



# **Serie Proyectos de Investigación e Innovación**

Superintendencia de Seguridad Social  
Santiago - Chile

**INFORME FINAL**

**Aplicación en Teléfonos Inteligentes para el Control de Gestión de la  
Exposición Ocupacional al Ruido**

Carlos Rodríguez-Sickert  
2017





## **SUPERINTENDENCIA DE SEGURIDAD SOCIAL**

### **SUPERINTENDENCE OF SOCIAL SECURITY**

La serie Proyectos de Investigación e Innovación corresponde a una línea de publicaciones de la Superintendencia de Seguridad Social, que tiene por objetivo divulgar los trabajos de investigación e innovación en Prevención de Accidentes y Enfermedades del Trabajo financiados por los recursos del Seguro Social de la Ley 16.744.

Los trabajos aquí publicados son los informes finales y están disponibles para su conocimiento y uso. Los contenidos, análisis y conclusiones expresados son de exclusiva responsabilidad de su(s) autor(es), y no reflejan necesariamente la opinión de la Superintendencia de Seguridad Social.

Si requiere de mayor información, sobre el estudio o proyecto escriba a: [investigaciones@suseso.cl](mailto:investigaciones@suseso.cl).

Si desea conocer otras publicaciones, artículos de investigación y proyectos de la Superintendencia de Seguridad Social, visite nuestro sitio web: [www.suseso.cl](http://www.suseso.cl).

The Research and Innovation Projects series corresponds to a line of publications of the Superintendence of Social Security, which aims to disseminate the research and innovation work in the Prevention of Occupational Accidents and Illnesses financed by the resources of Law Insurance 16,744.

The papers published here are the final reports and are available for your knowledge and use. The content, analysis and conclusions are solely the responsibility of the author (s), and do not necessarily reflect the opinion of the Superintendence of Social Security.

For further information, please write to: [investigaciones@suseso.cl](mailto:investigaciones@suseso.cl).

For other publications, research papers and projects of the Superintendence of Social Security, please visit our website: [www.suseso.cl](http://www.suseso.cl).

Superintendencia de Seguridad Social  
Huérfanos 1376  
Santiago, Chile.

Informe final

**PROYECTO APLICACIÓN EN TELÉFONOS  
INTELIGENTES PARA EL CONTROL DE GESTIÓN DE LA  
EXPOSICIÓN OCUPACIONAL AL RUIDO  
ACHS 183-2015**

**Proyecto de investigación e innovación tecnológica en prevención de  
accidentes del trabajo y enfermedades profesionales ley n° 16.744**

Investigador principal: Carlos Rodríguez-Sickert  
Centro de investigación en Complejidad Social  
Universidad del Desarrollo  
Junio 2017

Este proyecto fue financiado por la Asociación Chilena de Seguridad,  
a través de la Fundación Científica y Tecnológica en el Ciclo 2015 de proyectos  
de investigación

## Tabla de contenido

Resumen.....	2
I. Introducción: .....	4
II. Metodología:.....	7
III. Resultados .....	11
a. Revisión de la normativa marco del proyecto .....	11
b. Análisis de información primaria para el diseño de la aplicación: entrevistas a expertos y actores claves .....	15
c. Desarrollo de la Aplicación APPREXOR.....	34
Desarrollo de App con características básicas .....	34
Desarrollo de App versión beta funcional.....	37
Especificaciones de aplicación móvil APPREXOR, versión beta funcional .....	37
Formulario de caracterización de la medición de ruido .....	44
Medición de ruido, resultados y clasificación del nivel de ruido .....	48
Medición con APPREXOR .....	48
Medición con sonómetro .....	51
Portal web APPREXOR.....	55
Posibilidades de mejoras y escalamiento .....	62
Repositorio .....	63
Servidor de aplicación .....	63
d. Evaluación cualitativa de la usabilidad y valor de la aplicación para los usuarios.....	64
e. Evaluación de la precisión de las mediciones de la aplicación en condiciones de laboratorio	75
Con dispositivo Android .....	75
Con dispositivo iOS.....	76
f. Principales resultados de análisis cuantitativo de la base de datos generada por la aplicación y caracterización de la exposición al ruido. ....	80
IV. Conclusiones .....	85
<b>Bibliografía</b> .....	88
<b>Anexos</b> .....	90
<b>Anexo I: Intervalos de Confianza corregidos por sesgo en la medición por parte de la aplicación</b> .....	91

## Resumen

El proyecto “Aplicación en Teléfonos Inteligentes para el Control de Gestión de la Exposición Ocupacional al Ruido”, Código ACHS 0183-2015, tiene como objetivo diseñar y construir una aplicación para telefonía inteligente que pueda detectar y registrar episodios de ruido ocurridos en el ambiente laboral de manera geo-localizada y con la posibilidad de recibir retroalimentación de parte de los usuarios respecto a la caracterización del episodio sonoro. Se espera que esta herramienta sea de ayuda práctica y efectiva en la gestión del ruido en ambientes laborales, para prevenir de manera oportuna potenciales daños auditivos y enfermedades en los trabajadores, aportando información y datos en esta materia.

Para este proyecto se utilizó una metodología de tipo mixto según cada fase del trabajo, contemplando levantamiento de datos cualitativos por medio de entrevistas en profundidad a informantes claves para la caracterización de la aplicación -en la etapa de su creación-, como también para validar su funcionalidad -en la etapa de corrección- luego de haberla testado en condiciones no experimentales. A su vez, se utilizó una metodología de tipo cuantitativa por medio de análisis estadísticos para los cálculos de los errores de medición, e intervalos de confianza de modo de alcanzar la mayor precisión posible dadas las características de la aplicación y los sistemas operativos analizados: Android y iOS.

Entre los resultados más importante se encuentra el desarrollo de la versión beta de la aplicación APPREXOR, capaz de caracterizar los episodios de ruido y realizar mediciones de estos, clasificándolas en niveles de exposición en un formato amigable y comprensible para el usuario; además de sistematizar información adicional que permite caracterizar las mediciones realizadas según empresa, puesto de trabajo, número de trabajadores expuestos, entre otros datos relevantes.

En el siguiente documento se presentan como resultados seis apartados. El primero hace referencia al análisis de la información y levantamiento de antecedentes correspondientes a la normativa que enmarca la realización del proyecto; el segundo da cuenta del análisis de los hallazgos encontrados en las entrevistas realizadas a expertos y actores claves, desde donde se desprenden los insumos relevantes para el desarrollo de la aplicación. En el tercer apartado se precisa todo el desarrollo de la creación de la aplicación y sus funcionalidades. El cuarto y quinto apartado comprende lo relacionado a la evaluación de la aplicación, contemplando el análisis cualitativo de la usabilidad y valor de la aplicación desde la perspectiva de los usuarios; y una evaluación de la aplicación de tipo cuantitativa de la

precisión de las mediciones de la aplicación en condiciones de laboratorio. Finalmente, como último apartado, se expone un análisis cuantitativo de la base de datos generada por la aplicación en condiciones no experimentales de ruido, levantada durante las implementaciones en terrenos, a modo de ejercicio para vislumbrar los datos que se pueden desprender de la aplicación.

## I. Introducción:

Existe un amplio consenso entre las entidades relacionadas a la vigilancia y supervisión de las normas de seguridad y salud en el trabajo de la importancia de mejorar la información asociada al diagnóstico, prevalencia y prevención de las enfermedades profesionales.

A pesar de esta reconocida falta de estadísticas y previsible sub-registro y sub-diagnóstico, existe evidencia suficiente para asegurar que la sordera ocupacional o hipoacusia sensorineural laboral (HSNL) es la enfermedad con mayor prevalencia. En el **Protocolo sobre normas mínimas para el desarrollo de programas de vigilancia de la pérdida auditiva por exposición a ruido en los lugares de trabajo**, en adelante PREXOR, se citan cifras de la Secretaría Regional Ministerial de Salud Metropolitana y de la Sociedad Chilena de Otorrinolaringología para señalar que el 30% de los trabajadores están expuestos niveles de ruido que pueden provocar daño irreparable, el 69% de los dictámenes por enfermedades profesionales corresponden a la hipoacusia sensorio neural por ruido inducido; y este tipo de enfermedad profesional constituye el 80% de las incapacidades permanentes.

Sin embargo, actualmente no se poseen datos fidedignos sobre aspectos claves para el manejo y prevención de esta enfermedad laboral como los factores de riesgo presentes en los lugares de trabajo; tiempos de exposición a sonidos potencialmente dañinos o a factores de riesgos vinculados a esta patología; incidencia de la conducta personal de los trabajadores, etc.

La HSNL se produce en forma gradual como resultado de la exposición a niveles perjudiciales de ruido en ambiente laboral de tipo continuo o intermitentes de intensidad alta durante un periodo largo; por lo que a diferencia de otras dolencias (o del trauma acústico), puede ser mitigada o revertida, dependiendo de la temprana detección del daño y oportuno control.

Según Hernández y Gutiérrez (2006), si es detectado en la fase I o de instalación, donde se produce un incremento del umbral cercano a los 30-40 dB en la frecuencia de 4kHz, el daño puede ser revertido en su totalidad en pocos días; mientras que ya en la fase II o de latencia, donde “el déficit en los 4 kHz se mantiene estable, ampliándose a las frecuencias vecinas en menor intensidad e incrementándose el umbral entre 40-50 dB” ya no es posible revertir el daño, pero sí frenarlo antes de alcanzar el compromiso de la comprensión del habla.

En el caso de la legislación chilena, la gestión de la exposición al ruido de los trabajadores

se rige, además de la normativa general de la Ley 16.744 que establece normas sobre accidentes del trabajo y enfermedades profesionales, por el D.S. 594/99 que aprueba reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo, en particular el párrafo III referido a los agentes físicos.

Este cuerpo normativo, complementado por una serie de decretos, protocolos y dictámenes que especifican los mecanismos de cumplimiento eficaz de la norma general siendo el más importante el PREXOR, distingue tres tipos de ruidos (estable, fluctuante e impulsivo) y sus respectivos límites máximos en tiempo y nivel de exposición-, El PREXOR determina plazos para la implementación de medidas por parte de las empresas, las que varían entre 6 meses a 1 año, dependiendo de la evaluación inicial.

Existe un fuerte desincentivo para que las empresas implementen mediciones adicionales a las exigidas por ley debido al alto costo de los equipos de medición, especialmente para las empresas con menor número de trabajadores, ya que éstas cuentan con menores recursos.

Considerando lo anterior, se estimó proponer como objetivo general de este proyecto desarrollar y validar una aplicación para teléfonos inteligentes que permita medir los niveles de ruido de los ambientes de trabajo y alertar sobre la exposición excesiva de acuerdo a la normativa vigente. Para este efecto, se buscó que la aplicación tuviera los siguientes componentes:

- a) Detección y registro de sonido ambiental: la aplicación es capaz de detectar el sonido, y medir el nivel de éste registrando esta información en una plataforma web.
- b) Detección y registro de geo-localización asociado a registro de un episodio sonoro: la aplicación es capaz de detectar el sonido y medir el nivel, precisando la localización de su fuente de emisión de manera geo-referenciada, registrando dicha información en una plataforma web.
- c) Sistema de levantamiento de información del usuario asociado a episodios sonoros: la aplicación también permite al usuario agregar información adicional para caracterizar el episodio sonoro. Esta información es definida según los antecedentes normativos y los datos que emerjan de las entrevistas a los actores claves.
- d) Sistema de notificaciones para el usuario: la aplicación también es capaz de generar una notificación al usuario en los casos en que los registros sonoros sobrepasen los niveles máximos según la normativa existente.
- e) Reportes de periodicidad parametrizable por usuario, unidad o empresa.



- f) Base de datos integrada: la información almacenada en la plataforma web por medio de la aplicación será accesible y descargable por el usuario.

Para el desarrollo de este proyecto y poder cumplir con el objetivo general, se definieron 4 objetivos específicos:

- a) Diseñar la aplicación.
- b) Evaluar la funcionalidad de la aplicación.
- c) Implementar la aplicación desarrollada.
- d) Caracterizar la exposición al ruido e identificar medidas preventivas o protectoras asociadas a éste.

## II. Metodología:

Se desarrolló una metodología mixta contemplando análisis cualitativos y cuantitativos para poder abordar de mejor manera los objetivos propuestos, la cual consistió en tres líneas de trabajo:

1. Levantamiento de antecedentes, recolección y análisis de información cualitativa
2. Creación y desarrollo de la aplicación
3. Pilotaje de la aplicación y análisis cuantitativos y estadísticos de las mediciones

### **1. Levantamiento de antecedentes, recolección y análisis de información cualitativa**

En esta etapa se realizó un levantamiento de información considerando dos fuentes de datos. Por un lado, se realizó una revisión de antecedentes exhaustiva acerca de la normativa chilena y literatura relevante en torno a la temática del ruido y la prevención de enfermedades, protocolos de acción y sistemas de gestión relacionados. Por otro, se llevaron a cabo 9 entrevistas en profundidad a actores claves, por medio de una pauta de preguntas semi-estructurada. Para ello, se definen tres tipos de actores claves: individuos pertenecientes a organismos administradores de la ley, a instituciones vinculadas al tema de salud y trabajo, y a empresas de distintos rubros (salud, producción industrial, maquinarias y metales, y producción de alimentos y bebidas).

En consecuencia, se realizó un análisis de contenido de las entrevistas, destacando información clave sobre la aplicación en función de su efectividad, características, expectativas, y potenciales riesgos o resistencias por parte de los distintos actores y posibles usuarios de la aplicación, entre otros aspectos.

A partir de lo anterior -levantamiento de antecedentes, recolección y análisis de información cualitativa- se lograron obtener los siguientes insumos para la creación y diseño de la aplicación, y la posterior implementación del pilotaje:

- Definición de información complementaria adicional agregada por el usuario de la aplicación
- Proceso o tipo de actividad que realiza el usuario
- Tipo o puesto de trabajo del usuario
- Existencia de otros puestos de trabajos expuestos al ruido
- Posibles fuentes de emisión de ruido

- Existencia de ciclos o turnos de trabajo
- Número de horas efectivas de exposición al ruido
- Número de trabajadores expuestos al ruido
- Uso de implementos de protección auditivos (tipo, marca, modelo)
- Cuadro para otras observaciones

En base a lo anterior, se logró predefinir que el usuario de la aplicación se orientara a personas con cargos como supervisor o encargado de prevención y seguridad de los trabajadores de las empresas, ya que en ellos recae la responsabilidad de velar por la implementación de sistemas de gestión de agentes de higiene laboral, sin afectar las relaciones dentro de la empresa en consideración al tipo de información que la aplicación logra recabar.

## **2. Creación y desarrollo de la aplicación**

En relación a la creación y desarrollo de la aplicación, se sigue una línea de trabajo propuesta en el proyecto basada en la elaboración y desarrollo de tres versiones de la aplicación, las cuales se van corrigiendo según la información recolectada en el levantamiento de información cualitativa, y según las mediciones realizadas en condiciones experimentales y no experimentales. Estas tres versiones se denominaron:

- Aplicación con características básicas
- Prototipo funcional
- Versión Beta

Para asegurar la validez interna del instrumento, durante el desarrollo de la aplicación se realizan evaluaciones y comparación de resultados en el laboratorio de ruido de las dependencias de ACHS, corroborando la calibración de la aplicación con instrumentación normada y vigente.

## **3. Pilotaje de la aplicación y análisis cuantitativos y estadísticos de las mediciones**

Una vez realizados los procesos de levantamiento de antecedentes, recolección y análisis de información cualitativa, así como la obtención de la versión Prototipo Funcional de la aplicación, se llevó a cabo la etapa de Implementación de la Aplicación en terreno para pilotear el instrumento en condiciones no experimentales de ruido.

