usuario que puedan afectar el ajuste, en la adquisición de un nuevo equipo y de forma periódica según se establezca en la comisión de selección.

Se ha pensado en la ficha que se muestra en la página siguiente (figura 2), que amplía el pasaporte de protección respiratoria indicado por la norma UNE-529:2006³⁰, con el fin de registrar la información relativa a la formación inicial y periódica a impartir a los usuarios de EPI, así como las pruebas de ajuste realizadas por éste.

- ❑ **Distribución** → Deberán proporcionarse a cada trabajador teniendo en cuenta sus características anatómicas. Se llevará un registro documental que permita verificar que el trabajador ha sido instruido en el uso del mismo y ha superado el ensayo de ajuste (pasaporte de protección respiratoria). La recepción y entrega de los equipos de protección respiratoria deberá ser realizada por personal autorizado, a fin de asegurar que el equipo recibido del proveedor y entregado a los usuarios corresponda al seleccionado.
- ❑ **Supervisión** → Los mandos directos de los trabajadores deberán controlar que se lleva a cabo un uso adecuado de los equipos de protección, así como que se respetan las condiciones de mantenimiento, sustitución, etc. Dichos mandos deben ser formados previamente en esta materia.

De nada sirve comprar mascarillas con un alto grado de protección o realizar pruebas de ajuste, que suponen un coste económico, si después el mando directo no advierte al trabajador sobre la obligación de utilizar el EPIVR en lugares de riesgo o la inadecuada utilización por parte de los trabajadores. Por ejemplo, si disponemos de un equipo con un FPN de 10, se convierte en un equipo de FPN de 5, si se deja de utilizar 10 minutos en 2 horas.

CERTIFICADO DE FORMACIÓN

Nº de identificación _____

Nombre y apellidos _____

Ha sido formado en el uso de equipos de protección respiratoria que se detallan a continuación y está capacitado para llevarlos, además de haber superado las pruebas de ajuste correspondientes.

TIPO DE EQUIPO					
Nº	Fabricante	Modelo	Norma	Clase	Talla
1					
2					
3					
4					
5					

PRUEBA DE AJUSTE			
Nº	Fecha del test	Tipo de test de ajuste	Supera ¹
1			
2			
3			
4			
5			

Valido hasta _____

Firmado _____

- **Guarde este documento.** Lo necesitará para retirar o utilizar equipos de protección respiratoria.
- Avise a su supervisor antes de que expire.
- Si necesita información adicional póngase en contacto con _____

¹Indicar si el test ha sido superado. En el caso de ser el test cuantitativo, indicar el valor.

Figura 4. Ficha complementaria al pasaporte de protección respiratoria indicado por la norma UNE-529:200620

Es imprescindible que este proceso quede recogido documentalmente para asegurar que todas las partes asuman su responsabilidad y se impliquen en el programa de protección respiratoria. De esta forma evitaremos que se seleccione un equipo de protección individual inadecuado, por una decisión arbitraria de algunas de las partes que no tenga toda la información o formación necesaria para una selección correcta, o bien que haya personas que utilicen los EPIVR sin la debida formación.

Como registro documental, se incluye el siguiente formulario:

Selección de equipo de protección individual			
Comité de selección			
Responsable en riesgos laborales			
Empresario o representante de la empresa			
Representante de los trabajadores / trabajador afectado			
Observaciones:			
Datos del Equipo de protección individual			
Tipo			
Marca		Eficacia	
Modelo		Reutilizable	
Talla		Norma	
Observaciones:			
Trabajadores que deben utilizarlos			
Nombre y apellidos		Observaciones / limitaciones	
1			
2			
3			
4			
Responsables			
Adiestramiento en el uso del EPI			
Compras			
Distribución y supervisión del uso del EPI			
Fecha			
Conforme			
Técnico de prevención	Responsable de la empresa	Representante de los trabajadores	
Responsable de adiestramiento	Responsable de compras	Responsable de distribución y supervisión	

7 Bibliografía

- ¹Adri Spies, Kerry S Wilson², Robert Ferrie “Respirator fit of a medium mask on a group of South Africans: a cross-sectional study”. *Environmental Health* 2011.
- ²American Industrial Hygiene Association *AIHA*. “Research Needs in Respiratory Protection” 11-9-2009.
- ³ANSI Z88.2 (American National Standard for Respiratory Protection).
- ⁴Anuario de Estadísticas del Ministerio de Trabajo e inmigración 2010. (<http://www.meys.es/estadisticas/ANUARIO2010/index.htm>)
- ⁵Brookhaven National Laboratory. Safety & Health Services Division. Respiratory Fit testing- QNFT Program. IH 72300. 22-9-2009.
- ⁶Christopher C. Coffey, Robert B. Lawrence, Donald L. Campbell, Ziqing Zhuang, Catherine A. Calvert, and Paul A. Jensen “Fitting Characteristics of Eighteen N95 Filtering-Facepiece Respirators” *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 1, 2004, Pages 262–271.
- ⁷Christopher C. Coffey, Robert B. Lawrence, Ziqing Zhuang, Matthew G. Duling, and Donald L. Campbell. “Errors Associated with Three Methods of Assessing Respirators Fit”. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, January 2006.
- ⁸Guía Técnica para la utilización por los trabajadores en el trabajo de los Equipos de Protección Individual. REAL DECRETO 773/1997, de 30 de mayo B.O.E. nº 140, de 12 de junio.
- ⁹Health and Safety Executive. Operational SE 282/28 (Reino Unido).
- ¹⁰<http://www.fit2fit.org>. British Safety Industry Federation.
- ¹¹Institute of Medicine: Assessment of the NIOSH Head-and-Face Anthropometric Survey of U.S. Respirator Users (2007).
- ¹²Instituto Nacional de Estadística. CNAE – 2009.
- ¹³INSHT: Equipos de protección individual. Aspectos generales sobre su comercialización, selección y utilización. Editorial INSHT.
- ¹⁴INSHT: VI Encuesta Nacional de Condiciones de Trabajo.
- ¹⁵INSHT: NTP 323. Determinación del metabolismo energético.
- ¹⁶INSHT/PN 543. Aspectos antropométricos de la población laboral española aplicados al diseño industrial (2003).
- ¹⁷ISO/TS 16976-2 (2010) Respiratory protective devices – Human Factors- Part 2: Anthropometrics.
- ¹⁸Larry L. Janssen, Michael D. Luinenburg, Haskell E. Mullins y Thomas J. Nelson “Comparison of Three Commercially Available Fit-Test Methods” *AIHA Journal* 63, 2002, Pages 62–767.