Para esto se implementó un plan de trabajo que contempló los siguientes pasos a seguir:

1. Se establece contacto con la contraparte de las empresas, específicamente, con los supervisores, jefes de seguridad y prevención de enfermedades y accidentes laborales, para fijar una reunión explicativa sobre las actividades a realizar en la empresa.
2. Se realiza la entrega de una carta de consentimiento informado, donde se explicita el objetivo del trabajo en terreno a realizar, asegurando el uso confidencial y anonimato de la información recolectada. Además, se solicita la participación para el pilotaje de la aplicación de un representante de la empresa contactada (supervisor, jefe de seguridad y prevención de enfermedades y accidentes laborales, o algún otro trabajador definido por este último para esta labor), así como también del trabajador representante del organismo administrador de la ley vinculado a la empresa con un sonómetro. Una vez que se obtiene el consentimiento y firma de todas las partes, se fija una fecha para la realización de la implementación o pilotaje de la aplicación.
3. Se define con cada representante de la empresa distintos puestos de trabajo donde resulta factible realizar las mediciones con la aplicación, según las características de las respectivas empresas. Se decide medir como mínimo 3 puestos de trabajo distintos.
4. En la fecha acordada, se realiza el pilotaje de la aplicación en distintos puestos de trabajo de las empresas, en conjunto con el representante de la empresa, el representante del organismo administrador de la ley y el encargado del terreno del proyecto, quien dio las instrucciones pertinentes sobre el uso de la aplicación.

En la práctica, se realizaron mediciones en 4 empresas de distinto rubro para ejecutar el pilotaje de la aplicación en un escenario no experimental de ruido. Las empresas contactadas pertenecen al rubro de la salud, producción industrial, maquinarias y metales, y producción de alimentos y bebidas. En ellas fue posible evaluar las condiciones de ruido en distintos puestos de trabajo, siguiendo la misma lógica de mapeo y medición que realiza el protocolo PREXOR, por medio de la aplicación desarrollada y por un dosímetro, para cuidar la validez interna del instrumento para celulares.

Los resultados obtenidos en el pilotaje de la aplicación permitieron evaluar su desempeño en condiciones no experimentales de ruido, y rectificar detalles tanto del formulario como de la medición en sí misma, observaciones levantadas en la etapa del pilotaje por los encargados del terreno y por los participantes de las empresas y la mutualidad.

Además, se implementó una segunda ronda de entrevistas, con el objetivo de profundizar

en las observaciones y evaluaciones de la aplicación, tras la experiencia del pilotaje de esta en terreno, a representantes de las empresas y de la mutualidad que participaron en este proceso.

Finalmente, se desarrolló la versión Beta de la aplicación APPREXOR incorporando las correcciones levantadas a partir del proceso de evaluación cualitativa de usabilidad de los usuarios, así como también incorporando el análisis estadístico de las mediciones realizadas en laboratorio con distintos tipos de ruido.

### III. Resultados

#### a. Revisión de la normativa marco del proyecto

##### Impacto del ruido ocupacional

Entre las enfermedades ocupacionales la exposición al ruido está tomando cada vez más relevancia en nuestro país, debido a que desde 1997 existe un aumento de diagnósticos de la hipoacusia.

Según datos de 2006 de la Asociación Chilena de Seguridad (ACHS), la exposición a ruido representa el 80% de las incapacidades permanentes por enfermedades profesionales. La ACHS informaba para el año 2001 que la tasa de incapacidad por hipoacusia llegaba a 16 de cada 100 trabajadores. El problema se deriva de la exposición al ruido industrial que produce daño irreversible en trabajadores expuestos a ruidos sobre 85 decibeles, en una jornada diaria de ocho horas y sin una protección auditiva adecuada. Esto coincide con una revisión actualizada realizada este año 2015 donde se vieron los datos de las Enfermedades Profesionales dictaminadas por la COMPIN de la Región Metropolitana, en el período comprendido entre los años 2005 a 2013. El estudio permitió señalar que existe un total de 1928 Enfermedades Profesionales dictaminadas, y se destacó que el 63 % de las enfermedades profesionales corresponden a Hipoacusia por Trauma Acústico (TACO), seguida de los Trastornos Músculo-esqueléticos, luego se ubican las Neumoconiosis por inhalación de polvos de Sílice y Asbesto, el Asma Bronquial por harina de trigo e isocianatos y la Dermatitis Crónica de Contacto, principalmente por caucho, látex, cemento y resinas epóxicas.

La Asociación Chilena de Seguridad (ACHS), posee una tasa de enfermedades profesionales de 11.9 por 100.000 trabajadores, obteniendo la mayor tasa; enseguida, se ubica la Mutual de Seguridad (C.CH.C.). Para este mismo período las Enfermedades Profesionales que se presentan con mayor frecuencia, de acuerdo al rubro de las empresas, corresponde a las fábricas-Industrias (plásticos, neumáticos, pinturas, productos metálicos, muebles, textil, metalúrgica y manufacturas), Servicios y Construcción y los Profesionales u oficios de los trabajadores afectados, según evaluación del período 2010 a 2013, corresponde en mayor frecuencia a Operarios (de grúas, de maquinaria), luego Maestros (pintor, prenero), seguidos de Mecánicos y Soldadores.

## Cuerpo normativo

En el ámbito legislativo, los temas relacionados a la seguridad y salud laboral en Chile se sustentan en un conjunto de normas que abarcan distintos ámbitos que van desde las exigencias a cumplir por empleadores, trabajadores y los organismos administradores de la Ley N° 16.744; instituciones públicas responsables de fiscalizar el cumplimiento de las exigencias, sancionar eventuales incumplimientos, e interpretar y normar las regulaciones; mecanismos garantes de las atenciones médicas y de la protección económica de quienes sufran accidentes del trabajo y enfermedades profesionales; e instrumentos para promover la prevención de accidentes y enfermedades de origen laboral (Comisión Asesora Presidencial para la Seguridad en el Trabajo, 2010).

En relación a las exigencias que tienen los empleadores y trabajadores en materia de seguridad y salud laboral, estas son definidas y especificadas en distintos cuerpos normativos como el Código del Trabajo, el Código Sanitario y en la Ley N° 16.744.

En términos generales se establece que el empleador está obligado a tomar todas las medidas necesarias para proteger la vida y salud de los trabajadores, informando los posibles riesgos, manteniendo las condiciones adecuadas de higiene y seguridad en las faenas, y disponer de los implementos necesarios para prevenir accidentes y enfermedades profesionales (Comisión Asesora Presidencial para la Seguridad en el Trabajo, 2010), mientras que en el Reglamento de Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo, contenido en el D.S. N° 594, de 1999, del Ministerio de Salud, precisa que esta obligación la tiene la empresa con todos los trabajadores, sean éstos dependientes directos o de terceros contratistas (Comisión Asesora Presidencial para la Seguridad en el Trabajo, 2010).

La legislación de nuestro país establece en el D.S. N°594/99 del MINSAL, (Aprueba reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo) en su Título IV, Párrafo III, artículos N° 70 al N° 82, los niveles de ruido existentes en los ambientes laborales en función de la duración de la jornada laboral, de manera de reducir el riesgo de una sordera ocupacional.

El objetivo principal del PREXOR es reducir la prevalencia e incidencia de la hipoacusia sensorioneural laboral en los trabajadores expuesto a ruido mediante evaluaciones en

terreno midiendo los puestos de trabajo dentro de cada empresa. Los resultados obtenidos son comparados con distintos Criterios de Acción, donde se establecen rangos de valores que indican la implementación de medidas de control de ruido inmediatas, destinadas a disminuir la exposición de ruido en los trabajadores, como también para gestionar el Programa de Vigilancia de la Salud, en caso de que corresponda.

Los criterios de acción contemplan los siguientes indicadores:

- a. Dosis de Acción igual 0,5 ó 50%: Este valor corresponde a la mitad de la dosis de ruido máxima permitida por la normativa
- b. Nivel de Acción igual a 82 dB(A): Este valor es equivalente a una Dosis de Ruido de 0,5 ó 50%, para un tiempo efectivo de exposición diario de 8 horas.

Para aquellos casos donde los resultados evidencien la existencia de ruido impulsivo, el nivel de acción es de 135dB(C) Peak.

### Medidas de control

El concepto “Criterio de Acción” es un valor preventivo y si este está excedido, la empresa deberá implementar medidas de control inmediatas para disminuir la exposición ocupacional a ruido y gestionar el programa de vigilancia de salud. Este “Criterio de Acción” establece que el valor corresponde a la mitad de la dosis máxima permitida, establecida en el Decreto Supremo N° 594/1999.

Entonces a partir del PREXOR se pueden dilucidar cuatro etapas para la gestión del ruido ocupacional:

- 1) Identificación del peligro de higiene: donde se diagnostica la situación de la empresa respecto a exigencias del protocolo.
- 2) Evaluación del problema: en esta etapa se evalúa cualitativamente y cuantitativamente el problema.
- 3) Generación de medidas de control preventivas: donde se entregan recomendaciones y se ingresan los trabajadores expuestos al ruido a vigilancia de la Salud.
- 4) Gestión de exposición al riesgo: incorporar recomendaciones en el Plan de Acción, intervención en empresa, ejecución de recomendaciones, y Plan de Acción para el protocolo.



Para el caso de la identificación de peligro de higiene, el responsable que la empresa designe para gestionar y ejecutar PREXOR, cumple el rol de identificar e informar a su respectiva mutual acerca de los focos de ruido presentes en la empresa. Esta información es utilizada por los organismos administradores para construir la identificación del peligro y la evaluación del problema con instrumentos y procedimientos normados en el mismo protocolo.

En este contexto podemos decir que el PREXOR es claro en los estándares generales, pero varios aspectos de la ejecución quedan a criterio de cada empresa o institución, y en la práctica, aunque existen equipos modernos y relativamente fáciles de usar (dosímetro y/o sonómetro), aparecen problemas asociados con la medición, la evaluación del ruido y sus efectos.

A lo anterior cabe agregar que el costo de aplicar medidas de control del tipo técnico o administrativo supone una inversión que no puede ser, en la mayoría de los casos, solventada por pequeñas y medianas empresas.

Aparte del PREXOR, el Instituto de Salud Pública entrega una guía preventiva para los trabajadores expuestos a ruido, “Instructivo para la aplicación del D.S. N°594/99” del MINSAL, Título IV, Párrafo 3° agentes físicos – ruido, “Guía para el mantenimiento y calibración de la instrumentación” utilizada en la evaluación de la exposición a ruido de los trabajadores en sus lugares de trabajo y Protocolo para la medición del ruido impulsivo en los lugares de trabajo para complementar y guiar a las empresas, mutuales, etc. en la gestión del ruido.

Cabe agregar que el decreto número 38 del Ministerio del Medio Ambiente del año 2011 (norma de emisión de ruidos molestos generados por fuentes fijas) entrega los niveles máximos permitidos de emisión sonora generados por fuentes fijas para la comunidad y le permite a la Superintendencia del Medio Ambiente fiscalizar el cumplimiento de esta norma.

Todas estas guías entregan aspectos generales, límites máximos permisibles de emisión, procedimiento de medición, procedimiento de evaluación, define tipos de ruido (estable, fluctuante, imprevisto), incorporación de correcciones, exigencias en la instrumentación y establece contenidos mínimos del informe técnico.

## b. Análisis de información primaria para el diseño de la aplicación: entrevistas a expertos y actores claves

En el marco de este proyecto, fue fundamental un debido proceso de entrevistas a actores claves en el contexto de la gestión de ruido, con el objetivo de levantar las sugerencias, expectativas y potenciales resistencias o riesgos en torno a la idea y desarrollo de la aplicación propuesta en este proyecto.

En esta etapa, se llevaron a cabo nueve entrevistas a expertos/as y especialistas, quienes fueron seleccionados por su relación con el área de prevención de enfermedades tales como hipoacusia laboral. Entre estos actores destacan distintos expertos pertenecientes a la mutualidad, como representantes de instituciones fiscalizadoras pertinentes en esta materia.

Estos individuos entregaron información relevante a considerar en la elaboración de la aplicación para celulares, que fuera capaz de detectar y registrar episodios de ruidos, y además recolectar información adicional que fuera importante y funcional a la hora de adentrarnos en la materia de este tipo de gestión.

Las entrevistas fueron realizadas durante los meses de octubre, noviembre y diciembre del año 2015, las cuales fueron registradas por medio de dispositivos de audio, y posteriormente transcritas para ser analizadas, resguardando la identidad de cada colaborador, y la confidencialidad de la información entregada.

La estrategia de recolección de información se realizó por medio de una pauta de preguntas semi-estructurada, dividida en tres temas bajo los cuales se realizó el posterior análisis:

- I. Sobre el ruido en lugares de trabajo y protocolos de acción
- II. Rol de la empresa y los trabajadores en situaciones de ruido
- III. Sobre el desarrollo de la aplicación y sus características

### I. Sobre el ruido en lugares de trabajo y protocolos de acción

Según los expertos entrevistados, en términos generales se puede decir que las empresas usan un mismo procedimiento para gestionar los episodios de ruido, el cual se enmarca en el sistema de gestión dado por el Protocolo PREXOR.

Para ello, las empresas acuden a este protocolo generalmente en dos circunstancias: una de índole “externa” cuando las empresas necesitan obtener una patente específica para su funcionamiento, o van a ser visitados por algún organismo fiscalizador; y la segunda de carácter “interna”, cuando se detecta en la matriz de identificación de riesgos de las empresas algún tipo de exposición crítica que pueda afectar la salud de los trabajadores.

Aparte del protocolo PREXOR, las declaraciones de los entrevistados dan cuenta que las empresas carecen de herramientas internas para implementar sistemas de gestión de salud y seguridad, aunque según los testimonios, las empresas deben contar con un reglamento interno que dé directrices respecto a los agentes de riesgos existentes.

La información reportada indica que el primer procedimiento a seguir para detectar fuentes de ruido se realiza mediante un modo simple y experimental, llevado a cabo por personal de la misma empresa, lo que da paso a una evaluación con metodología de tipo cualitativa, seguida en tercera instancia por un procedimiento basado en una metodología cuantitativa, estos dos últimos realizados por personal especializado de las mutualidades.

El primero consta de un simple procedimiento donde se evalúa una conversación entre dos individuos a un metro de distancia en el lugar de trabajo donde se estaría produciendo el episodio sonoro, de manera que, si los individuos tienen que alzar la voz para oírse, significa que el lugar estaría en condición de riesgo por estar sobre los 80 decibeles, nivel límite para dar inicio al protocolo de acción PREXOR según la normativa vigente.

Varios de los entrevistados se refieren a esta parte del proceso como “Pre-screening” y dan cuenta de un significativo espacio de mejorar en su implementación por parte de las empresas debido a que la información recogida en esta etapa por parte de los responsables de las empresas es actualmente escasa y se toma como base para que los expertos realicen el screening normado.

En segunda instancia, se procede a contactar a los organismos administrativos de la Ley o mutualidades quienes deben programar una visita a la empresa para medir en terreno, con el equipamiento adecuado y normado, los niveles de ruido por medio de un sonómetro debidamente calibrado, a cargo de un especialista en higiene. Para este procedimiento, las mutualidades deben contar con información recolectada previamente por las respectivas empresas (pre-screening), quienes se encargan de elaborar una matriz de riesgo.

En esta matriz de riesgo se debe individualizar las fuentes de ruido, especificando además, el número de trabajadores que permanecen en cada área de trabajo, la existencia de ciclos rotativos de trabajo, y las actividades que se realizan en los procesos productivos.

Por lo anterior, los entrevistados señalan como deseable que esta información sea registrada en la aplicación como se señala en el apartado III “sobre la aplicación” de este mismo pre-informe.

En base a lo anterior, los entrevistados cuentan la realización de un procedimiento llamado “screening”, evaluación donde se mide el nivel de presión sonora durante un minuto con instrumentos normados y ejecución de los expertos de la mutual.

Con el resultado obtenido, si esta excede los límites recomendados por la normativa vigente, se determina si es necesario solicitar la evaluación cuantitativa al departamento de gestión.

Luego de realizar las evaluaciones, las mutualidades entregan a las empresas un informe técnico con los resultados obtenidos y asesoramiento en medidas preventivas en cuanto a las formas de mitigación de los niveles de ruido, agregando además, la incorporación del trabajador expuesto a los niveles de ruido a programas de vigilancia de la salud cuando así corresponda. Si eventualmente el trabajador es diagnosticado con hipoacusia se le recomienda a la empresa cambiar al trabajador del puesto de trabajo.

Las visitas y evaluaciones realizadas por las mutualidades dependen de la capacidad técnica de sus profesionales y de la disponibilidad que tengan en base a la demanda de sus respectivas carteras de clientes para que éstos puedan acudir a las empresas, donde la frecuencia de visitas se puede realizar cada 6 meses como mínimo, o cada 3 años, como máximo, dependiendo de las características de las empresas.

Por esta razón, los entrevistados destacan la importancia que tiene la información que la empresa pueda entregar con anterioridad a las visitas de los expertos red de la ACHS a las empresas.

*“Es importante que el screening que hace la empresa esté bien hecho, porque nosotros vamos una vez a la empresa... dependiendo de la estimación que hagamos. Si el PREXOR (de la empresa) sale bajo, vamos cada 3 años, y si es alto, de ahí hasta 6 meses es lo mínimo. Y esos 3 años son el máximo, a menos que la empresa cambie sus condiciones, muevan una máquina, y eso lo sabemos solo si la empresa lo informa”.* Entrevistado 7.

Por su parte, las empresas carecen de protocolos propios de acción y de herramientas para implementar sistemas de salud y seguridad, por lo que el rol de los organismos administrativos y las medidas de acción que estos sugieren a las empresas es crucial para la prevención de enfermedades.

Sin embargo, en la práctica las empresas no siempre toman en cuenta las medidas de acción que sugiere el organismo administrador, bajo el nombre de procedimientos de jerarquización de control del riesgo, que tienen como finalidad aislar al trabajador del agente de higiene ocupacional, en este caso, el ruido.

La jerarquización de control de riesgo consta de tres pasos: primero, implementar medidas ingenieriles para aislar la fuente de ruido; luego, implementar medidas administrativas para aislar al trabajador de la fuente sonora, como por ejemplo, rotación de trabajadores en turnos de menor duración; y en tercera instancia, se les recomienda el uso de elementos de protección auditiva personal del tipo interno o externo (tapones u orejeras, respectivamente).

Pero las empresas tienden a descartar las dos primeras –medidas ingenieriles y medidas administrativas- optando solo por la tercera medida: la entrega a los trabajadores de elementos de protección auditiva.

En algunos casos ocurre que estos protectores son seleccionados por las empresas sin el asesoramiento correspondiente, y de acuerdo a la disponibilidad y oferta que se encuentra en el mercado, careciendo de criterios adecuados en términos de reducción y aislamiento del agente de higiene a tratar.

*" Incluso, ni siquiera hay control administrativo, que está asociado a la jerarquización de controles de rotación de personal, o sea, hay una persona que se dedica a hacer ese secado, este trabajo, con una máquina x que le genera un ruido, y nace ahí y muere ahí, y no hay otro". Entrevistado 3*

### Detección de riesgo por parte de la empresa y los trabajadores

En los casos en que se produce un alto nivel de ruido, la empresa debe dar aviso a sus mutualidades correspondientes por medio de los encargados específicos dentro de la

empresa: ya sea el departamento de prevención de la empresa, supervisores, u otro.

Esto es variable, dependiendo de la cantidad de personas con la que cuenta la empresa. Es decir, la tenencia de prevencionista de riesgo está regulado por decreto 40, donde se establece que toda empresa de más de 100 personas debe contar con una asesoría o con un departamento de prevención de riesgo, a tiempo completo o parcial según la masa laboral y tasa de cotización de la empresa. Pero independientemente del número de trabajadores, toda empresa debe estar adherida a una mutualidad que se encargue de la medición del agente de riesgo.

Esto se presenta como problemático en la medida en que el tema de prevención de enfermedades y los riesgos que acarrea la exposición a episodios de ruido queda sujeto a la responsabilidad de cada encargado de la empresa, que no siempre cuenta con los conocimientos adecuados para proceder ante episodios de ruido y las medidas de gestión para minimizarlo y hacerse cargo de este asunto.

*“Uno se encuentra con prevencionista de riesgo, que generalmente en la parte técnica no está tan a cabalidad como sí lo sería un ingeniero en sonido en este aspecto, entonces de repente conocen una parte global del protocolo y no van al meollo puntual de qué significa tener tantos decibeles (...) y en las empresas que carecen de prevencionista lo ve gente de Recursos Humanos...”. Entrevistado 7*

Mientras que las empresas se rigen por la normativa y el sistema de gestión dado por PREXOR, la capacidad de detección y prevención de este agente por parte de los trabajadores es aún menor, a pesar de que, en ciertos casos, son ellos mismos quienes manipulan y trabajan directamente con maquinaria que emite altos niveles de ruido y sonidos molestos que terminan fatigándolos o incomodándolos.

Según los testimonios de los entrevistados, los trabajadores carecen de herramientas que les permita tener conocimiento y medir por sí mismos la exposición al ruido, o el acceso a guías y protocolos de acción que orienten un procedimiento en alguna situación de posible riesgo, así como también de competencia técnica sobre esta materia.

Solo pueden acudir a la técnica ya mencionada anteriormente evaluando una conversación entre dos individuos a un metro de distancia, para prever una posible condición de riesgo. Sin embargo, se reconoce también que el efecto del ruido y el grado de molestia o incomodidad que puede generar una fuente de ruido es de carácter subjetivo, y varía según la persona, de manera que la única forma de corroborar su potencia es a través de las evaluaciones normadas realizadas por las mutualidades.

*“Detección propiamente tal por ellos no, ellos no cuentan con instrumentación para poder decir ‘en estos momentos podemos estar expuestos a un nivel de ruido mayor a lo que está indicando la empresa’. Por otro lado, el tema del diagnóstico es fácil de identificar, porque si tú no tienes para hacer el screening un dosímetro, tú podrías decir claramente que estás expuesto a niveles de ruido alto si es que al hacer una conversación no puedes escuchar lo que te están diciendo. Eso te estaría indicando que estás expuesto a un nivel de ruido alto, o sobre los niveles permitidos por la normativa”. Entrevistado 5*

Como consecuencia, los trabajadores pueden solicitar la evaluación cualitativa antes descrita, mediante la gestión del departamento de prevención de riesgo o del encargado del área responsable de la seguridad y prevención de enfermedades de su empresa. En otras ocasiones, los trabajadores actúan por iniciativa propia y compran implementos de protección personal como tapones desechables, a pesar de que la entrega de estos es responsabilidad de la empresa.

Por otra parte, el protocolo PREXOR exige a las empresas colocar señaléticas pertinentes indicando las zonas de riesgos por los niveles de ruido, así como el uso de protección auditiva, información que debe complementarse con un mapa indicativo de los agentes de higiene existentes en cada área con los niveles de ruido que presentan.

Por lo tanto, se asume que el trabajador tiene acceso a la información y se encuentra en pleno conocimiento de los lugares posibles de riesgos y si debe o no usar protección auditiva.

Además, también se asume que los trabajadores pueden acceder a la información de la maquinaria y equipos que utilizan, ya que algunos de ellos cuentan con una ficha técnica donde aparece el nivel de presión sonora. No obstante, esto depende de la marca de los equipos y de la voluntad de las empresas, ya que, a diferencia de los estándares internacionales, en Chile la normativa no exige que los equipos cuenten con esta información.

Cabe señalar también que los episodios de ruido se generan por diversos motivos asociados a procesos productivos, herramientas específicas, maquinaria, u otro, y que duran un periodo de tiempo determinado y no siempre las 8 horas de la jornada laboral de manera continua, de modo que la exposición durante 10 o 15 minutos influye en una posible enfermedad profesional, por lo que el daño auditivo depende de diversos factores como la intensidad, nivel sonoro del ruido, tiempo de exposición, entre otros.

Por ello, los trabajadores pueden canalizar sus inquietudes mediante los comités paritarios y dirigentes sindicales respecto sus lugares de trabajo y la existencia de algún posible agente de exposición, para ser evaluados y atendidos por profesionales externos en base a los protocolos normados. Los pasos a seguir luego de la denuncia, depende del experto en prevención y del nivel de gestión que tenga cada empresa.

Además, los trabajadores cuentan con la instancia legal de informar irregularidades frente a instituciones como la Inspección del Trabajo, la Seremi de Salud, denuncias que pueden ser realizadas de manera presencial o anónima por teléfono.

Por su parte, las mutualidades también notifican a estas instituciones y a las empresas respectivas, en caso de detectar algún tipo de daño auditivo en trabajadores expuestos a altos niveles de ruido, luego de someterlos a programas de vigilancia de la salud.

### El protocolo PREXOR

En términos generales los entrevistados sostienen que el protocolo PREXOR es visto como un avance significativo en comparación a los protocolos previos, en términos de gestión de agentes de higiene de ruido, refiriéndose a éste como claro en los pasos a seguir, completo y de gran alcance en términos teóricos, donde el procedimiento cumple con el objetivo de prevenir enfermedades profesionales.

Se destaca la sistematización de la gestión del control de ruido, donde se orienta a las empresas a implementar medidas ingenieriles prácticas y definidas para aislar la fuente de emisión sonora, acompañada de medidas administrativas, y complementada con elementos de protección personal, dentro de plazos definidos de manera que si las empresas no cumplen, éstas pueden argumentar sus razones (por ejemplo, falta de presupuesto para la implementación de las medidas). En base a lo anterior, las mutualidades pueden volver a asesorar o dar aviso a las autoridades competentes sobre las condiciones de los trabajadores, generando de alguna forma presión a las empresas.

También se valora que el protocolo faculte el retiro de aquellos trabajadores de sus puestos de trabajo, que están expuestos a niveles de riesgos de enfermedades auditivas e incluirlos a programas de vigilancia médica, programas que pueden tener una duración que va de los 6 meses a 3 años, según la gravedad o dosis de ruido a la que están expuestos.

Los entrevistados comentan que PREXOR es valorado en la medida en que vincula a los



distintos organismos involucrados como la Seremi de Salud, los organismos administradores de la ley o mutualidades, otros entes fiscalizadores y las empresas; exigiendo que los profesionales evaluadores sean estrictos, con conocimiento especializado en el área, capaces de entregar análisis detallados, orientar y sugerir soluciones a las empresas acordes a la complejidad de las medidas de control que ofrece PREXOR: soluciones ingenieriles, administrativas y de protección personal.

Además, rescatan la capacidad que tiene PREXOR de otorgar responsabilidad a la empresa en cuanto a la vigilancia de trabajadores en exposición a ruido, y a la implementación de soluciones para reducir la exposición a este agente, así como gestionar capacitaciones informativas sobre los riesgos y para el buen uso de protectores auditivos, por medio de la fiscalización.

Si bien se plantea como un protocolo teóricamente aceptable, aún quedan detalles que a juicio de los entrevistados, faltarían mejorar para la implementación y aplicabilidad de PREXOR como sistema de gestión.

Por un lado, PREXOR se basa en guías técnicas que son difíciles de entender y aplicar, debido al uso de terminología técnica la cual requiere conocimiento previo para facilitar su comprensión y posterior implementación, por lo que sería necesario capacitaciones sobre las guías técnicas del ISP para poder entender mejor lo que se solicita en PREXOR.

Sumado a lo anterior, los informes de resultados que las mutualidades entregan a las empresas son demasiado extensos y técnicos, lo cual dificulta su aplicabilidad por parte de las empresas.

Lo anterior resulta más problemático en aquellas empresas que carecen de prevencionista de riesgo -empresas pequeñas que por el número de trabajadores quedan exentas de prevencionista ya que la normativa no lo exige- donde los responsables y encargados de la implementación de PREXOR son supervisores, jefaturas, miembros del comité paritario, o en ciertas ocasiones el mismo empleador, personas que no cuentan con los conocimientos necesarios acordes al tema a tratar.

Otro punto a mejorar guarda relación con el tiempo que demora la implementación de este complejo sistema de gestión, tiempo que depende de los criterios y voluntades de cada empresa, así como también por su capacidad de poner en marcha las medidas sugeridas por las mutualidades, ya sea por sus costos o por su falta de entendimiento para aplicar lo que se les está pidiendo.

Además, se cuestiona que al ser un protocolo y no una norma, cada mutualidad tiene criterios propios de gestión, y las empresas no tienen reales incentivos para aplicarlo, quedando sujeto a la voluntad de éstas su puesta en práctica. En consecuencia, las medidas ingenieriles propuestas por las mutualidades son vistas como una desventaja, ya que tienden a significar altos costos para las empresas, que, en algunos casos, son gastos que las empresas no están dispuestas a incurrir o simplemente no cuentan con los medios para hacerlo.

Se establece la necesidad de que la autoridad fiscalizadora cumpla su rol bajo criterios más estrictos, rigurosos, y con mayor frecuencia, tal como ocurre con el control de sistemas de gestión de otros agentes de higiene, ya que en la actualidad la mayor parte de las empresas estarían bajo los estándares esperados.

*“Si nosotros fiscalizáramos el 594, te aseguro que la mayor parte de las empresas estaría en condiciones realmente deficientes operativa frente a los trabajadores. Pero no se fiscaliza”.* Entrevistado 3

Asimismo, surgen algunas recomendaciones, como por ejemplo, que las mutualidades pudieran recomendar a las empresas remover a los trabajadores que están en riesgo de enfermedad de una manera más directa, para evitar que los daños auditivos sigan avanzando, y cuidar con mayor rigurosidad las normas de confidencialidad médica, que en la práctica no serían 100% efectivas, ya que siempre el empleador puede detectar qué trabajador es el que está enfermo, y al quedar en descubierto su identidad, éste queda en una condición vulnerable frente al empleador.

Otra recomendación aborda el tema del lenguaje utilizado en el protocolo, de manera de hacerlo más amigable y comprensible, con menos uso de lenguaje técnico para que la contraparte que carece de expertos en prevención y los saberes adecuados, puedan enfrentarse a él e implementarlo de mejor manera.

Otro aspecto a mejorar radica en la falta de capacitaciones a empresas en cuanto a la elección de los implementos de protección auditiva adecuada para sus trabajadores, ya que, al desconocer esta información, las empresas solicitan visitas y evaluaciones cualitativas y cuantitativas a las mutualidades, en vez de hacer gestión interna y basarse en la información que da el protocolo.

Por su parte, también se reconoce que los expertos asesores de las mutualidades tampoco cuentan con información actualizada acorde a las modificaciones que ha sufrido PREXOR con el paso del tiempo desde su creación.

## II. Rol de la empresa y los trabajadores en situaciones de ruido

Desde el punto de vista normativo, las empresas cuentan con la obligación de tener protocolos que orienten un procedimiento ante episodios de ruido de manera interna, pero estos varían según el área de producción de la empresa. En este punto, sobresale el rubro de la minería basados en estándares internacionales estrictos, donde se exige mayor gestión y proactividad ante agentes de higiene ocupacional. Por lo que en estricto rigor, las empresas dependen del apoyo que les ofrecen los organismos administradores de la ley o mutualidades.

La proactividad de éstas se mueve en un margen estrecho entre la entrega de los implementos de protección personal a los trabajadores, y solicitudes de visitas a las mutualidades ante fiscalizaciones venideras o adquisición de patentes. Más allá de eso, no profundizan en el tema de la disminución o aislamiento del agente de ruido, o en el mantenimiento de las medidas tomadas para su control, maquinarias, entre otras.