- ¹⁹Lei I Yang, Henggen Shen and Gao Wu. "Racial Differences in Respirator Fit Testing: A Pilot Study of Whether American Fit Panels are Representative of Chinese Faces". *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, Vol. 51, Issue 4, 2007, Pages 415-421.
- ²⁰Mike Clayton and Nick Vaughan. "The role of fit testing in respiratory protection" *Health and Safety Laboratory, Harpur Hill, Buxton SK17 9JN, UK (2005)*.
- ²¹OSHA 29 CFR 1910.134. Respiratory Protection. January 8, 1998.
- ²²TSI Incorporated: Fit factors vs. Protection Factors. Application Note ITI-023.
- ²³TSI Incorporated: Introduction to respirator fit testing. Application Note ITI-070.
- ²⁴TSI Incorporated: Manual de funcionamiento y revisión PortaCount[®] Pro⁺ Model 8038. EE.UU 2010.
- ²⁵TSI Incorporated: PortaCount[®] Pro⁺ Model 8038. Respirator Fit Tester. Theory of Operation. Application Note RFT-001.
- ²⁶TSI Incorporated: Standards and Regulations Pertaining to Respirator Fit Testing. Application Note ITI-046.
- ²⁷UNE-EN 132: 1999 Equipos de protección respiratoria. Definiciones de términos y pictogramas.
- ²⁸UNE-EN 149:2001+A1 (2010). Dispositivos de protección respiratoria. Medias máscaras filtrantes de protección contra partículas. Requisitos, ensayo y marcado.
- ²⁹UNE-EN 405:2002+A1 (2010).Equipos de protección respiratoria. Medias máscaras filtrantes con válvulas para la protección contra gases o contra gases y partículas. Requisitos, ensayos, marcado.
- ³⁰UNE-EN 529: 2006 Equipos de protección respiratoria. Recomendaciones sobre selección, uso, cuidado y mantenimiento.
- ³¹UNE-EN 1540. Atmósferas en el lugar de trabajo. Terminología.
- ³²UNE-EN 13274-1:2001 Equipos de protección respiratoria. Métodos de ensayo. Parte 1: Determinación de la fuga hacia el interior y de la fuga total hacia el interior.
- ³³UNE-EN 13274-3:2002 Equipos de protección respiratoria. Métodos de ensayo. Parte 3: Determinación de la resistencia a la respiración.
- ³⁴UNE-EN ISO 7250-1 (2010) Definiciones de las medidas básicas del cuerpo humano para el diseño tecnológico. Parte 1: Definiciones de las medidas del cuerpo y dimensiones.
- ³⁵U.S. NIOSH (2004). NIOSH respirator selection logic. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH) Publication No. 2005-100.
- ³⁶Willeke, K., H.E. Ayer, J.D. Blanchard. "New Methods For Quantitative Respirator Fit Testing With Aerosols". *American Industrial Hygiene Association Journal*, Feb. (1981).



- ³⁷Ziging Zhuang; Dennis Groce; Heinz W. Ahlers; Wafik Iskander; Douglas Landsittel; Steve Guffey; Stacey Benson; Dennis Viscusi; Ronald E. Shaffer. "Correlation between respirator fit test panel cells by respirator size". *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 1545-9632, Vol. 5, Issue 10, 2008, Pages 617-628.
- ³⁸Ziging Zhuang; Douglas Landsittel; Stacey Benson; Raymond Roberge and Ronald Shaffer. "Facial anthropometric differences among gender, ethnicity, and age groups". *National Institute for Occupational and Health, National Personal Protective Technology Laboratory, Pittsburgh, PA 15236, USA. Published online 10 march 2010.*



FREMAP

Mutua de Accidentes de Trabajo y Enfermedades
Profesionales de la Seguridad Social Número 61

**Eficacia en la utilización de los equipos de protección respiratoria.
Evaluación cuantitativa del ajuste facial en mascarillas autofiltrantes**

8 Anexos

8.1 Anexo I. Teoría de funcionamiento del PortaCount® Pro+

El dispositivo de pruebas²⁴ de ajuste PortaCount® Pro+ mide el ajuste de un EPIVR comparando la concentración de partículas microscópicas del exterior del equipo de protección con la concentración de partículas que se han filtrado en el interior de dicho equipo. La proporción de estas dos concentraciones se denomina factor de ajuste.

Debido a que las partículas microscópicas del aire no pueden pasar a través de los filtros de la clase 99 ó 100 (NIOSH 42 CFR 84), en el caso de existir partículas en el interior de una mascarilla de esta clase, será debido a una filtración facial.

El dispositivo PortaCount® Pro+ tiene un doble tubo de muestras: uno obtiene muestras del aire ambiente y el otro se conecta a la mascarilla de respiración, realizando una muestra desde el interior gracias a una sonda. Una válvula del dispositivo de pruebas de ajuste PortaCount® Pro+ cambia de un tubo al otro en función del protocolo que se esté aplicando.

PortaCount® Pro+ está basado en un contador de núcleos de condensación (CNC), también conocido como contador de partículas condensadas (CPC). El CNC toma las partículas que son demasiado pequeñas para detectarlas y aumentarlas hasta obtener un tamaño mayor, con el objeto de poder contarlas con mayor facilidad.

PortaCount® Pro+ aumenta las partículas submicrónicas a gotas de alcohol supermicrónicas y, a continuación, mide la concentración de las gotas de alcohol. Con dicha técnica se puede trabajar en un rango de tamaños de partículas a partir de 0,015 micras. El equipo no es sensible a las variaciones en el tamaño, la forma, la composición y el coeficiente de refracción de las partículas. Por lo tanto, las pruebas de ajuste cuantitativas se pueden llevar a cabo virtualmente con cualquier aerosol, incluido el aire ambiente, siempre que exista una concentración mínima de partículas.

El aerosol se mete a través del instrumento mediante una bomba de vacío con diafragma a un caudal de 1,0 litro por minuto. El flujo se introduce en el instrumento por el puerto de ambiente o el de muestreo. La válvula de conmutación determina el puerto que se utiliza. La toma de corriente de la válvula de conmutación lleva al tapón del extremo del saturador, donde dispersa el flujo. En el saturador se introduce un caudal de 0,35 litros por minuto, que pasa por el condensador, la boquilla y el volumen de detección.

El flujo restante pasa por la línea de aire sobrante y se recombina con el flujo de muestreo del volumen de detección.

El sensor de PortaCount® Pro+ se compone de un saturador, un condensador y elementos ópticos. El saturador está revestido de una mecha empapada de alcohol. Hay montado un dispositivo termoeléctrico entre el saturador y el condensador que enfría el condensador y calienta el saturador.

Después de pasar por el saturador, el aerosol (ahora saturado de vapor de alcohol) se introduce en el tubo del condensador. El vapor de alcohol se condensa en las partículas y hace que se conviertan en gotas. A continuación, las gotas pasan por la boquilla y se introducen en el volumen de detección, tal como se indica en la figura 5.