Sin embargo, las empresas son las responsables de mantener vigente el mapeo inicial de agentes de higiene, de dar aviso a las mutualidades ante eventuales cambios en las condiciones de los puestos de trabajo o recambio de trabajadores, de solicitar re-evaluaciones, implementar las medidas de control que se les recomienda, y supervisar el buen uso de los implementos de protección personal.

Según los entrevistados, una de las dificultades que tienen las empresas tiene que ver con la falta de capacitación y conocimiento específico de las personas encargadas de la gestión del control del ruido dentro de las empresas. Por esta razón, la contraparte resulta poco efectiva y eficiente en la entrega de información solicitada por las mutualidades para realizar los estudios y evaluaciones pertinentes.

La información incompleta influye en la programación de todo el sistema de gestión del protocolo PREXOR, teniendo que realizar varias visitas con el fin de poder medir y evaluar todos los puestos de trabajo correspondientes.

Se cree que la información incompleta puede ser por desconocimiento del tema, así como también producto de la falta de voluntad por parte de las empresas, para evitar tener que destinar fondos en las medidas ingenieriles de control que proponen las mutualidades en caso de evidenciar altos niveles de ruido en un puesto de trabajo. Por esta razón, las mutualidades recomiendan tomar medidas ingenieriles desde la etapa del diseño de la empresa, ya que reconocen que cuando la empresa está operativa, las medidas implican altos costos.

Además, no solo se incurre en gastos monetarios, sino que también implica destinar otros recursos para el correcto procedimiento de PREXOR: tiempo destinado a las evaluaciones, coordinación de equipos o grupos de exposición, entre otras.

Por ello, las empresas se enfrentan al sistema de gestión de control de ruido y la seguridad de sus trabajadores desde un punto de vista negativo, porque no consideran el tema de la prevención de riesgo como un valor agregado a las funciones de sus trabajadores, sino que lo ven como un costo, donde incluso, en ocasiones tienen que solicitar asesoría y contratar a empresas externas para que se haga cargo de la implementación de las medidas de mitigación.

Los entrevistados plantean que se piensa la seguridad como una arista paralela a la productividad y no como un todo integrado que redunde en un mayor valor. Por lo que se vuelve necesario sensibilizar a las empresas respecto la prevención y la seguridad desde la gerencia hasta cada uno de los trabajadores.

Solo un porcentaje muy reducido de empresas que tienen mayor experiencia en términos de seguridad, entienden y facilitan los cambios sugeridos dentro del proceso productivo.

*“La empresa sí, yo creo que están dispuestas, algunas, las que tal vez son un poco más maduras en términos de seguridad, entienden y facilitan un poco los cambios dentro del proceso productivo, ¿ya?, para disminuir la exposición al ruido. Pero no son todas, de hecho, estamos hablando de un porcentaje súper reducido. Pero justamente, como te digo, cuando están por fiscalización o sacando patente, ahí el camino es súper fácil”.*

Entrevistado 4

Si bien las empresas pueden ser más reticentes a implementar las medidas ingenieriles por sus altos costos, no lo son tanto respecto las medidas administrativas de la gestión de ruido, como por ejemplo, capacitando a dos trabajadores para que se turnen un puesto de trabajo expuesto a altos niveles de ruido.

A su vez, los trabajadores también se involucran y participan por voluntad propia ofreciendo medidas alternativas a las propuestas por las mutualidades, para mitigar las fuentes de emisión acústica, conforme al conocimiento y experiencia que éstos tienen con las máquinas y equipos con los que trabajan.

El rol de los trabajadores varía según caso a caso. Por ejemplo, cuando la empresa ha hecho gestión de control de ruido y genera cultura preventiva, los trabajadores tienden a ser más conscientes de los riesgos a los que se someten al exponerse al ruido.

En ocasiones, el trabajador también toma un rol más activo dentro de la empresa, siendo un denunciante interno motivado por su propia seguridad y bienestar, o solicitando mayor frecuencia de visitas de las mutualidades. Además, los trabajadores tienen derecho de solicitar a las empresas implementos de protección siempre y cuando esté avalado por el estudio previo que indiquen la necesidad de su uso, para no caer en el riesgo de sobre proteger a trabajadores y que no escuchen alertas o instrucciones pertinentes.

No obstante, en general los entrevistados describen a los trabajadores como individuos con poco interés, reacios al uso de implementos de protección personal, debido a que los consideran molestos e incómodos. Razón por la cual las medidas ingenieriles son siempre el primer paso en la mitigación del agente de ruido.

Además, describen una variación respecto a la característica educacional de los trabajadores, donde los más jóvenes sin educación técnica tienden a ser más arriesgados, cuidándose menos, así como los trabajadores mayores de 50 años, tampoco tienden a cuidarse debido a que no tienen arraigado en sus hábitos el tema del autocuidado, temática relativamente nueva. Mientras que los trabajadores jóvenes con educación técnica tienden a usar los elementos de protección personal.

Sin embargo, otras experiencias indican que los trabajadores de mayor edad también son cuidadosos y están conscientes de la importancia en la prevención debido a que han experimentado en sí mismos cambios en su capacidad auditiva, siendo alertados por comentarios de familiares quienes evidencian un aumento del volumen de la voz al hablar o uso del volumen de la televisión más alto, entre otras.

En este sentido, la educación y cultura preventiva es crucial, en la medida en que la información entregada por los protocolos y la normativa ayudan a sensibilizar y generar conciencia de los riesgos, orientando al trabajador en la toma de medidas de precaución necesarias para su propia seguridad y bienestar, ya que en ocasiones la entrega de implementos de protección personal pierde sentido si los trabajadores los dejan guardados o los usan de manera incorrecta.

Los entrevistados comentan también que existe poco control por parte de la empresa en cuanto a la supervisión en este aspecto, o el uso de sanciones para motivar un cambio de conducta en los trabajadores, lo cual dificulta aún más la posibilidad de cambiar los hábitos de autocuidado de los trabajadores.

La cultura preventiva sería el producto de una responsabilidad compartida, donde tanto la empresa, como las mutualidades y el trabajador deben estar en sintonía en cuanto a los

temas de peligro y prevención de enfermedades, estando todos debidamente informados sobre riesgos, capacitados en cuanto a la prevención autocuidado y salud, y dispuestos a generar estrategias de acción para implementar las medidas y cambios necesarios para enfrentar los episodios de ruido y fomentar el autocuidado en los trabajadores.

Las mutualidades tienen la gran labor de difundir la problemática con todos los actores involucrados, generando conciencia y que se actúe en consecuencia para prevenir las enfermedades.

### III. Sobre el desarrollo de la aplicación y sus características

El proyecto sobre la creación de esta aplicación como detector de ruido en lugares de trabajo con un registro respectivo es considerado útil y beneficioso de distintas formas, pero con algunas aprehensiones que se describirán más abajo.

En principio se considera una iniciativa útil para el departamento de prevención de riesgo o el encargado de la empresa, debido a que serviría como herramienta para caracterizar de mejor manera la matriz de riesgo que cada empresa debe elaborar por sí misma, diferenciando puestos de trabajo potencialmente críticos y los puestos de trabajo fuera de riesgo, entre otras cosas, y con dicha información solicitar una visita de la mutualidad para dar paso a las evaluaciones pertinentes. Es decir, se ve provechosa en la medida en que facilita la gestión y la recolección de datos especialmente en empresas pequeñas o familiares, que carecen de expertos y encargados con manejo del tema de ruido.

Por otra parte, se destaca su eventual provecho como ayuda en la prevención de necesidades de protección auditiva hasta que las mutualidades programen las visitas correspondientes.

En cuanto a las aprehensiones respecto a la aplicación, éstas apuntan a las características de la aplicación, a su funcionamiento, y el usuario que la manejaría.

Por ejemplo, respecto del usuario que utilice la aplicación, se espera que quien la utilice sea capaz de darle un buen uso, de modo que el experto empresa o quien sea el responsable de la seguridad de los trabajadores, efectivamente mida la peor condición de ruido de un puesto de trabajo y no la mejor, evitando el riesgo de la manipulación de escenarios de manera estratégica por parte de la empresa, ya que en la actualidad cuando las mutualidades visitan las empresas podrían encontrarse con realidades preparadas, pero donde el escenario cambia cuando son visitas imprevistas:

*“Uno va a medir y la empresa tiene la mitad de las fuentes de ruido apagadas, o justo te dicen es que no se puede, pero emulemos, y te muestran una cuestión que no tiene relación con la realidad de la misma”.* Entrevistado 7

Otro punto que genera bastante controversia en los entrevistados es la validez técnica y legal que logre tener la aplicación, para que pueda ser confiable tanto por las empresas y trabajadores, como por las instituciones oficiales y fiscalizadoras.

Se comenta que ya existen aplicaciones similares, pero que no tienen validez por la falta de micrófonos que logren captar de mejor manera el sonido. Además, se agrega que los sonómetros utilizados para las evaluaciones técnicas también pasan por un sistema de calibración regido por estándares internacionales. Por lo que es importante que la aplicación también cumpla con estos criterios.

Con ello, se precisa que la información que se logre registrar sea de referencia porque los informes oficiales son los que dependen de los organismos e instituciones normadas como la SEREMI, mutualidades, ISP, entre otros.

Por su parte, también se cuestiona que la aplicación sea de libre acceso; y que no tenga un óptimo funcionamiento en distintos modelos de celulares, ya que podría distorsionar la información captada. Además, genera resquemor que sea una aplicación donde el trabajador pueda acceder a ella desde su celular personal y que descuide sus deberes laborales.

### Evaluación de características específicas de la aplicación

En cuanto a las características específicas de la aplicación, destacan positivamente la posibilidad de que el episodio sonoro pueda ser registrado y almacenado geolocalizadamente, en una base de datos que ayude a precisar el lugar de trabajo o área productiva de emisión del ruido.

También se valora positivamente que la aplicación pueda tener la posibilidad de que el mismo usuario pueda agregar información complementaria que ayude a caracterizar el episodio de ruido. En rigor, se propone que el usuario pueda agregar información precisa como: área o lugar donde se realizó la medición, proceso o tipo de actividad, fuentes de

origen del ruido, puestos de trabajos que están expuestos al ruido, ciclos de trabajo, horas hombre efectivas de exposición, si la exposición es continua o no continua, cantidad de trabajadores expuestos, un cuadro de observaciones para anotar condiciones o situaciones anormales, uso de protección, tipo marca, modelo.

En relación a la información que se espera que registre la aplicación por considerarse de mucha utilidad para las mutualidades y los encargados del control del ruido de las empresas, se encuentran: el nivel de presión sonora registrada por la aplicación, niveles máximos y mínimos de ruido, precisión del área de trabajo donde se emitió el ruido, tipo o descripción del puesto de trabajo, fecha, hora y tiempo de medición, puestos de trabajo expuestos, uso de protección personal, funcionamiento de otros equipos y herramientas de manera simultánea.

Respecto a la posibilidad de que la aplicación cuente con un sistema de alarmas preventivas que notifiquen al usuario y/o administrador en caso de episodios de ruido que excedan en la normativa de distintos tipos de ruido, las opiniones son variadas. Se cree que si bien no es una característica particularmente fundamental, si sería interesante que notificara episodios de ruido importantes y queden registrados en una base de datos, o que sea más bien ilustrativo para quienes no manejan el lenguaje técnico, puedan contactar a su organismo administrador y coordinar una visita para que haga medición con equipos y los profesionales correspondientes, acelerando los diagnósticos de posibles enfermos, y mejorando la gestión entre la empresa y la mutual. Así el usuario de la aplicación podría detectar en terreno situaciones que deben ser tratadas.

Además, se agrega que las notificaciones también podrían recordar acerca de los plazos finales para la implementación de medidas y recomendaciones, para que se le pueda dar continuidad a las mediciones.

Por su parte, la idea de que sea una alarma sonora no es bien recibida, debido a que ésta podría sobre alertar a los trabajadores, generar inquietud, especialmente si son valores referenciales y no reales.

Otro aspecto mencionado es que la alarma podría ser usada como una herramienta de denuncia por parte de los trabajadores, dirigiéndose directamente a la inspección del trabajo u otro organismo, lo cual puede tensionar las relaciones entre el empleador y los trabajadores. Además, se podría pasar a llevar los conductos regulares donde el primer aviso debería ser a las mutualidades para que verifiquen la situación con sus equipos debidamente calibrados, quienes ya podrían estar gestionando medidas de control en



paralelo.

En efecto, en la práctica se dan situaciones donde el trabajador se preocupa e involucra en las mediciones y evaluaciones del personal de las mutualidades pidiendo información acerca de los niveles de ruido, pero donde la contraparte empresa les solicita no entregar detalles a los trabajadores para evitar conflictos.

Por ello se establece que es importante que la aplicación sea usada por usuarios que puedan encauzar de la mejor manera la información y que estén capacitados para entenderla sin sobre alarmar a los trabajadores.

Sobre la posibilidad de que la aplicación pueda generar reportes cada cierto periodo de tiempo para el usuario, unidad o empresa, se espera que sea muy ilustrativa con gráficos, dibujos y esquemas, y podría servir además para hacer comparaciones entre los reportes entre empresas de un mismo rubro. Además, es importante que dicho reporte sea en algún formato para ser compartido vía mail, o imprimible de modo que quede respaldo de la información en otros formatos más allá de los digitales. Por lo demás, se cree que es positivo contar con una herramienta que permita visualizar el riesgo y dimensionarlo de manera más gráfica en la aplicación.

En cuanto a la definición del posible usuario de la aplicación, pareciera haber una tensión en la posibilidad de que la ocupen los mismos trabajadores debido a que carecerán de los conocimientos necesarios para entender la información captada por la aplicación, así como también porque podría ponerlos en alerta y generar conflictos relacionales con el empleador.

Pero sí podrían tener acceso a la aplicación aquellos trabajadores que se encuentran efectivamente en labores con altos niveles de ruido o con niveles medio pero constantes, para poder tener registro de su exposición en varias jornadas consecutivas.

Por otra parte, surge la idea de que el usuario de la aplicación sea el experto en prevención o el supervisor, ya que es el agente a cargo de la seguridad de los trabajadores. No obstante, la única aprehensión es que el supervisor también tiene trabajo administrativo por lo que no podría estar siempre en terreno.

### Resistencias asociadas a la aplicación

Entre las resistencias o dificultades que se pueden destacar para el desarrollo o

implementación de la aplicación por parte de la autoridad, la empresa y los mismos trabajadores, tiene que ver con su validez. Es decir, para que la aplicación tenga buena acogida por estos actores, es necesario que se inserte adecuadamente en el protocolo PREXOR (como parte del pre-screening) cumpliendo con la debida validación técnica exigidas por la autoridad.

Otro punto que podría generar reticencia es el eventual costo que podría tener, dado que se asume que los micrófonos de los celulares son deficientes y tienen un rango de frecuencia limitado, por lo que no lograrían capturar el sonido de forma adecuada, haciendo necesario complementar los celulares con micrófonos adecuados. Lo anterior implicaría aumentar el valor de la aplicación o de los celulares, gastos que desincentivarían el uso de parte de las empresas.

Otra resistencia que puede tener el empleador puede surgir a partir del uso que se le dé a la información recolectada por la aplicación, ya que podría repercutir en un aumento de denuncias a los organismos fiscalizadores. A pesar de ello, los entrevistados comentan que se podría tener una mejor recepción por parte de la empresa según la forma en que se presente esta aplicación: como una herramienta que permite monitorear el nivel de exposición sonora al que está expuesto el trabajador, evitando enfermedades profesionales, lo cual impacta en la tasa de cotización que paga la empresa, por ejemplo, lo cual podría significar disminuir los costos operacionales, los seguros, permitiendo tener trabajadores mucho más saludables.