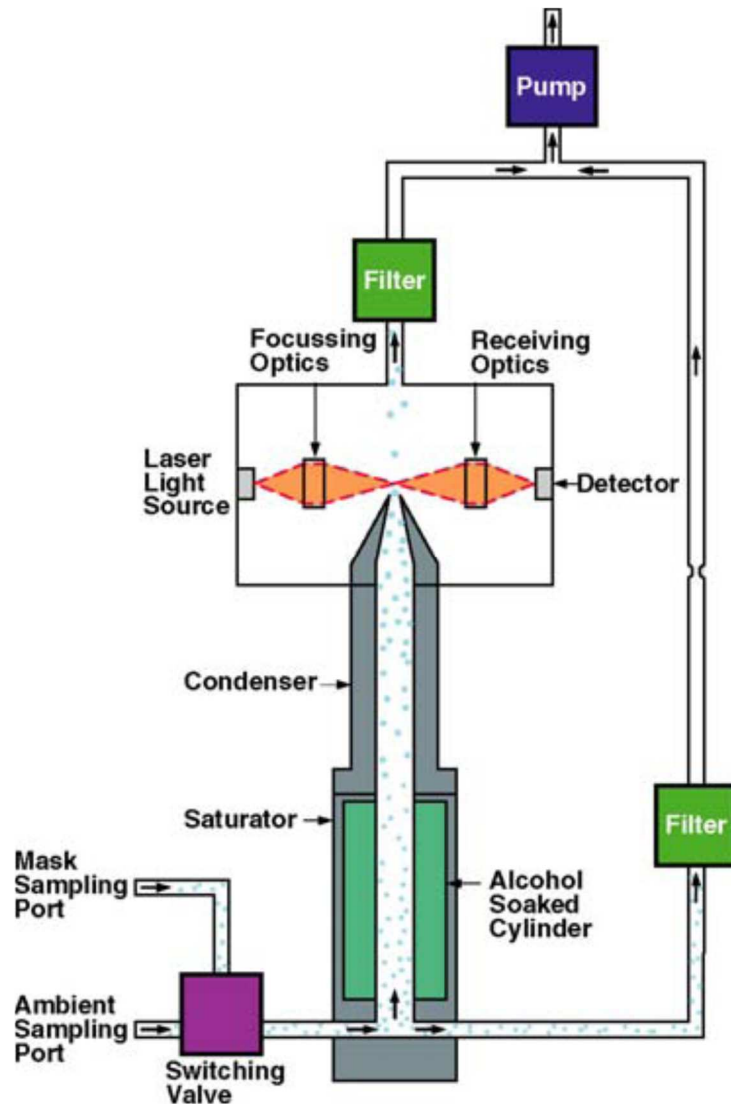


Figura 5. Funcionamiento del Equipo Portacount

La óptica de enfoque del sensor se compone de un diodo láser y una serie de lentes que enfocan la luz del láser en un volumen de detección justo por encima de la boquilla. Cada partícula que pasa por el volumen de detección dispersa luz. La óptica de recepción recopila luz y se enfoca en un fotodetector. El fotodetector genera un impulso eléctrico a partir de la luz dispersada cada vez que una gota pasa por el volumen de detección. El recuento de partículas está determinado por el recuento del número de impulsos generados durante un período de tiempo determinado. Puesto que conocemos el recuento de partículas, el período de tiempo y el caudal, podemos calcular la concentración de partículas.

8.1.1 Tecnología N95 Companion™ integrada en equipos Portacount® Pro+

La tecnología N95 Companion™ integrada²⁵ selecciona partículas en un rango específico y las deja pasar al equipo, descartando el resto (figura 6). Sin dicha tecnología, las partículas descartadas podrían ser contadas como una fuga facial, porque muchas de ellas están en el rango que penetran filtros clase 95 (NIOSH 42 CFR 84), mientras que con la tecnología N95 Companion™ integrada detecta solo partículas que están en el correcto rango de tamaños para un test de ajuste cuantitativo.

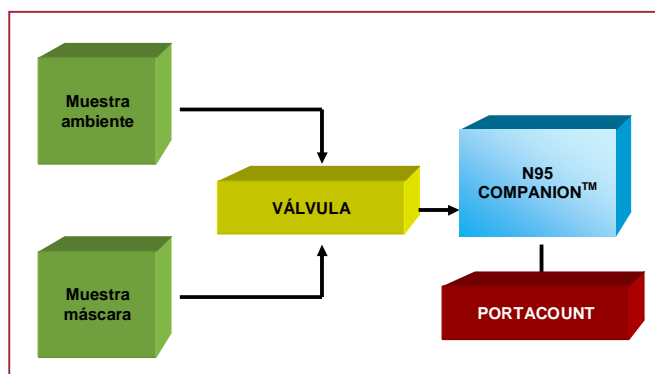


Figura 6. Esquema de funcionamiento de la Tecnología N95-COMPANION™

Un test de ajuste cuantitativo depende de la premisa de que todas las partículas detectadas en el interior de la mascarilla, son producto de una fuga facial. Cuando se analizan filtros P3 o filtros HEPA, esta suposición es válida porque virtualmente todas las partículas son atrapadas por el filtro.

Cuando los EPIVR son de baja eficacia, la suposición de que todas las partículas detectadas en el interior de la mascarilla pasaron a través de una fuga facial no es válida. Hasta un 5% de las partículas pueden penetrar a través del filtro (figura 8). De no tenerse este aspecto en cuenta, las partículas que se introducen a través del filtro serán interpretadas como una fuga facial, dando como resultado unos factores de ajuste inferiores a lo esperado.

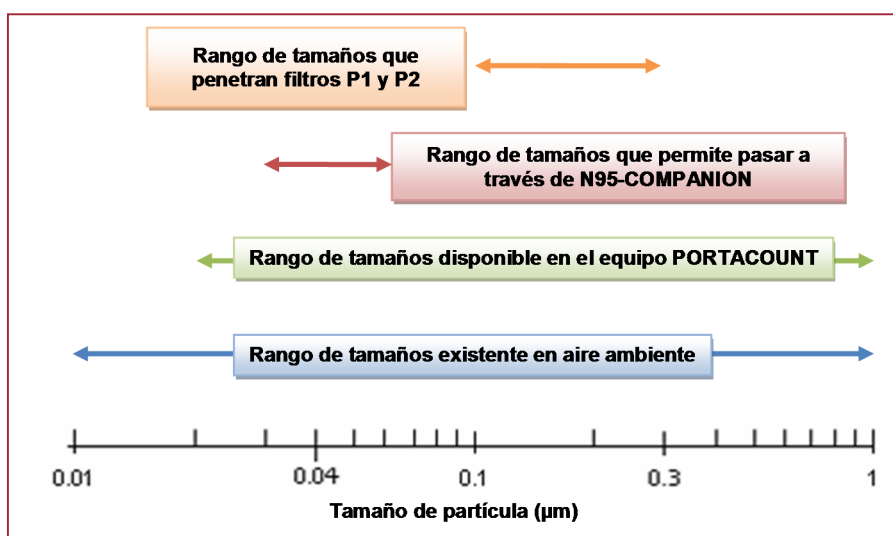


Figura 7. Tecnología N95-COMPANION™

Cuando el PortaCount® Pro+ realiza test de ajuste a filtros P1 y P2, restringe el rango de tamaños de partículas contadas (figura 7), de este modo elimina las partículas que puedan penetrar a través del filtro. Debido a que las partículas que quedan no pueden atravesar filtros P1 y P2, la teoría de que todas las partículas detectadas en el interior de la mascarilla se deben a una fuga facial es correcta. Una consecuencia inevitable de eliminar todas las partículas no deseadas es que muchas partículas que no se pretendía retener, son también capturadas.