### Otras sugerencias

Se sugiere que la aplicación cuente con un banco de datos para facilitar el registro de la información, considerando los distintos tipos de protección personal que existen, sus variantes, tipos, marcas, entre otros.

Además, se propone la idea de que la aplicación entregue un resumen diario de excesos dentro de la jornada laboral, para determinar condiciones de riesgos que no fueron previstos, y que su uso principal sea funcionar como un dosímetro y no como un sonómetro, entregando referencias interesantes respecto la exposición particular de un trabajador durante un día de su jornada laboral, aportando información valiosa sobre un espectro de nivel de ruido con el tiempo y hora que se alcanza durante la jornada laboral.

Sumado a lo anterior, se propone que la aplicación entregue información y

recomendaciones acerca de las medidas a tomar: eliminar herramienta, eliminar actividad, hacer aislamiento, posibilidades técnicas preventivas, contacto con organismos administrador, que se incorpore persona a seguimiento médico, etc.

### Valoración general de la aplicación

En resumen, se considera que la aplicación sería de gran ayuda como herramienta de registro para el levantamiento de información y diagnóstico ayudando a complementar la matriz de identificación de riesgo que realizan las empresas, información relevante que solicita su mutualidad respectiva para realizar las evaluaciones posteriores, pero teniendo siempre en consideración que esta información recolectada son valores referenciales que deben ser corroborados y validados por las entidades pertinentes con los equipos correspondientes.

Genera interés en cuanto a su funcionalidad como herramienta efectiva y óptima de menor costo que un sonómetro o dosímetro, y más concreta que la evaluación cualitativa, beneficiando a todos los actores involucrados, a saber, la empresa, los trabajadores, y la mutualidad.

Se valora la idea de que la aplicación pueda facilitar el acceso y la comprensión de la información para todos los actores, de manera que exista mayor conocimiento de los riesgos a los que están expuestos los trabajadores, y que esta información sobre las gestiones de ruido y los cuidados necesarios, sea transversal desde la gerencia hasta el experto en prevención y los trabajadores.

Los entrevistados relatan que la aplicación sería útil como apoyo al profesional responsable en la empresa de modo de simplificar y hacer más amigable su trabajo en relación al tema del ruido. Como por ejemplo, serviría ante eventuales cambios en la empresa previo a que se realice la visita de las mutualidades, a modo de prever condiciones de riesgo crítico y posteriores enfermedades; para evaluar las medidas de control ya implementadas y revisar que efectivamente se logren atenuaciones del sonido; o para corroborar el nivel de sonido que emiten máquinas y equipos antes de realizar las compras, de modo de considerar en la elección la máquina que emita menos ruido

En cuanto a los trabajadores, la aplicación sería beneficiosa en la medida en que podría proteger a trabajadores que no cuentan con protección, en función que la aplicación lograría captar información sobre niveles de ruido específicos y con mayor frecuencia dentro de un proceso, considerando que las mutuales realizan sólo estimaciones sobre los

episodios sonoros, a partir de visitas esporádicas. Sumado a lo anterior, se podrían redefinir tareas dentro del comité paritario dentro de la empresa, de manera de verificar si se realizaron las inspecciones correspondientes, concientizando a los trabajadores positivamente sobre la importancia de la prevención de enfermedades.

Para las mutualidades la aplicación también resultaría útil en cuanto a permitiría contar con información actualizada, dando la posibilidad de focalizar su gestión, priorizar puestos de trabajo para evaluación, y no desgastar recursos en mediciones de empresas que no tienen exposición a ruido de niveles preocupantes.

No obstante, se espera que la aplicación esté inserta en los protocolos actuales y validada por algún organismo facilitador o regulador. Y para asegurarse de aquello, se considera pertinente que la aplicación dependa de la mutualidad, de manera que no sea de uso masivo, sino que sea de uso exclusivo y con registro del usuario.

### c. Desarrollo de la Aplicación APPREXOR

La aplicación desarrollada se llevó a cabo en dos etapas: la primera consistió en la elaboración de una versión de la aplicación con características básicas; y la segunda etapa consistió en el desarrollo de la versión beta de la aplicación, funcional, pero con consideraciones a tener en cuenta ante un potencial escalamiento.

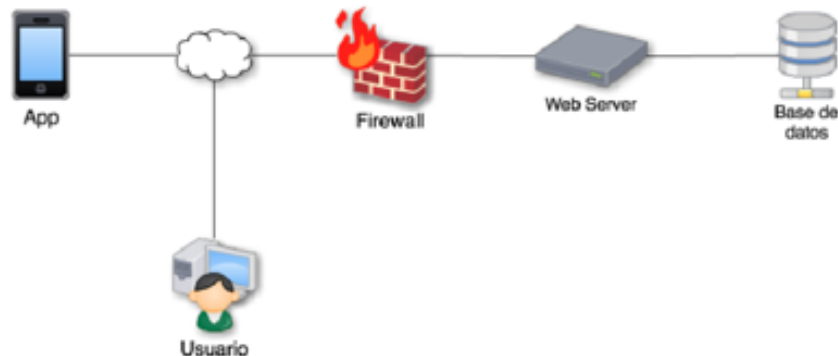
#### Desarrollo de App con características básicas

Se realiza el desarrollo de una aplicación capaz de detectar y medir el nivel de ruido, por medio de una aplicación móvil y una aplicación web conectadas entre sí, en donde la aplicación móvil capta el ruido, la geo-referenciación y los datos básicos de identificación de la empresa y puesto de trabajo monitoreado, informando al usuario los resultados de la medición y emitiendo un mensaje de alerta a la aplicación web en caso que la medición sobrepase la cantidad de ruido normada (82dB) y sea necesario una evaluación más exhaustiva mediante el protocolo PREXOR por la Mutualidad.

La aplicación web capta todos los datos de cada medición, procesando la información y lo compara con una gama de sonidos de referencias obtenidos durante el trabajo de laboratorio, grabando los resultados en una base de datos exclusiva.

#### Arquitectura de solución

La arquitectura general está explicada en siguiente diagrama:



### **Arquitectura de la Aplicación móvil**

La aplicación está hecha usando las siguientes tecnologías y lenguajes de programación:

- La lógica está programada usando HTML5 (Javascript + HTML).
- El código HTML5 está encapsulado en WebView de sistema operativo de teléfono móvil usando herramienta Adobe PhoneGap.
- Para capturar el sonido y geolocalización se usan API de PhoneGap, las cuales permitan el uso de recursos de Hardware del dispositivo.
- Datos temporales se guardan dependiendo del formato de datos:
  - El archivo de sonido en filesystem del dispositivo.
  - Los datos de usuario y geolocalización en base de datos tipo “localStorage” en teléfono.

### **Arquitectura de aplicación Web**

La aplicación web consiste en:

- Interfaz hecha usando tecnologías Servidor/Cliente:
  - Servidor: Lenguaje de programación PHP usando framework CodeIgniter versión 3
  - Cliente: HTML + CSS3 + Javascript usando librerías jQuery y framework Bootstrap versión 3
- Demos de procesamiento del sonido hecho C++
- Base de datos para guardar los resultados basado en motor MySQL5

La aplicación web está implementada bajo el ambiente LAMP:

- Sistema operativo Linux Centos 6
- Servidor web Apache 2
- Motor de base de datos MySQL 5
- PHP 5.6

### **Calibración captación de ruido con instrumentos patrones**

Se realizan mediciones en condiciones experimentales de laboratorio con el fin de calibrar la instrumentación y el método de captación de ruido con los dispositivos móviles seleccionados en los cuales se encuentra instalada la aplicación. Se realizaron mediciones de la misma cantidad de decibeles a distintas frecuencias con el fin de disminuir el error de

calibración y poder utilizar un ruido patrón de comparación que dispondrá de metodología para determinar la cantidad de ruido que está siendo captada.

### **Equipos involucrados en el trabajo de laboratorio**

- Audiómetro fuente generadora de ruido.
- Micrófono externo que mide ruido de fondo:
- Sonómetro – tiempo de recuperación (cuánto dura la señal)
- Cámaras para mantener visión sobre sujeto.
- Dosímetro (Conexión Bluetooth)

### **Mediciones realizadas**

Se realizaron cinco mediciones distintas, con la misma cantidad de decibeles (61 – 67 db.), pero con distintas frecuencias a fin de obtener la mejor calibración posible del ruido patrón que utilizará la tecnología para determinar la cantidad de ruido que capta y sea lo más fidedigna posible.

Las pruebas realizadas fueron las siguientes:

- Prueba 1: 500 (hz.)
- Prueba 2: 1.000 (hz.)
- Prueba 3: 2.000 (hz.)
- Prueba 4: 4.000 (hz.)
- Prueba 5: 8.000 (hz.)

## Desarrollo de App versión beta funcional

Se complementa el desarrollo de la aplicación versión características básicas, capaz de detectar y medir el nivel de ruido, agregando características avanzadas como incorporar información geo-referencial y retroalimentación del usuario para caracterizar de manera más completa un episodio sonoro. Esta información es almacenada en un servidor central al cual se puede acceder mediante un portal web.

El flujo de operación de la aplicación móvil se resume en los siguientes pasos para el usuario:

1. Se le solicita al usuario completar un formulario de caracterización del episodio sonoro elaborado a partir de la primera ronda de entrevistas (análisis de información primaria para el diseño de la aplicación).
2. Se le solicita al usuario posicionar el micrófono externo incorporado al celular para realizar la medición. Adicionalmente, se ofrece la posibilidad de que, en caso de que el usuario cuente con un sonómetro estandarizado, pueda incorporar los resultados obtenidos por éste en la aplicación, de modo de que queden registrados estos datos.
3. La aplicación indica opción para dar inicio a la medición.
4. La aplicación muestra el resultado de la medición.
5. La aplicación muestra el resumen medición.
6. La aplicación muestra ofrece la posibilidad de Descartar o Guardar resultados y respuestas del formulario en el servidor asociado.
7. La aplicación ofrece la opción de enviar un correo electrónico con los datos de la medición realizada y en caso de alerta, notificación de medición con niveles altos de ruido, sobre la normativa.

## Especificaciones de aplicación móvil APPREXOR, versión beta funcional

La aplicación móvil desarrollada permite utilizar un teléfono inteligente con sistema operativo Android como un dispositivo de medición de ruido. Los requerimientos de uso de la aplicación son los siguientes:

- Sistema operativo: Android 5.0 o superior<sup>1</sup>.
- Conexión a internet: solo para enviar los resultados de la medición al servidor central.

---

<sup>1</sup> Para este estudio se utilizaron tres modelos de celulares: y un Sony Experia E4 ENT 4g.



- Micrófono: micrófono externo RODE SmartLav+.
- El uso de esta aplicación móvil está orientado a la medición de ruidos estables o fluctuantes. No se aconseja su utilización para ruidos de tipo impulsivo.

En la Figura 1 se muestra el diagrama de flujo que sigue la aplicación móvil APPREXOR.

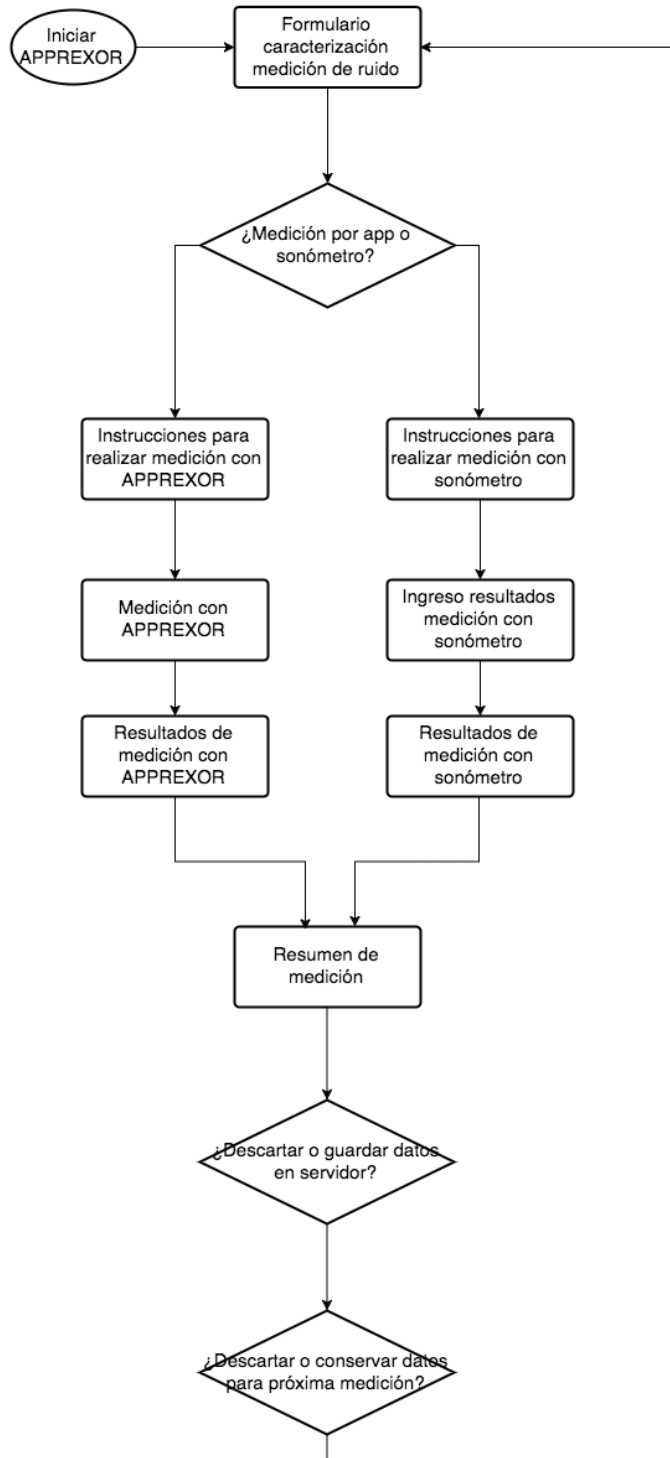


Figura 1: Diagrama de flujo APPREXOR

### Iniciar APPREXOR

El usuario puede acceder a la aplicación por medio del ícono APPREXOR en su pantalla.

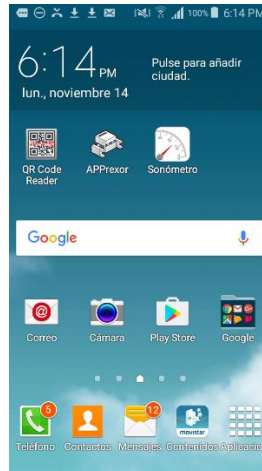


Figura 2: Iniciar APPREXOR

Luego de iniciar la aplicación móvil se presenta un disclaimer técnico con el siguiente texto.