Esto tiene por resultado muchas menos partículas disponibles para realizar el test de ajuste que si la tecnología N95 no fuera empleada. Aún así, las bajas concentraciones del sistema restringen el factor máximo de ajuste a 200.

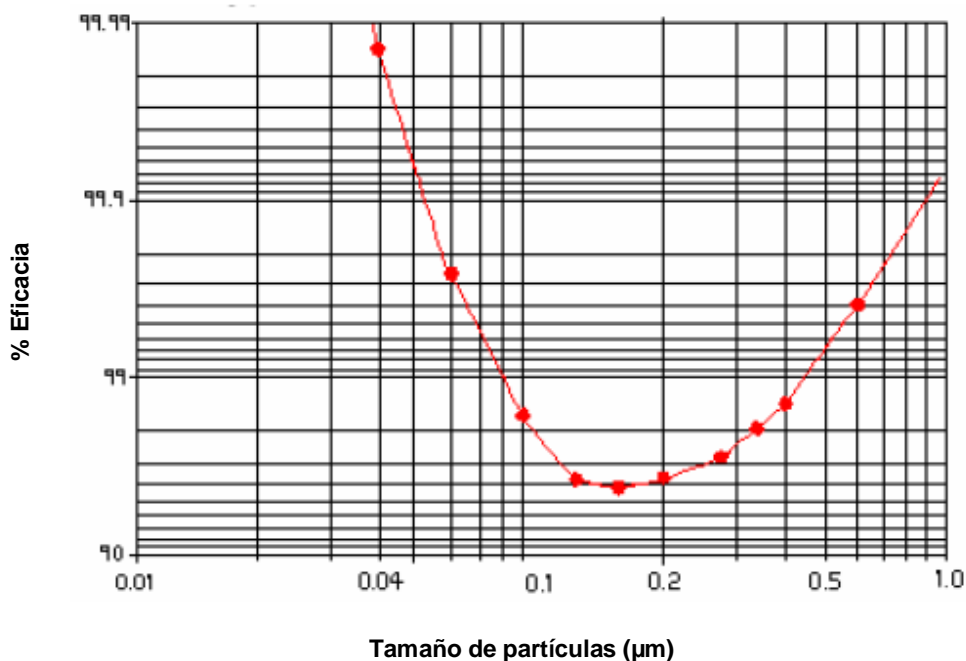


Figura 8. Curva de eficacia típica para filtros P1 y P2

Ya que la única diferencia entre test de ajuste realizados con el equipo PortaCount® Pro frente a otros hechos con el PortaCount® Pro+ con la tecnología N95 Companion™ integrada es el tamaño de partícula del aerosol, es razonable preguntarse si el tamaño de partícula afecta al resultado de la medida del factor de ajuste.

Durante años, un número de estudios han sido dirigidos en esta dirección. La mayoría de las investigaciones muestran que las partículas más grandes que 2 micras de diámetro tienen dificultad para penetrar en una fuga facial. Desafortunadamente, estos estudios descuidaban examinar el comportamiento de partículas inferior a pocas décimas de micra, que es el rango utilizado por PortaCount® Pro y PortaCount® Pro+. Para cubrir este vacío en las investigaciones, TSI elaboró un estudio usando partículas de tamaños que variaban desde 0,02 a 1 micra. Los resultados mostraron que todas las partículas usadas en ambos equipos son apropiadas para realizar test de ajuste.

8.1.2 Cálculo de la concentración de partículas

La concentración de partículas²⁴ se calcula mediante el recuento del número de partículas que pasa por el sensor en un período de tiempo determinado. Puesto que se conoce el caudal (5,83 cm³/s), se podrá determinar la concentración de partículas.

En el modo de recuento de un segundo, la ecuación es:

$$\text{Concentración de partículas} = N / ((1s) \times 5,83 \text{ cm}^3/s)$$

donde N es el número de partículas contadas en el período de un segundo.

El caudal de aire total que pasa por el dispositivo Portacount[®] Pro⁺ es 16,7 cm³/s nominal. La razón por la que se utiliza 5,83 cm³/s en los cálculos anteriores es porque la ruta del flujo en el interior del Portacount[®] Pro⁺ se diversifica en el flujo del sensor y el flujo de desvío. El flujo del sensor está establecido en exactamente 5,83 cm³/s y el flujo de desvío en unos 10,8 cm³/s.

Mediante la ecuación anterior, se observa que la concentración mínima que se puede medir es de 0,17 partículas por cm³ en el modo de recuento de un segundo.

Las ecuaciones anteriores también son válidas para determinar la concentración mínima que se puede medir en la mascarilla mediante el modo de prueba de ajuste según el tiempo de muestreo de la mascarilla que se utilice.

Por ejemplo, con un muestreo de la mascarilla de 40 segundos, la concentración mínima que se puede medir es de 0,004 partículas por cm³.

8.1.3 Cálculo del factor de ajuste

Debido a que la concentración del ambiente puede variar a lo largo del tiempo, el dispositivo de pruebas de ajuste de mascarillas de respiración Portacount[®] Pro⁺ calcula el factor de ajuste²⁴ de las concentraciones del ambiente medidas antes y después del muestreo de la mascarilla de respiración y, a continuación, divide el resultado por la concentración medida en la mascarilla de respiración. Esta es la razón por la que el primer ciclo de pruebas (ejercicio) es más largo que los ciclos de prueba adicionales en el modo de prueba de ajuste. Es necesario medir el muestreo adicional de la concentración del ambiente necesaria para calcular el primer factor de ajuste.

Las concentraciones del ambiente y de la mascarilla de respiración se determinan por integración. Las concentraciones integradas se determinan por el número total de partículas contadas durante los períodos de muestreo.

El factor de ajuste se calcula de la siguiente manera:

$$FF = (CB+CA) / 2 \cdot CR$$

donde:

- FF = factor de ajuste;
- CB = concentración de partículas en el muestreo del ambiente antes del muestreo de la mascarilla de respiración;
- CA = concentración de partículas en el muestreo del ambiente después del muestreo de la mascarilla de respiración;
- CR = concentración de partículas en el muestreo del interior de la mascarilla de respiración.

Si no se cuenta ninguna partícula en el muestreo de la mascarilla de respiración, el dispositivo añadirá una partícula automáticamente. Esto evita que la concentración del ambiente se divida por cero. Al final de una prueba de ajuste, se calculará el factor de ajuste global y se mostrará según los factores de ajuste individuales de cada ciclo de pruebas.

La siguiente ecuación se utiliza para calcular el factor de ajuste global en el dispositivo de pruebas de ajuste Portacount® Pro⁺:

$$FF_{\text{global}} = N / [(1/FF_1) + (1/FF_2) + (1/FF_3) + \dots + (1/FF_{n-1}) + (1/FF_n)]$$

donde:

- FF_n = factor de ajuste del ciclo de prueba;
- N = número de ciclos de prueba (ejercicios).

8.2 Anexo II. Métodos de prueba de ajuste

Este anexo es continuación del apartado 2.4 y expone los métodos referenciados en la UNE-EN 529:2006 para evaluar el ajuste de una pieza facial de ajuste hermético. Estos métodos se clasifican en dos categorías: comprobaciones de ajuste y ensayos de ajuste.

8.2.1 Comprobaciones de ajuste

La comprobación de ajuste, se trata de una evaluación sencilla y rápida del correcto ajuste de una pieza facial, basada en la opinión del trabajador. Estos métodos se emplean al realizar la comprobación diaria, previa al uso del equipo, para una pieza facial que ya se ha seleccionado para el usuario mediante ensayo de ajuste. De modo que, las comprobaciones de ajuste no sustituyen a los ensayos, y su objetivo es que el usuario verifique que se ha puesto la mascarilla respiratoria correctamente (Tienen el inconveniente que no se detectan las fugas pequeñas).

La comprobación de ajuste de una mascarilla respiratoria, se puede realizar mediante presión negativa y presión positiva. El usuario no debe sentir ninguna fuga de aire entre la cara y la mascarilla respiratoria; esa es la señal de un buen ajuste facial.

8.2.1.1 Presión negativa

Este método es adecuado para piezas faciales de ajuste hermético. Se ajusta la pieza facial de acuerdo con las instrucciones del fabricante, se colocan ambas manos sobre el adaptador facial y se inhala hasta que la pieza facial se hunde ligeramente en la cara. Si no se producen fugas significativas, esta permanecerá hundida durante varios segundos. En cambio, si entra aire por los bordes de la pieza facial, debe reajustarse y volver a ensayar. En caso de no conseguir un ajuste satisfactorio, no debe utilizarse el equipo.

8.2.1.2 Presión positiva

Este método es adecuado para máscaras autofiltrantes sin válvulas o medias máscaras sin válvulas. Se ajusta la pieza facial de acuerdo con las instrucciones del fabricante, se colocan ambas manos sobre el respirador y se exhala. Si se detectan fugas de aire que escapan por los bordes de la pieza facial, se reajusta y se vuelve a realizar la comprobación. En caso de no conseguir un ajuste satisfactorio, no debe utilizarse el equipo.

8.2.2 Ensayos de ajuste

Existen dos tipos de ensayos de ajuste, las pruebas cuantitativas y las pruebas cualitativas. Las pruebas cualitativas consisten en que la persona pueda detectar o no la sustancia estimulante, y las pruebas cuantitativas miden, objetivamente, la cantidad de partículas que se escapan alrededor de una mascarilla, proporcionando una medida numérica del ajuste facial expresado en términos de *factor de ajuste*. Para cada tipo de mascarilla respiratoria, hay un factor de ajuste mínimo que tiene que lograrse para pasar la prueba. Si se precisan altos factores de protección, será necesario un ensayo de ajuste cuantitativo.

Todos los protocolos de prueba de ajuste, tanto los cualitativos como los cuantitativos, requieren que el usuario realice una serie de ejercicios (de 60 segundos cada uno) destinados a simular los movimientos que se realizan en el lugar de trabajo:

1. Respiración normal.
2. Respiración profunda.
3. Cabeza de lado a lado.
4. Cabeza arriba y abajo.
5. Hablar en voz alta.
6. Mueca durante 15 segundos (solamente en la prueba cuantitativa).
7. Agacharse y tocar los dedos de los pies.
8. Respiración normal.

El objetivo de realizar la mueca es tratar de romper intencionadamente el sellado de la pieza facial para comprobar si, posteriormente, vuelve a ajustar por sí misma. Esta es la razón por la que OSHA no considera que se deba tener en cuenta el factor de ajuste durante este ejercicio, ya que lo importante es el factor de ajuste medido después de la misma.

8.2.2.1 Ensayos de ajuste cualitativos

Este método consiste en la utilización de sustancias de ensayo con olor o sabor distintivo para detectar fugas. Se utiliza para medias máscaras, mascarillas autofiltrantes y máscaras completas.

El protocolo de la prueba cualitativa de ajuste consta de dos partes: la prueba de umbral y la prueba de ajuste.

- La *prueba de umbral* tiene por objeto determinar la capacidad del usuario para percibir una disolución del agente de ensayo a concentraciones bajas, de manera que se pueda comprobar que el usuario es sensible al agente de ensayo utilizado.
- La *prueba de ajuste* utiliza la disolución en su máxima concentración para verificar que el trabajador puede conseguir un ajuste facial aceptable. El usuario se verá expuesto a una atmósfera que contenga el agente de ensayo, y si logra completar los ejercicios sin detectarlo, el ajuste es adecuado y se ha superado la prueba.

Se exponen a continuación los diferentes métodos cualitativos:

Sacarina (sacarina de sodio)

El test de la sacarina se basa en el sentido del gusto. Una vez realizada la prueba de umbral que determine que concentración se requiere para alcanzar el umbral del usuario a la prueba de gusto, comienza la secuencia de ejercicios. Durante los ejercicios, el operador de la prueba debe aplicar chorros de la disolución de sacarina cada 30 segundos. La cantidad de sacarina que se aplicará, dependerá de los resultados de la prueba de umbral. Si durante la prueba de ajuste se detecta el sabor dulce de la sacarina (el usuario debe respirar por la boca, con la lengua extendida), el ajuste facial no es adecuado.

NIOSH ha declarado que "debido a que la sacarina de sodio es un carcinógeno ocupacional potencial, se recomienda que ésta no sea utilizada para las pruebas de ajuste del respirador". Cabe destacar que la cantidad de sacarina a la que una persona está expuesta durante una prueba de ajuste es muy baja.

BITREX® (Benzoato de denatonio)

El bitrex® es un agente de prueba de sabor muy amargo. Utiliza el mismo procedimiento general que el método de la sacarina. Bitrex® usa un nebulizador para rociar una sustancia amarga dentro de una capucha. Debido a que el método requiere filtros tipo P1 y P2, es el método preferido para pruebas de ajuste cualitativo en mascarillas autofiltrantes desechables.

Si el usuario logra completar los ejercicios sin sentir el sabor amargo de la disolución (respirar por la boca con la lengua extendida), el ajuste del contorno es adecuado y se ha superado la prueba.

Acetato de amilo (aceite de plátano)

Se basa en el sentido del olfato de la persona. En primer lugar, se realiza la prueba de umbral para comprobar la percepción del usuario al acetato isoamílico (olor a plátano), para posteriormente, proceder a realizar la prueba de ajuste. Si se percibe el olor a plátano, el ajuste no es aceptable.