APPREXOR es una aplicación versión beta desarrollada con fondos de investigación de la SUSESO, en colaboración con ACHS y el Centro de Investigación en Complejidad Social. Las mediciones registradas por la aplicación no son resultados oficiales, sino referenciales, por lo que se recomienda contactar a su Mutual para informar y/o comprobar éstos resultados. Para mayor información dirigirse a <https://APPREXOR.udd.cl/>

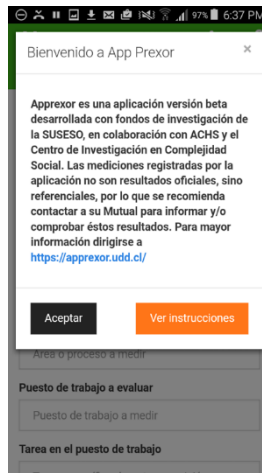


Figura 3: Disclaimer APPREXOR

El popup de disclaimer presenta un botón para ver las instrucciones de uso de la aplicación. Estas instrucciones también son accesibles desde el botón “?” del formulario de caracterización del ruido. El texto que se presenta es el siguiente:

#### INSTRUCCIONES DE USO

1. Complete el formulario con los datos solicitados (nombre de la empresa, mutualidad, área, puesto de trabajo, tarea, y características del ruido a medir).
2. Luego, la aplicación ofrece 3 opciones de tipos de mediciones a registrar:
  1. Medición realizada por la APPREXOR para ruidos de duración estándar: opción recomendada para realizar la medición durante 1 minuto.
  2. Medición realizada por la APPREXOR para ruidos de duración variable: opción recomendada para medir ruidos variables, durante un periodo de tiempo determinada por el usuario.
  3. Registrar resultados obtenidos por sonómetro externo: opción recomendada para expertos en prevención que realizan las mediciones con instrumentación normada.
3. Indique según corresponda el tipo de medición que registrará: duración estándar, duración variable, o medición por sonómetro. Las mediciones realizadas con la aplicación APPREXOR requieren de la utilización de un micrófono externo RODE SmartLav+, y la utilización de un celular con sistema operativo Android versión 5.0 o superior, para su óptimo desempeño.
4. Revise que los datos ingresados en el formulario estén correctos. Al terminar, presione el botón “Siguiete”.
5. En caso de seleccionar la opción para que la aplicación realice la medición (ruidos de duración estándar o variable), continúe con los siguientes pasos, asegurándose de contar con la implementación adecuada para ello:
  1. Siga las instrucciones que se presentan en la pantalla para posicionar adecuadamente el micrófono externo durante la medición, de manera que quede a la altura del oído más expuesto del trabajador a una distancia entre 10cm y 30cm, en dirección hacia la fuente de ruido, procurando mantenerlo lo fijo durante el periodo de la medición.
  2. Presione el botón “Iniciar Medición”.
  3. Espere a que se inicialice la medición.
  4. Si seleccionó una duración estándar, espere durante un minuto hasta que termine la medición. La aplicación hará una cuenta regresiva desde los 60 segundos.
  5. Si seleccionó duración variable, puede terminar la medición presionando el botón “Finalizar medición”.
  6. En ambos casos, durante la medición, puede elegir descartar el registro actual y comenzar nuevamente la medición. Para esto presione el botón “Reiniciar medición”.
6. En caso que realice la medición con un sonómetro externo, deberá completar el formulario que se presenta con información del valor Leq obtenido, duración de la

medición en segundos, y marca, modelo y número de serie del sonómetro. Cuando termine, presione el botón “Siguiete”.

7. Se presentará una pantalla con los resultados de la medición y su clasificación correspondiente de acuerdo al nivel de exposición de ruido detectada. Después de revisar la información, presione el botón “Siguiete”.
8. Se presentará una pantalla resumen con la información ingresada en el formulario de caracterización del ruido y los resultados de la medición. Para guardar los datos en el servidor, procure estar conectado a internet y presione el botón “Guardar medición”. También puede descartar los datos de la medición, presionando el botón “Descartar medición”.
9. Luego de guardar o descartar la medición, se volverá al formulario inicial y la aplicación le entregará la opción de prellenar el formulario con los datos de la medición anterior o de comenzar nuevamente con el formulario vacío.

Notas sobre esta versión:

- Requerimiento mínimo sistema operativo: Android, versión 5.0 o superior.
- El uso de esta aplicación móvil está orientado a la medición de ruidos estables o fluctuantes. No se aconseja su utilización para ruidos de tipo impulsivo.
- Esta aplicación permite al usuario utilizar el mismo dispositivo móvil para realizar una medición de ruido o ingresar datos de una medición realizada con un sonómetro externo. En caso que el ruido sea medido a través de la aplicación, el usuario podrá elegir la duración del registro de ruido entre las siguientes opciones:
  - Duración estándar (1 minuto), similar a lo establecido en el protocolo Prexor.
  - Duración variable, donde el usuario tiene el control y decide cuando terminar el registro de ruido para la medición.
- Conexión a internet:

La aplicación no requiere de conexión a internet para ingresar datos y realizar mediciones. No obstante, si desea guardar los datos de la medición debe conectarse a internet para el envío de la información al servidor.

- Esta aplicación está optimizada para su uso con el micrófono externo RODE smartLav+.

Puede revisar el estudio sobre la precisión de esta herramienta de medición en el siguiente enlace (ver enlace en la aplicación APPREXOR).

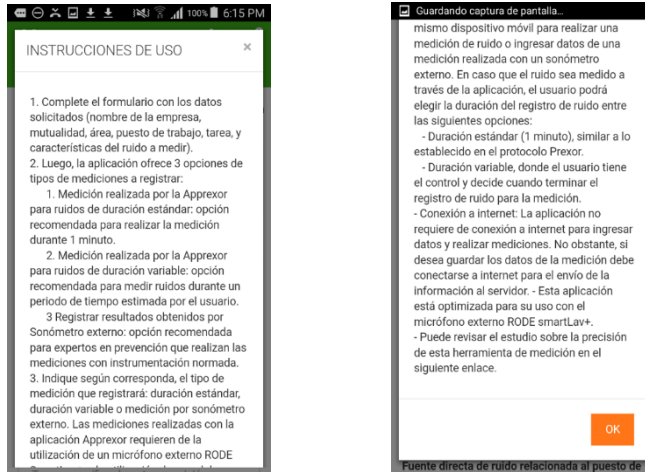


Figura 4: Instrucciones de uso APPREXOR

## Formulario de caracterización de la medición de ruido

Luego de iniciar la aplicación, al usuario se le presentará un formulario, el que debe responder por completo para continuar al siguiente paso. Este cuestionario tiene el objetivo de reunir información que permitirá caracterizar de mejor forma el episodio sonoro en evaluación.

Se solicita al usuario completar todos los campos del formulario:

Campo	Tipo	Descripción
Nombre de la empresa	Texto libre	Nombre de la empresa en evaluación para que la aplicación pueda asociar el registro con una empresa.
Organismo administrador	Alternativas, selección única	El usuario debe seleccionar la mutualidad a la que corresponde la empresa. Las opciones son: <ul style="list-style-type: none"> <li>• ACHS</li> <li>• IST</li> <li>• Mutua de Seguridad</li> </ul> "ACHS" es la opción por defecto.
Email del usuario	Email	Email para envío de informe con el resultado de medición.
Área o Proceso	Texto libre	Área o proceso al que pertenece el puesto de trabajo a evaluar.
Puesto de trabajo a evaluar	Texto libre	Nombre del puesto de trabajo donde se realiza la medición.
Tarea en el puesto de trabajo	Texto libre	Tarea específica que realiza el trabajador en el puesto de trabajo en evaluación, durante la exposición a la fuente de ruido a medir.
Tipo de medición	Alternativas, selección única	El usuario debe seleccionar el tipo de medición que realizará. Las opciones son: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Duración estándar (1 minuto)</li> <li>• Duración variable</li> <li>• Realizar medición con sonómetro externo</li> </ul> En las dos primeras opciones la medición se realiza con la aplicación. La última opción permite ingresar datos de una medición realizada con sonómetro.
Fuente directa de ruido relacionada al puesto de trabajo	Texto libre	Nombre de la principal fuente generadora de ruido relacionada al puesto de trabajo a medir.

¿Existen otras fuentes de ruido?	Selección única	El usuario debe seleccionar la opción SI o NO para indicar la presencia de otras fuentes de ruido.
Horas diarias de exposición al ruido	Numérico	Tiempo total, en horas, que el trabajador está expuesto al ruido en el puesto de trabajo evaluado, durante su jornada laboral.
Cantidad de trabajadores que comparten el puesto de trabajo expuestos a la fuente de ruido	Numérico	Cantidad total de trabajadores que comparten el puesto de trabajo en evaluación, considerando todos los turnos.
¿Existen otros puestos de trabajos expuestos al ruido?	Selección única	El usuario debe seleccionar la opción SI o NO para indicar si otros puestos de trabajos están siendo afectados por el ruido en medición.
Al momento de la medición, el trabajador en el puesto de trabajo, ¿está utilizando algún tipo de elemento de protección auditiva?	Selección única	El usuario debe seleccionar la opción SI o NO respecto al uso de implementos de protección. En caso afirmativo se le pedirá entregar más información en los campos siguientes.
Tipo de elemento de protección auditiva	Alternativas, selección única	El usuario deberá seleccionar el tipo de protección auditiva que utiliza en base a las alternativas propuestas: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Orejeras</li> <li>• Orejeras acoplables al casco</li> <li>• Tapones desechables</li> <li>• Tapones reutilizables</li> </ul>
Marca y modelo de elemento de protección auditiva	Alternativas, selección única	El usuario debe seleccionar la marca del implemento de protección auditiva. Las alternativas son: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 3M</li> <li>• Howard Leight</li> <li>• Steelpro</li> <li>• Masprot</li> <li>• Otra</li> <li>• No sabe</li> </ul>
Observaciones adicionales	Texto libre	Comentarios adicionales relacionados con la medición y el puesto de trabajo en evaluación.

Una vez respondido el formulario, el usuario debe presionar el botón “Siguiente”. Esta acción solo será permitida una vez completados todos los campos solicitados.



A continuación se muestran imágenes del formulario en la aplicación:

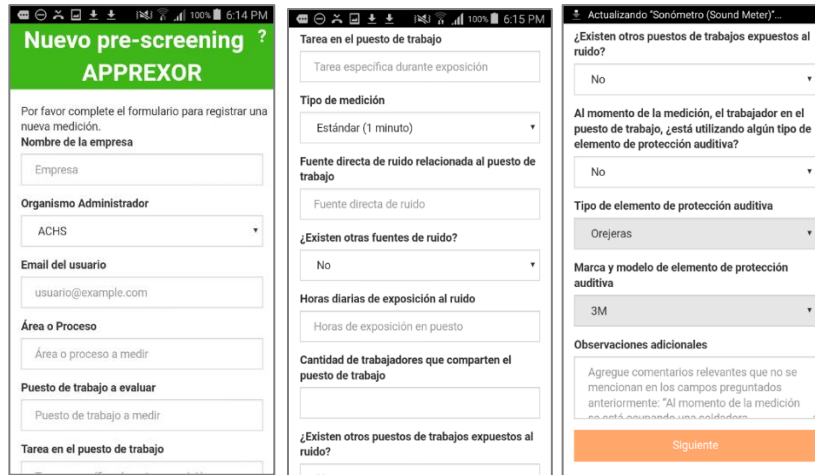


Figura 5: Formulario información complementaria

Tras completar el formulario, el usuario debe presionar sobre el botón “Siguiente” para continuar. Se presentará un texto con las instrucciones para realizar una medición. El texto dependerá del tipo de ruido seleccionado:

- Si la medición se realiza con la aplicación, es decir el usuario seleccionó la alternativa “Duración estándar (1 minuto)” o “Duración variable”, se presenta el siguiente texto:

Por favor, siga estas instrucciones para iniciar la medición con su dispositivo móvil:

1. En el puesto de trabajo a medir, identifique el micrófono externo conectado al teléfono.
2. Posiciónelo a la altura del oído más expuesto del trabajador, a una distancia entre 10cm y 30cm, en dirección hacia la fuente de ruido, procurando no moverlo y dejarlo fijo durante el periodo de la medición
3. Presione el botón “Iniciar medición”.

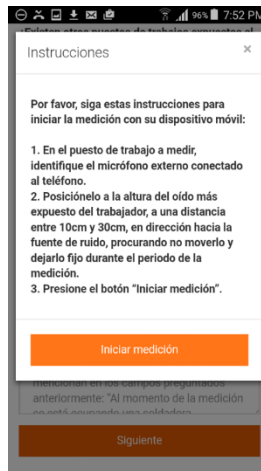


Figura 6: Instrucciones para medición con APPREXOR

- Si la medición se realiza con un sonómetro, se presenta el siguiente texto:

Por favor, siga estas instrucciones para realizar la medición con su sonómetro externo:

1. Calibre su sonómetro siguiendo las indicaciones del fabricante.
2. En el puesto de trabajo a medir, identifique el micrófono del sonómetro.
3. Posiciónelo a la altura del oído más expuesto del trabajador a una distancia entre 10cm y 30cm, en dirección hacia la fuente de ruido.
4. Una vez finalizada la medición, presione el botón "Ingresar medición" para registrar los datos obtenidos.

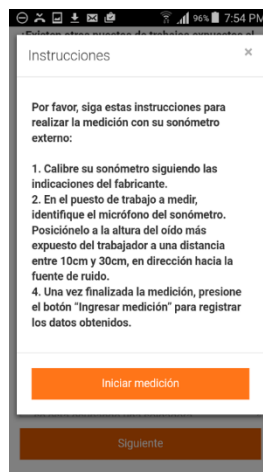


Figura 7: Instrucciones para medición con sonómetro

## Medición de ruido, resultados y clasificación del nivel de ruido

### Medición con APPREXOR

#### Registro de datos

La aplicación comenzará a registrar el sonido y mostrará en pantalla el valor instantáneo de la medición, en dB (A).

La duración y modalidad del registro depende de la opción seleccionada en el campo “Tipo de medición” del formulario de caracterización:

- a) Duración estándar: la aplicación realizará una captura de audio durante un minuto de corrido, la pantalla muestra una cuenta regresiva que parte desde los 60 segundos. Durante el registro, el usuario tiene la opción de reiniciar la captura y volver a iniciar el contador en los 60 segundos.



Figura 8: Medición APPREXOR, duración estándar

- b) Duración variable: para este tipo de medición el usuario es el responsable de detener la captura de sonido. Este tipo de medición no tiene límites para el tiempo de captura. El contador parte en 0 y va aumentando conforme pasa el tiempo. Durante el registro, el usuario tiene la opción de reiniciar la captura y volver a iniciar el contador en 0.



Figura 9: Medición APPREXOR, duración variable

### Procesamiento del sonido

Una vez finalizado el registro de audio, la aplicación procede con el procesamiento del sonido. Para el cálculo del nivel de ruido, la aplicación utiliza los siguientes pasos:

1. Se obtiene el valor instantáneo de la presión sonora cada 40ms, lo que equivale a una toma de muestras de 25 veces por segundo.
2. Por cada segundo transcurrido, se almacena el valor más alto de presión sonora entre las 25 muestras tomadas en ese intervalo de tiempo.
3. Finalmente se calcula el promedio de las mediciones correspondientes a los niveles máximos de presión sonora percibidos por cada segundo.

La ecuación es la siguiente:

$$\frac{\sum_{i=1}^n \left( 20 \cdot \frac{\ln(A_i)}{\ln(10)} \right)}{n}$$

Donde,

- $i$  representa a cada segundo transcurrido,
- $n$  es la duración total de la medición en segundos,
- $A_i$  corresponde a la presión sonora máxima entre las 25 muestras tomadas, para el segundo  $i$ .

### Resultados de la medición con APPREXOR

En la pantalla siguiente de resultado de medición se muestra:

- El resultado del cálculo de nivel de ruido, como valor equivalente a la medición de Leq de un sonómetro.
- Valor máximo de ruido registrado por la aplicación.
- Nivel de exposición según clasificación del nivel de ruido.
- Intervalo de confianza de la aplicación.

El nivel de exposición se obtiene de acuerdo a la siguiente clasificación establecida en el protocolo PREXOR:

Nivel de ruido dB(A)	Nivel de exposición
[0, 80[	Tarea con probable nivel bajo de exposición
[80, 82[	Tarea con probable nivel sobre criterio de exposición de 80 dB (A).
[82, 85[	Tarea con probable nivel sobre el criterio de acción de 82 dB (A).
[85, 95[	Tarea con probable nivel sobre el límite permisible para 8 horas de exposición.
[95, ∞[	Tarea con probable nivel sobre 10 veces el límite permisible para 8 horas de exposición.

Tabla 1: Clasificación nivel de exposición según medición APPREXOR



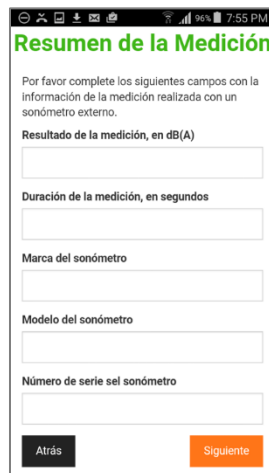
Figura 10: Resultados de medición APPREXOR

## Medición con sonómetro

### Registro de datos

Para la opción de registrar medición con sonómetro, la aplicación solicita ingresar los siguientes datos:

- “Resultado de la medición, en dB(A)”, tipo número con decimales que corresponde al valor Leq del sonómetro.
- “Duración de la medición, en segundos”, tipo número entero.
- “Marca del sonómetro”, tipo texto.
- “Modelo del sonómetro”, tipo texto.
- “Número de serie del sonómetro”, tipo texto.



The screenshot shows a mobile application interface titled "Resumen de la Medición". Below the title, there is a prompt: "Por favor complete los siguientes campos con la información de la medición realizada con un sonómetro externo." The form contains five input fields, each with a label above it: "Resultado de la medición, en dB(A)", "Duración de la medición, en segundos", "Marca del sonómetro", "Modelo del sonómetro", and "Número de serie del sonómetro". At the bottom of the form, there are two buttons: "Atrás" (Back) and "Siguiente" (Next).

Figura 11: Ingreso de datos, medición con sonómetro

### Resultado de medición

En la pantalla de resultado de medición se muestra:

- Resultado de la medición, como valor Leq.
- Nivel de exposición según clasificación del nivel de ruido.

El nivel de exposición se obtiene de acuerdo a la siguiente clasificación establecida en el protocolo PREXOR:

Nivel de ruido dB(A)	Nivel de exposición
[0, 80[	Tarea de probable nivel bajo de exposición
[80, 82[	Tarea con probable nivel sobre criterio de exposición de 80 dB (A).
[82, 85[	Tarea con probable nivel sobre el criterio de acción de 82 dB (A).
[85, 95[	Tarea con probable nivel sobre el límite permisible para 8 horas de exposición.
[95, ∞[	Tarea con probable nivel sobre 10 veces el límite permisible para 8 horas de exposición.

Tabla 2: Clasificación nivel de exposición para medición con sonómetro según PREXOR

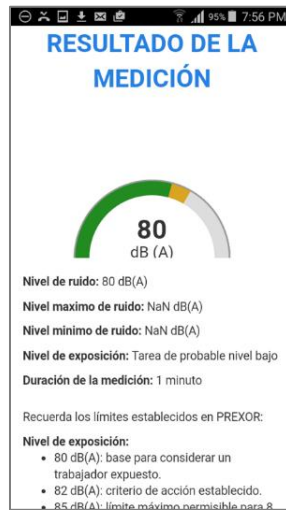


Figura 12: Resultados de medición sonómetro

### Resumen de la medición

La última pantalla del flujo de la aplicación móvil resume los datos ingresados por el usuario en el formulario de caracterización y el resultado de la medición en ambos casos, por APPREXOR o por sonómetro.

Adicional a los datos del formulario se presentan los siguientes datos:

- Nivel de exposición
- Nivel de ruido medido
- Nivel máximo de ruido medido
- Duración de la medición, en segundos
- Fecha de la medición

- Información georreferencial: latitud y longitud.

En el caso de medición con sonómetro se agrega la siguiente información

- Marca del sonómetro
- Modelo del sonómetro
- Número de serie del sonómetro

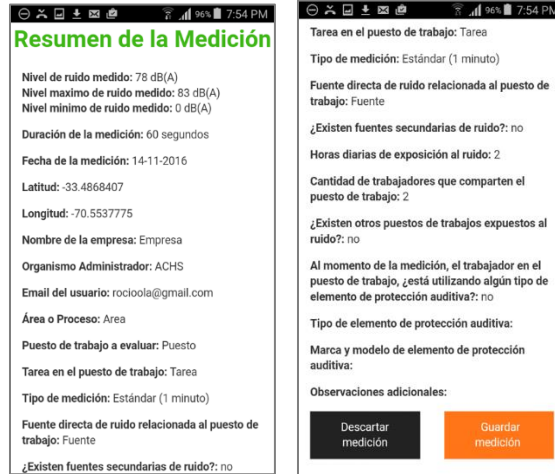


Figura 13: Resumen medición con APPREXOR

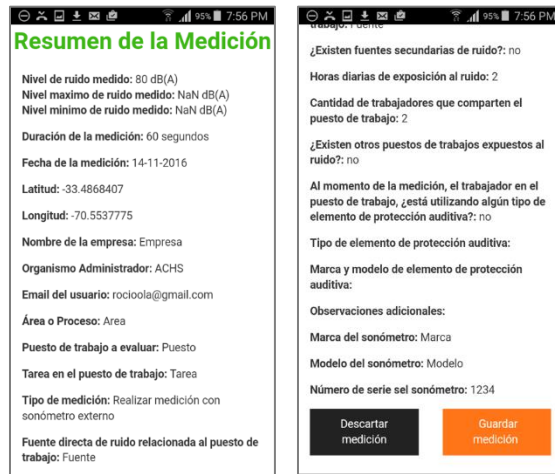


Figura 14: Resumen medición con sonómetro

Tras descartar o guardar los datos de la medición, la aplicación ofrece al usuario descartar o conservar los datos del formulario para una nueva medición.



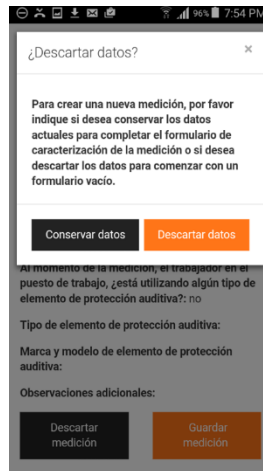


Figura 15: Conservar o descartar datos para una nueva medición

## Portal web APPREXOR

Respecto del portal web para la visualización y seguimiento de los resultados de terreno, las funcionalidades desarrolladas se resumen en el siguiente cuadro:

Vista portal web	Descripción funcionalidad
<b>Dashboard general, total mediciones por puesto de trabajo</b>	En un cuadro general, se muestra el total de mediciones realizadas según Nombre Empresa, Organismo Administrador y Puesto de trabajo.
<b>Dashboard mediciones empresa</b>	Al hacer clic sobre una empresa en la vista anterior, se muestra el resultado y la información levantada en el formulario de todas las mediciones realizadas para una empresa, considerando todos los puestos de trabajo registrados hasta el momento. Se muestra un gráfico con la evolución de los niveles de ruido en el tiempo (considera a todos los puestos de trabajo por igual).
<b>Descarga de mediciones</b>	Permite descargar los resultados de las mediciones e información levantada en el formulario para un puesto de trabajo de una empresa en un rango de fechas. Al seleccionar una mutualidad se desplegarán todas las empresas asociadas. Al seleccionar una empresa se desplegarán todos los puestos de trabajo registrados.
<b>Reportes de periodicidad</b>	Muestra todos los reportes de periodicidad configurados. Esta funcionalidad permite enviar reportes periódicos con las mediciones de una empresa a los destinatarios seleccionados, en la frecuencia definida.
<b>Nuevo reporte de periodicidad</b>	Genera un nuevo reporte periódico. Al seleccionar Mutualidad se despliegan todas las empresas asociadas.

## Dashboard

En el dashboard general se presenta el resumen de mediciones realizadas por empresa y puesto de trabajo.

PREXOR			
Dashboard	Descarga de Mediciones	Reportes de Periodicidad	Finalizar sesion
Dashboard Control panel			
Mediciones			
Nombre Empresa	Organismo Administrador	Puesto trabajo	Total Mediciones
Empresa 1	ACHS	Puesto 1	1
Demo	ACHS	Demo	3
Soprole	ACHS	Pasillos externos	2
Soprole	ACHS	Preparacion manjar	1
Soprole	ACHS	Operador preparacion	6
Soprole	ACHS	Preparacion manjar	1
Soprole	ACHS	Palleizado	1
Soprole	ACHS	Palletizado	4
Soprole	ACHS	Envasado compota	2
Soprole	ACHS	Operador envasado compota	3
Dghk	ACHS	II	1
Empresa	ACHS	Puesto	3
Avatar	ACHS	EI	6
Plasticos bio bio S.A	ACHS	Extrusion	2
Plásticos bio bio s.a.	ACHS	Extrusión	3
Plasticos bio bio S.A	ACHS	Reciclado	2
Plásticos bio bio s.a.	ACHS	Reciclado	2
Plasticos bio bio S.A	ACHS	Selladora 222	2
Plásticos bio bio s.a.	ACHS	Selladora 222	2
Plasticos bio bio S.A	ACHS	Selladora 203	2

Figura 16: Dashboard general, total mediciones por puesto de trabajo

Al presionar sobre una fila, se muestra el detalle de mediciones realizadas según Nombre Empresa, Organismo Administrador y Puesto de trabajo, indicando en un gráfico la evolución de los niveles medidos en el tiempo, y luego en una tabla el detalle de la información complementaria para cada registro.

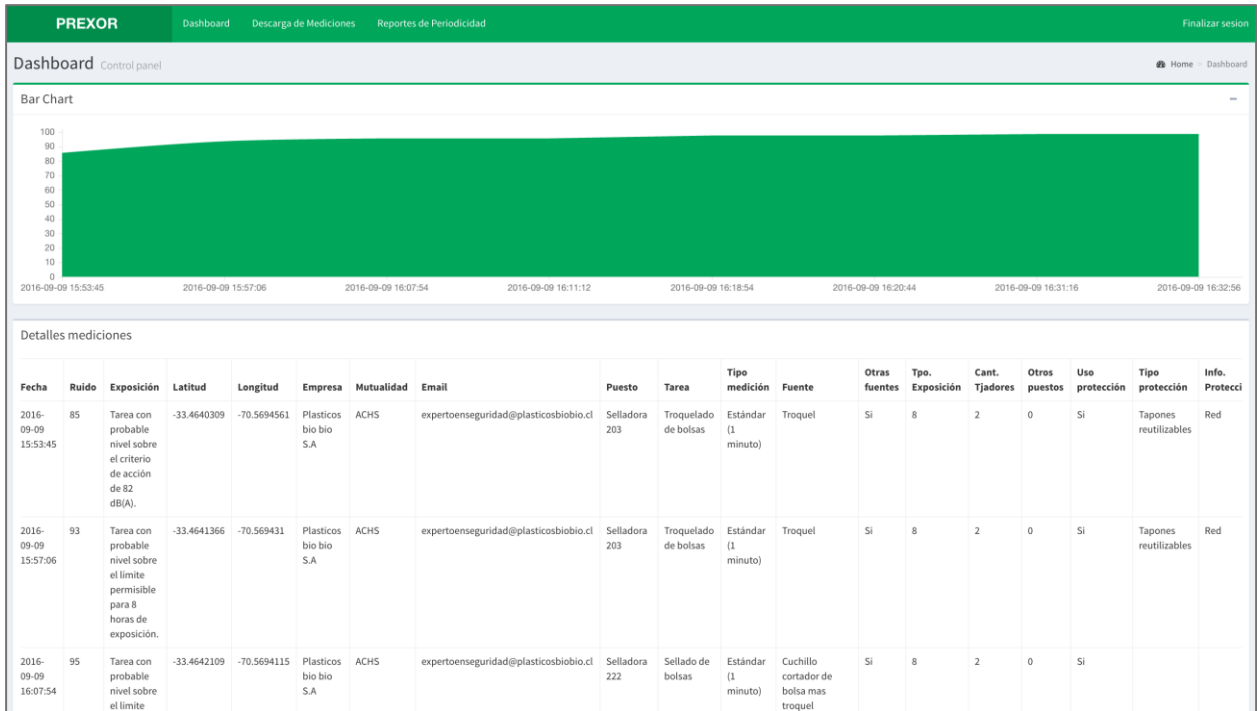


Figura 17: Dashboard mediciones empresa

### Descarga de mediciones

En esta vista se pueden descargar mediciones en formato .csv. La información se puede definir en base a un filtro de:

- Rangos de fecha
- Mutualidad
- Empresa
- Puesto de trabajo

The 'Descarga' interface includes the following fields and options:

- Fecha:** 10/01/2016 to 10/03/2016
- Mutualidad:** ACHS
- Empresa:** Plásticos bio bio S.A.
- Puesto de trabajo:** Selladora numero 203
- Descargar** button

Figura 18: Descarga de mediciones

La información será descargada a un archivo formato .csv que tendrá los siguientes

campos como encabezado:

Header CSV
fecha_medicion
id
latitud
longitud
nivel_ruido
tipo_exposicion
empresa
mutualidad
email
puesto
tarea
tipo_medicion
fuente
otras_fuentes
tpo_exposicion
cant_trabajadores
otros_puestos
uso_proteccion
tipo_proteccion
info_proteccion
observaciones

*Tabla 3: Encabezado .csv*

### Informes periódicos

En esta sección se configura el envío de reportes periódicos, donde se permita agregar, modificar y eliminar envíos. Para cada uno se establece una frecuencia de envío de reportes,

destinatarios, mutualidad y empresa. Los campos a configurar son:

- Periodicidad: semanal, mensual.
- Destinatarios: listado de emails, separados por coma (,).
- Mutualidad: las opciones son Todas, IST, ISL, ACHS, Mutua de Seguridad.
- Empresa: las opciones son todas las empresas

El reporte de periodicidad es un email que contiene lo siguiente:

From: **APPREXOR** <info@dominio.com>  
Asunto: informe periódico de mediciones con APPREXOR  
Contenido  
Periodo: <fecha informe anterior – fecha informe actual>  
Número de mediciones: <numero mediciones>  
Mediciones en alerta: <numero mediciones alerta>  
Resumen:  
    Fecha y hora:  
    Mutualidad:  
    Empresa:  
    Puesto de trabajo:  
    Coordenadas: (longitud, latitud):  
    Nivel de ruido en dB(A):  
    Nivel de exposición (según correspondencia con nivel de ruido):  
Para descargar el detalle de mediciones, haga clic en este enlace.

Las vistas son las siguientes:

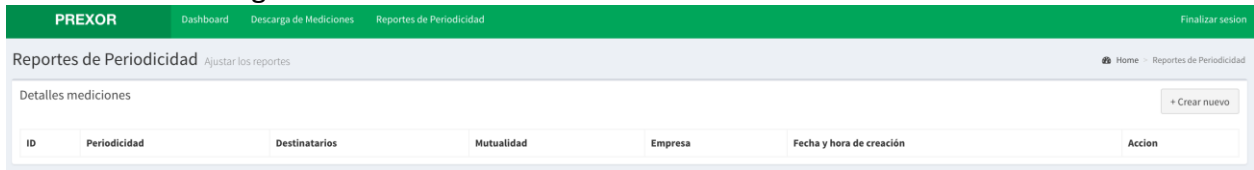


Figura 19: Reportes de periodicidad

**PREXOR** Dashboard Descarga de Mediciones Reportes de Periodicidad Finalizar sesión

Reportes de Periodicidad [Nuevo reporte](#) [Home](#) [Reportes de Periodicidad](#) [Nuevo reporte](#)

**Periodicidad (en días)**  
7

**Destinatarios**  
Listado de emails, separados por coma

**Mutualidad**  
Todas

**Empresa**  
dsdsa

Guardar

Figura 20: Nuevo reporte de periodicidad

### Correos de notificación

Cada vez que se realice y almacene una medición en el servidor, el sistema enviará un correo con el detalle del evento registrado al email indicado en el formulario inicial.