Humo irritante

Esta prueba de ajuste utiliza la respuesta del usuario al humo irritante. El humo puede ser irritante para los ojos (el usuario mantendrá los ojos cerrados durante el transcurso de la prueba), pulmones y conductos nasales. Se utiliza un producto químico llamado cloruro de estaño (SnCl_4), que se rocía alrededor de la cabeza del usuario con una pera de goma. El SnCl_4 reacciona con la humedad del aire y produce ácido clorhídrico (HCl, humo blanco) y compuestos de estaño.



La prueba de ajuste se llevará a cabo en un área con ventilación adecuada para evitar la exposición de la persona que realiza la prueba o la acumulación de humos irritantes en el ambiente general. El usuario olerá una concentración débil del humo irritante antes de ponerse el respirador, para familiarizarse con sus propiedades irritantes y comprobar si puede detectarlas.

8.2.2.2 Ensayos de ajuste cuantitativos

Todos los métodos cuantitativos requieren el uso de un respirador modificado. La prueba de ajuste cuantitativa implica una medición numérica directa del rendimiento de sellado del respirador, llamado factor de ajuste (FF).

En cámara de ensayo

Este ensayo es una medida numérica del ajuste, sensible a cualquier tipo de fuga. Los ensayos de ajuste que utilizan aerosol de partículas de cloruro de sodio o gas trazador como hexafluoruro de azufre, pueden realizarse en una cámara de ensayo.

La cámara de ensayo deberá ser lo suficientemente grande para permitir que todos los sujetos de prueba puedan realizar los ejercicios necesarios, sin alterar la concentración del agente de prueba o el aparato de medición. La cámara de prueba deberá estar equipada y construida para que el agente de prueba esté aislado del aire del ambiente, y para que la concentración sea uniforme en toda la cámara.

Se realizan mediciones de la concentración en la cámara y en el interior de la pieza facial. Durante las mediciones, el usuario realiza la serie de ejercicios. El factor de ajuste se determinará comparando la concentración de la cámara con la concentración medida dentro del respirador para cada ejercicio de prueba, salvo el ejercicio de muecas. El respirador no se ajustará una vez que los ejercicios de prueba de ajuste hayan comenzado.

Fuera de cámara de ensayo

Existen métodos alternativos que utilizan equipos portátiles comercialmente disponibles para la medición del ajuste. Son relativamente fáciles de realizar y más económicos que el método en cámara de ensayo.

Método de conteo de partículas

Un equipo cuenta las partículas ambientales que entran en el interior de la pieza facial y las que existen en el aire ambiente. Método empleado en este proyecto.

Método de presión

El protocolo CNP ofrece una alternativa a los métodos de ajuste con aerosol. El método CNP se basa en agotar temporalmente el aire del respirador de la máscara, para generar y mantener una presión negativa constante dentro de la pieza facial (controlando la velocidad del aire evacuado), mientras el usuario permanece sin moverse. La cantidad de aire evacuado se convierte en factor de ajuste equivalente, de modo que el ajuste de la pieza facial se expresa como la tasa de fugas a través de la máscara. Este método requiere una pieza facial que pueda sellarse y por tanto, no puede aplicarse a mascarillas autofiltrantes.

Este sistema sólo se puede utilizar para piezas faciales elastoméricas y requiere que el sujeto de la prueba contenga la respiración cuando se mide el ajuste real del respirador. También requiere los 8 ejercicios estándares, con algunas modificaciones, incluida la reutilización del respirador en el ejercicio 8. Recientemente, OSHA aprobó un nuevo protocolo con solo 3 ejercicios, seguidos de dos reutilizaciones del respirador y la repetición de los 3 ejercicios después de cada reutilización.

8.2.3 Publicaciones científicas sobre los ensayos de ajuste

Los estudios realizados sobre el factor de ajuste presentan una multitud de diferencias en el nivel de éxito de las pruebas realizadas.

Se destaca el reciente estudio de (Spies, 2011)¹, efectuado en trabajadores sudafricanos. Sobre una muestra de 29 trabajadores de ambos sexos, con un solo modelo de mascarilla y utilizando como aparato para medir el ajuste el PortaCount[®], equipado con la tecnología N95 Companion[™], el porcentaje de trabajadores que pasaron satisfactoriamente el test fue de 13.8% (cada trabajador realiza el test dos veces). Concluye el estudio que este bajo nivel de éxito se debe a las características antropométricas de la población sometida a las pruebas y que es necesario realizar más estudios.

Otro estudio interesante de (Coffey, 2004)⁶, analizó un total de dieciocho modelos de mascarillas; se someten a cinco pruebas de ajuste: tres cualitativas (Bitrex[®], Sacarina y Aerosol) y dos cuantitativas (Portacount Plus y PortaCount[®] Plus N95 Companion[™]) que realizan un total de 25 sujetos. En total se obtienen 449 ensayos, con los siguientes resultados:

Ensayos de ajuste	% Pruebas superadas
Bitrex	33
PortaCount [®] Plus	16
PortaCount [®] Plus N95 Companion [™]	31
Sacarina	25
Aerosol	12

El mismo estudio arguye que factores de ajuste previstos por el PortaCount[®] Plus pueden sobreestimar la exposición de un usuario del EPIVR bajo las actuales condiciones de trabajo⁶ y que existen limitaciones en la representatividad de los ejercicios que se realizan con relación a los requerimientos físicos de los trabajos reales.

En relación a los errores asociados a las pruebas de ajuste, (Coffey, 2006)⁷ sobre un total de 15 modelos de mascarillas analiza tres métodos: Bitrex, Sacarina y PortaCount[®] Plus N95 Companion[™]. Analiza los α -errores (probabilidad de fallar un test de ajuste en error: un falso negativo) y los β -errores (probabilidad de aprobar un test de ajuste en error: un falso positivo). Las pruebas las realizan 25 individuos de ambos sexos, con un total de 374 test.

Para el PortaCount[®] Plus N95 Companion[™], los falsos negativos (α -errores) corresponden a un 60% y los falsos positivos (los β -errores) corresponden a 3%. ANSI recomienda valores de α -errores $\leq 50\%$ y de β -errores $\leq 5\%$.

Por otra parte (Jannsen, 2002)¹⁸ compara tres métodos de evaluación de ajuste; uno cualitativo, Bitrex; y dos cuantitativos: Portacount Plus y FitTester 3000. Realiza 75 pruebas sobre cada método de ajuste realizado en dos tipos de mascarillas (con tres tallas disponibles de cada una) con una población de 25 sujetos de ambos sexos. Los resultados muestran un 80% de éxito en el Portacount Plus, 68% en el FitTester 3000 y un 71% en el Bitrex. También destaca que un 61.3% de las pruebas realizadas pasan las pruebas de ajuste frente a un 13.3% que no pasan. El Portacount Plus representa el porcentaje más alto (10.7%) de pruebas que superan el factor de ajuste frente a los 1.3% y 4% de los otros dos métodos.


De lo anteriormente expuesto podemos concluir que si bien, los test de ajuste son la única herramienta fiable para la comprobación del correcto ajuste de los EPIVR, los resultados de estas pruebas tienen que interpretarse en su justa medida: existen errores propios en los mismos métodos y las probabilidades de éxito de que supere los valores de ajuste predefinidos para una mascarilla, difieren de un método a otro.

De todos los métodos, los cuantitativos tienen una ventaja sobre los cualitativos: se puede determinar, aunque no se haya superado el test, en qué grado no se ha superado.

Estudio	Modelos de mascarilla	Población	Nº Pruebas de ajuste	% Pruebas superadas
Spies (2011) ¹	1	29	58	13,8
Coffey (2004) ⁶	18	25	449	16,0
Coffey (2006) ⁷	15	25	374	21,9
Jannsen (2002) ¹⁸	3	25	75	20,0

8.3 Anexo III. Encuesta a los trabajadores

ENCUESTA I+D+i – EPIVR



FREMAP
Mutua de Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales de la Seguridad Social Número 61

DATOS GENERALES			
Razón Social		C.C.C.	
Centro de trabajo		Provincia	
CNAE			
Trabajador			
Puesto de trabajo		Nº TA	
Género		Antigüedad en el puesto (meses)	
Edad		Antigüedad en el uso EPIVR (meses)	
Técnico Prevención		Referencia	

MODALIDAD ORGANIZATIVA DE LA PREVENCIÓN	
Servicio de Prevención Propio o Mancomunado. Especialidades <input type="checkbox"/> Seguridad en el Trabajo <input type="checkbox"/> Higiene Industrial <input type="checkbox"/> Ergonomía y Psicología aplicada <input type="checkbox"/> Vigilancia de la salud	Servicio de Prevención Ajeno. Especialidades <input type="checkbox"/> Seguridad en el Trabajo <input type="checkbox"/> Higiene Industrial <input type="checkbox"/> Ergonomía y Psicología aplicada <input type="checkbox"/> Vigilancia de la salud
Asunción por el empresario <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	Trabajador designado <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO

EQUIPOS DE PROTECCIÓN DE VÍAS RESPIRATORIAS				
1. El puesto requiere de manera habitual	Flexión cervical pronunciada <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO		Flexión de tronco <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	
2. Metabolismo energético	<input type="checkbox"/> Ligero	<input type="checkbox"/> Moderado	<input type="checkbox"/> Elevado	<input type="checkbox"/> Muy elevado
3. Fabricantes del EPIVR <i>(Marcar sólo una opción)</i>	<input type="checkbox"/> 3M <input type="checkbox"/> DRAEGER <input type="checkbox"/> MEDOP	<input type="checkbox"/> INDUSTRIAL STARTER <input type="checkbox"/> MOLDEX <input type="checkbox"/> MSA	<input type="checkbox"/> SPERIAN <input type="checkbox"/> Otros:	
4. Modelo de EPIVR <i>(Marcar sólo una opción)</i>	<input type="checkbox"/> 2045 <input type="checkbox"/> 2365 <input type="checkbox"/> 2435 <input type="checkbox"/> 2505	<input type="checkbox"/> 4277 <input type="checkbox"/> 5261 <input type="checkbox"/> 8710E <input type="checkbox"/> 8810	<input type="checkbox"/> 8812 <input type="checkbox"/> 8822 <input type="checkbox"/> 8833 <input type="checkbox"/> 9322	<input type="checkbox"/> 9913 <input type="checkbox"/> 9926 <input type="checkbox"/> 902996 <input type="checkbox"/> 910578 <input type="checkbox"/> Otros:
5. Clase de EPIVR <i>(Marcar sólo una opción)</i>	<input type="checkbox"/> FFP1 <input type="checkbox"/> FFP2	<input type="checkbox"/> FFP3 <input type="checkbox"/> FFGasXP1	<input type="checkbox"/> FFGasXP2 <input type="checkbox"/> FFGasXP3	
6. Talla de EPIVR <i>(Marcar sólo una opción)</i>	<input type="checkbox"/> Universal	<input type="checkbox"/> Pequeña	<input type="checkbox"/> Mediana	<input type="checkbox"/> Grande
7. Norma que cumple <i>(Marcar sólo una opción)</i>	<input type="checkbox"/> EN 149	<input type="checkbox"/> EN 405	<input type="checkbox"/> No especificada	
8. Tipo de EPIVR	<input type="checkbox"/> Plegada		<input type="checkbox"/> Preformada	
8. Los EPIVR disponen de <i>(Marcar la opción en caso afirmativo)</i>	<input type="checkbox"/> Bandas elásticas ajustables <input type="checkbox"/> Clip nasal		<input type="checkbox"/> Puente nasal preformado <input type="checkbox"/> Anillo de sellado facial	
9. El trabajador ha recibido <i>(Marcar la opción en caso afirmativo)</i>	<input type="checkbox"/> Formación teórica <input type="checkbox"/> Formación práctica		<input type="checkbox"/> Folleto informativo <input type="checkbox"/> Información elaborada por la empresa	
10. ¿El trabajador, en caso de disponer del folleto informativo, lo ha leído?	<input type="checkbox"/> NP		<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
11. Se puede elegir el EPIVR entre varios modelos	<input type="checkbox"/> Siempre	<input type="checkbox"/> A veces	<input type="checkbox"/> Nunca	
12. Se puede elegir la talla	<input type="checkbox"/> Siempre	<input type="checkbox"/> A veces	<input type="checkbox"/> Nunca	
13. Se reutiliza el EPIVR en más de un turno	<input type="checkbox"/> Siempre	<input type="checkbox"/> A veces	<input type="checkbox"/> Nunca	
14. Se comprueba el ajuste	<input type="checkbox"/> Siempre	<input type="checkbox"/> A veces	<input type="checkbox"/> Nunca	

ENCUESTA I+D+i – EPIVR


EQUIPOS DE PROTECCIÓN DE VÍAS RESPIRATORIAS

15. El modelo y tipo de respirador ha sido seleccionado por	<input type="checkbox"/> Empresario <input type="checkbox"/> Responsable Riesgos Laborales <input type="checkbox"/> Mandos Intermedios <input type="checkbox"/> Personal asignado a compras	<input type="checkbox"/> Distribuidor comercial <input type="checkbox"/> Trabajador <input type="checkbox"/> Selección compartida <input type="checkbox"/> Otros:
16. Criterio considerado en la elección del EPIVR	<input type="checkbox"/> Características técnicas <input type="checkbox"/> Valor económico del EPI <input type="checkbox"/> Confort del EPI <input type="checkbox"/> Opinión del trabajador	<input type="checkbox"/> Aspecto estético <input type="checkbox"/> Compatible con otro EPI <input type="checkbox"/> Otros:
17. Tiempo de utilización diario del EPIVR	<input type="checkbox"/> Esporádico <input type="checkbox"/> Menos de dos horas	<input type="checkbox"/> Entre 3 y 4 horas <input type="checkbox"/> Entre 5 y 8 horas
18. Donde se deja el EPIVR durante las pausas	<input type="checkbox"/> Colgada sobre el cuello o frente <input type="checkbox"/> En los bolsillos	<input type="checkbox"/> Almacenado en ambiente limpio <input type="checkbox"/> Cualquier lugar
19. El EPIVR cuando se guarda puede quedar expuesto a <i>(Marcar la opción en caso afirmativo)</i>	<input type="checkbox"/> Polvo <input type="checkbox"/> Luz solar	<input type="checkbox"/> Agentes químicos <input type="checkbox"/> Temperatura > 38°C <input type="checkbox"/> % Humedad > 85% <input type="checkbox"/> Ninguno de éstos
20. Indicar el tipo de EPI que interfiere <i>(Las gafas graduadas no son EPI)</i>	<input type="checkbox"/> Gafas de montura universal <input type="checkbox"/> Gafas panorámicas <input type="checkbox"/> Gafas graduadas <input type="checkbox"/> Pantalla facial	<input type="checkbox"/> Protectores auditivos <input type="checkbox"/> Casco de seguridad <input type="checkbox"/> Otros: <input type="checkbox"/> No procede
21. Se empañan las gafas	<input type="checkbox"/> Siempre <input type="checkbox"/> A veces <input type="checkbox"/> Nunca <input type="checkbox"/> No procede	

VALORACIÓN DEL TRABAJADOR

22. Dificultad para respirar	<input type="checkbox"/> Muy baja <input type="checkbox"/> Baja <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Muy alta
23. Seguridad y confianza	<input type="checkbox"/> Muy baja <input type="checkbox"/> Baja <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Muy alta
24. Confort de la mascarilla	<input type="checkbox"/> Muy baja <input type="checkbox"/> Baja <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Muy alta
25. Limitación campo visual	<input type="checkbox"/> Muy baja <input type="checkbox"/> Baja <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Muy alta



DATOS DEL OPERARIO

26. Indica las medidas del operario relacionadas en los cuadros contiguos <i>(Expresar la medida en cm)</i>	Longitud de la cara		Anchura de la cara	
	Profundidad de la cara		Anchura de la boca	

RESULTADOS PRUEBA DE AJUSTE

27. ¿Es fumador? <i>Es necesario no haber fumado 30 minutos antes de realizar la prueba</i>	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO			
28. ¿Ha transcurrido menos de 8 h desde que el trabajador se ha afeitado?	<input type="checkbox"/> No procede <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO			
29. Condiciones de la prueba de ajuste <i>(Marcar la opción en caso afirmativo)</i>	<input type="checkbox"/> Sujeta la mascarilla con sólo una cinta <input type="checkbox"/> Sujeta la mascarilla mediante un nudo <input type="checkbox"/> Cruza las cintas superior e inferior <input type="checkbox"/> No ajusta el clip nasal			
30. Indicar para cada una de las pruebas el valor obtenido	1. Respiración normal		2. Respiración profunda	
	3. Cabeza a un lado y otro		4. Cabeza arriba y abajo	
	5. Hablar en voz alto		6. Tocarse los dedos del pie	
	7. Respiración normal		Resultado global	
Supera PASS VALUE TEST :		<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO		

8.4 Anexo IV. Certificado de calibración

 CERTIFICATE OF TESTING TSI INSTRUMENTS LTD, Stirling Road, Cressex Business Park, High Wycombe, HP12 3ST, UK TEL: +44-(0)1494-459200 FAX: +44-(0)1494-459700 www.tsi.com			
CALIBRATION STANDARDS USED PortaCount Bench UK1		MODEL PORTACOUNT® PRO ⁺ 8038	SERIAL NO. 8038084608
VERIFICATION DATA (FIT FACTORS)			
TESTING NUMBER	MEASURED FIT FACTORS <i>Tolerance: ± 15% of standard</i>		
	TESTING STANDARD	INSTRUMENT OUTPUT	PERCENT DIFFERENCE
1	7886.5	7616.9	-3.42
2	954.4	983.8	3.09
3	115.9	124.2	7.18
4	35.4	38.4	8.47
<i>* Indicates out of tolerance condition</i>			
<p><i>TSI Instruments Ltd does hereby certify that the above described instrument conforms to the original manufacturer's specifications (not applicable to As Found data) and has been calibrated using standards whose accuracies are traceable to National Standards or have been derived from accepted values of natural physical constants or have been derived by the ratio type of self calibration techniques. This report may not be reproduced, except in full, unless permission for the publication of an approved abstract is obtained in writing from the calibration organisation issuing this report.</i></p>			
Measurement Variable DC Voltage DC Voltage Particle Concentration Particle Concentration Particle Concentration	System ID Number UK0968101 UK0968101 UK2442 UK2445 UK2464	Date Last Calibrated 21-09-11 21-09-11 12-09-11 12-09-11 17-05-11	Calibration Due Date 21-09-12 21-09-12 12-09-12 12-09-12 17-05-12
Calibration procedure used: 9030029B		Overall Rating: PASS	
 Calibrated By		Feb. 24, 2012 Calibration Date	
9020486A			



AS FOUND DATA REPORT

TSI INSTRUMENTS LTD, Stirling Road, Cressex Business Park, High Wycombe, HP12 3ST, UK
TEL: +44-(0)1494-459200 FAX: +44-(0)1494-459700 www.tsi.com

CALIBRATION STANDARDS USED	MODEL	PORTACOUNT[®] PRO⁺ 8038
PortaCount Bench UK1	SERIAL NO.	8038084608

VERIFICATION DATA (FIT FACTORS)

TESTING NUMBER	MEASURED FIT FACTORS <i>Tolerance: ±15% of standard</i>		
	TESTING STANDARD	INSTRUMENT OUTPUT	PERCENT DIFFERENCE
1	7893.7	6789.3	-13.99
2	952.5	960.3	0.82
3	115.9	125.3	8.11
4	35.5	38.1	7.45

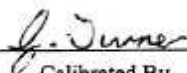
* Indicates out of tolerance condition

TSI Instruments Ltd does hereby certify that the above described instrument conforms to the original manufacturer's specifications (not applicable to As Found data) and has been calibrated using standards whose accuracies are traceable to National Standards or have been derived from accepted values of natural physical constants or have been derived by the ratio type of self calibration techniques. This report may not be reproduced, except in full, unless permission for the publication of an approved abstract is obtained in writing from the calibration organisation issuing this report.

Measurement Variable	System ID Number	Date Last Calibrated	Calibration Due Date
DC Voltage	UK0968101	21-09-11	21-09-12
DC Voltage	UK0968101	21-09-11	21-09-12
Particle Concentration	UK2442	12-09-11	12-09-12
Particle Concentration	UK2445	12-09-11	12-09-12
Particle Concentration	UK2464	17-05-11	17-05-12

Calibration procedure used: 9030029B

Overall Rating: PASS


Calibrated By

Feb. 23, 2012

Calibration Date

9020498A