From: APPREXOR <info@dominio.com>  
Asunto: Registro de medición con APPREXOR  
Contenido:  
Se ha realizado una medición de ruido con la aplicación móvil APPREXOR.  
Los antecedentes de la medición son los siguientes:  
Fecha y hora:  
Mutualidad:  
Empresa:  
Puesto de trabajo:  
Coordenadas: (longitud, latitud)  
Nivel de ruido en dB(A):  
Nivel de exposición:  
Para descargar el detalle completo de la medición, haga clic en este enlace.

### Correos de alerta

Cuando una medición realizada con la aplicación y guardada en el servidor detecte un nivel sobre los 80 dB(A), el sistema está programado para que envíe una notificación alertando de la situación al email de formulario y al correo del administrador.

El correo tiene el siguiente contenido:

From: APPREXOR <info@dominio.com>  
Asunto: Alerta Episodio de ruido APPREXOR  
Contenido:  
Se ha realizado una medición de ruido con la aplicación móvil APPREXOR, la que ha calculado un nivel de exposición de <nivel en dB(A)>.  
  
Por ello, se recomienda contactar a su organismo administrador para la realización de un screening con instrumentos normados para corroborar el estado de exposición.  
Los antecedentes de la medición son los siguientes:  
Fecha y hora:  
Mutualidad:  
Empresa:  
Puesto de trabajo:  
Coordenadas: (longitud, latitud)  
Nivel de ruido en dB(A):  
Nivel de exposición:  
Para descargar el detalle completo de la medición, haga clic en este enlace.



## Posibilidades de mejoras y escalamiento

Durante el avance del proyecto, considerando reuniones de equipo y terrenos, se fue recolectando información a considerar para eventuales mejoras y nuevas funcionalidades a tener en cuenta para un futuro escalamiento de la aplicación APPREXOR. Éstas se describen a continuación:

1. Guardar datos del formulario para un llenado más rápido en próximas mediciones. Cada conjunto de datos podría ser almacenado bajo un nombre de usuario, al que después se puede acceder para modificar y pre-cargar el formulario con respuestas. Este debe tener tres niveles: área, puesto de trabajo y tarea.
2. Mapas de ruido: utilizando la funcionalidad de georreferenciación se propone implementar un mapa de ruido por empresa que permita identificar fácilmente hotspots o zonas / puestos de trabajo con mayor exposición.
3. Mejorar lógica de cálculo para entregar resultados similar a un sonómetro: mínimo, máximo, Leq. Corregir la distorsión en frecuencia y nivel, que se genera en la cadena electroacústica, esto es considerar la sensibilidad y respuesta en frecuencia del micrófono y preamplificador según curva de ponderación A en frecuencia.
4. Integrar APPREXOR con sistema de gestión de información estándar de los expertos red, especialmente para selección de áreas, puesto de trabajo y envío de información.
5. Incorporar funcionalidad de recordatorios periódicos para el seguimiento de mediciones en el puesto de trabajo, tanto para el experto como para el prevencionista de la empresa.
6. Registro en base de datos de tipo de hardware y versión del sistema operativo desde donde se hace la medición.
7. Considerar un modelo de usuarios para web y aplicación, considerando que información debe ser visible por experto red, jefe prevención y otro que designe la empresa. La aplicación debe requerir usuario y contraseña para operar. Hoy en día, la aplicación solo puede ser descargable por medio de un link, para impedir que esté disponible para cualquier persona.

## Repositorio

El código que corre en el servidor y el APK de la aplicación móvil se encuentran almacenados en el repositorio Bitbucket:

- Usuario: [proyinnov@gmail.com](mailto:proyinnov@gmail.com)
- Contraseña: se enviará a las personas indicadas por ACHS.
- Equipo: Proyecto Ruido

## Servidor de aplicación

- El servidor de la aplicación se encuentra en un servidor virtual (VPS 2GB), contratado al proveedor INC.CL.
- La URL de acceso es: <https://APPREXOR.udd.cl/>
- La información de acceso al panel de control VPS y acceso por SSH es administrada por la dirección de informática de la UDD.

## d. Evaluación cualitativa de la usabilidad y valor de la aplicación para los usuarios

Con el objetivo de realizar una evaluación de la usabilidad de la aplicación, se realizaron siete entrevistas a los participantes del terreno desarrollado en este proyecto, instancia en la cual se llevaron a cabo mediciones con la aplicación en situaciones reales de ruido, comparándola con instrumentación normada.

Para lo anterior, se entrevistó a los jefes encargados del departamento de prevención de 4 empresas, y a los expertos red vinculados a éstas, semanas posteriores a la realización del terreno (específicamente, durante el mes de octubre del año 2016). Estos encuentros fueron registrados por medio de dispositivos de audio, y posteriormente transcritos para su análisis, resguardando la identidad y confidencialidad de cada colaborador y la información entregada.

La estrategia de recolección de información se realizó por medio de una pauta de preguntas semi-estructurada, dividida en dos temas bajo los cuales se realizó el posterior análisis:

- I. Evaluación del desempeño y características de la aplicación
- II. Consideraciones externas sobre la aplicación

### I. Evaluación del desempeño y características de la aplicación

En términos generales, la aplicación desarrollada es calificada de manera positiva, valorándola como una herramienta útil, buena, de fácil uso y práctica -en términos operativos- al estar vinculada a un dispositivo celular, y más accesible económicamente, considerando el precio de los instrumentos utilizados para hacer mediciones, tales como sonómetros y dosímetros.

El diseño y la gráfica de la aplicación también contribuyen en su usabilidad, haciendo esta aplicación una herramienta de fácil manejo, entendible, con colores llamativos, que hacen comprensible la información expresada en los resultados, a modo de semáforo: verde, amarillo y rojo, como indicadores de gradualidad.

Se visualiza como una aplicación útil para los encargados del tema de prevención y gestión de ruido dentro de las empresas, en la medida en que funciona como una herramienta que

permite realizar mediciones y hacer un seguimiento de las medidas implementadas para mitigar los altos decibeles existentes en los lugares de trabajo y plantas industriales, agilizando todo este proceso de manera proactiva y autónoma, sin depender necesariamente de las mutualidades.

En la actualidad, según lo reportado por los entrevistados, si bien las visitas de los expertos red son bastante periódicas, llegando a alcanzar una frecuencia de 1 visita a la semana, no ocurre lo mismo con las visitas realizadas por los higienistas de las mutualidades, las cuales tienen una demora que varía de 2 hasta 4 meses.

Además, en las visitas que realiza el experto red, no siempre se cuenta con instrumentos de medición para ir revisando en terreno los niveles de ruido, y el impacto de las medidas ingenieriles que se implementan, si no que la disponibilidad de este equipo es bastante limitada, y se debe solicitar con 1 o 2 semanas de anticipación.

Por lo que los encargados de prevención y gestión de ruido de las empresas carecen de herramientas que les permitan medir, hacer seguimientos y estudios de las mejoras que realizan para mitigar los niveles de ruido, y dependen de la disponibilidad de sonómetros existentes en la mutualidad. Este tipo de instrumentación especializada tiene alto costo en el mercado, razón por la cual las empresas no incurren en los gastos para la adquisición de estos.

*"Es carísima esa parte. Las empresas no compran, no hacen esa inversión, porque lo ven como que las mutualidades les tienen que dar el servicio y eso hace menos expedito la frecuencia de evaluación y el ir efectuando las modificaciones en terreno a ver si impacta en el control de la exposición a ruido"* Entrevistado 3, experto red, terreno 1.

Por su parte, personal de la mutualidad que se relaciona directamente con la empresa, señala que éstas consideran que es labor de la institución fiscalizadora realizar las mediciones, sin hacer trabajo de gestión de ruido de manera interna. De esta manera, el proceso de control de ruido se vuelve menos expedito, disminuye la frecuencia de evaluaciones y de las mediciones de modificaciones en terreno.

No obstante, la aplicación podría incidir en que las empresas o departamentos de prevención realicen un monitoreo más frecuente de exposición a ruido de sus trabajadores en terreno, y desarrollen acciones de mitigación, comprobando su efectividad de manera autónoma e inmediata, sin estar sujetos a la disponibilidad del experto red, así como de la

instrumentación especializada.

En cuanto a la usabilidad, se destaca la facilidad con la cual se pueden realizar mediciones, considerando esta aplicación potencialmente manipulable por cualquier persona que no tenga necesariamente conocimientos previos o experiencia en la realización de mediciones. Por lo que la aplicación se percibe como fácil de ocupar, así como fácil de enseñar a ocupar a otros.

No obstante, se recalca la importancia de que exista una capacitación para informar acerca del correcto uso de la aplicación para lograr mediciones efectivas, complementado con un manual donde se explique en detalle el funcionamiento de la aplicación. Se espera que este manual sea de fácil entendimiento para que la aplicación pueda ser usada por el encargado del sistema de gestión de control de ruido de la empresa, independientemente del conocimiento previo que pueda tener sobre esta temática.

*“ Súper fácil de utilizar. Obviamente que tiene que haber una capacitación y que fue súper clara y se entendió súper bien. No recuerdo que hayamos tenido problemas para utilizarla en el momento...”* Entrevistado 4, experto red, terreno 1.

Entre las desventajas que presenta la aplicación, los entrevistados manifiestan que la conexión a internet para el funcionamiento de la aplicación, podría ser una complicación en términos operativos, ya que las empresas no siempre cuentan con conexión disponible, o de buena calidad.

Otro aspecto que representa una problemática, tiene relación con la importancia de la certificación y validación de la aplicación, ya que actualmente los informes que elabora la mutualidad tienen repercusiones legales -lo cual implica insertar a trabajadores en programas de cuidado de enfermedades laborales, entre otras cosas- por lo que no resulta inocuo contar con niveles de error de 1 o 2dB, al considerar la normativa chilena vigente, ya que significa un plan de acción y medidas distintas dentro de las empresas.

El acceso libre al uso de la aplicación resulta un tema preocupante, en la medida en que, según los entrevistados, podría ser descargada y mal utilizada por personas dentro de la empresa. En efecto, se presume que podrían ocurrir dos situaciones complejas:

1. Podría ocurrir que una persona sin experiencia previa realice mediciones, sin seguir las instrucciones prolijamente. Lo que implicaría obtener mediciones alteradas, sobre estimaciones o sub estimaciones del lugar analizado.
2. Podría ocurrir que personas de la empresa mal utilicen los resultados de las mediciones obtenidas y empleen esta información contra la empresa, generando situaciones conflictivas, denuncias formales a instituciones fiscalizadoras, obstaculizando la búsqueda de soluciones a estas problemáticas, al estar en condiciones de ruido por sobre la normativa vigente.

Por lo tanto, se propone que la aplicación debería ser operativa mediante algún sistema de control donde sea necesario contar con un identificador, y password o clave asociada, para asegurarse que solo algunas personas puedan tener acceso a ésta.

### **Sobre las características de la aplicación**

En cuanto a las características que presenta la aplicación, todos los entrevistados manifiestan interés y valoración en las dimensiones de datos que se logran recopilar con la aplicación.

Por ejemplo, se valora el desarrollo de una aplicación que logre detectar y registrar el ruido ambiental de manera sencilla por medio de un celular, y que almacene la información recolectada. Esto resulta de utilidad para los usuarios, ya que -según los entrevistados- permite acceder a la información, estudiar los resultados, realizar observaciones y rellenar planillas e informes de manera integrada, asociando los niveles de ruido medidos, con las fuentes de emisión de ruido y puestos de trabajo relacionados.

También se valora que la aplicación entregue la geolocalización de los episodios de ruido medidos, ya que esta información es de utilidad para la realización de los llamados *mapas de ruido* que tienen que tener todas las empresas, como exigencia en la gestión y prevención de estos agentes de higiene laboral.

En la práctica, pocas empresas cuentan con el *mapa de ruido la planta*, y si lo tienen, este carece de la precisión necesaria, ya que se desconocen o confunden los nombres de las máquinas y sus ubicaciones exactas.

Asimismo, se cree que esta característica puede ser de valor para las empresas grandes

como las mineras, donde las grandes dimensiones que algunas de estas tienen, dificultan tener un mapeo general de las emisiones de ruido de las distintas faenas. Por lo que sería útil para los puestos gerenciales tener una perspectiva macro de esto.

Con respecto a la información adicional recolectada por el formulario, esta característica de la aplicación se considera de utilidad ya que permite caracterizar de mejor manera las mediciones, por medio de preguntas precisas y fáciles de responder. Sin bien la información recogida es congruente con las dimensiones que el encargado en prevención de las empresas abarca y considera en su trabajo diario, se evalúa positivamente que la información quede como registro y respaldo de lo que ocurre al momento de realizar las mediciones, ya que permite por un lado hacer del proceso de medición y análisis de exposición a ruido un proceso más eficiente, recopilando toda la información en un mismo procedimiento; y por otro, realizar observaciones extras al momento de realizar las mediciones y no trabajar en base a supuestos y recuerdos del encargado del sistema de gestión de ruido, que a veces, en el día a día se pasan por alto.

En línea con lo anterior, los entrevistados manifiestan sugerencias de nuevos campos de información que podrían ser útiles para complementar las preguntas del formulario, como por ejemplo, agregar el nombre de los operadores expuestos en el momento de la medición para su identificación temprana.

Otra característica valorada por los usuarios es que la aplicación cuente con la posibilidad de generar recordatorios programados en el tiempo, para realizar nuevas mediciones, implementar medidas de mitigación de ruido, u otros. Tal como se menciona en las entrevistas, las medidas de control más simples que se utilizan en las empresas son gestionadas por estas mismas, donde se estiman periodos de 6 meses para la implementación de medidas que disminuyan los decibeles de exposición, de modo que la programación de mediciones periódicas permitiría direccionar de mejor manera el control de ruido.

No obstante, en cuanto al sistema de alarma o notificación preventiva que ofrece la aplicación, los usuarios manifestaron algunos reparos con respecto a esto, por distintas razones.

Para algunos entrevistados, esta característica no sería del todo útil, ya que podrían generarse notificaciones excesivas, por dos motivos:

1. Por un lado, podría ocurrir que se genere alarma por el envío de notificaciones de mediciones que superen la normativa legal, pero producto de mediciones fallidas o alteradas, como consecuencia de un incorrecto uso de la aplicación o como modo de la realización de pruebas aleatorias de situaciones de ruido (por ejemplo, para verificar el efecto de algún método de mitigación de ruido implementado que se quiera corroborar, o como producto de experimentación de los usuarios con la aplicación, entre otras situaciones de prueba).
2. Por otro lado, podría ocurrir que también se genere alarma por el envío de notificaciones que reporten mediciones que superen la normativa legal, pero producto de la realidad efectiva de las empresas. Es decir, los entrevistados reconocen que las empresas funcionan en la actualidad con altos niveles de ruido, desempeñándose generalmente sobre la norma, y que éstas tienen conocimiento de aquello y del riesgo de la exposición que tienen sus trabajadores.

Lo anterior podría provocar un exceso de notificaciones, e inducir a la confusión, haciendo que esta característica sea poco efectiva y que, en el largo plazo, no sea tomada en cuenta por los usuarios. Por lo que se recomienda que esta alternativa sea utilizada con precaución, donde el usuario pueda decidir si enviar o no la notificación, agregarle un título al informe para indicar si es una medición fallida, de prueba, o efectiva, y que el receptor de esta notificación sea alguien que le sirva la información para que tome las decisiones pertinentes al caso.

## II. Consideraciones externas a la aplicación

En esta parte, se indagan aspectos que tienen que ver con la aplicación, pero que se alejan de sus características técnicas, particularidades y desempeño. Aquí se abordan aspectos sobre el potencial usuario de la aplicación, la accesibilidad de los resultados, su eventual incorporación a protocolos normados, entre otros puntos.

Si bien se reconoce a la aplicación como una herramienta útil y de fácil uso para cualquier persona, los entrevistados precisan la importancia de acotar los eventuales usuarios de la aplicación, orientando su uso a determinados cargos dentro de las empresas, para velar por la realización de mediciones correctas, y para cuidar el uso de la información correspondiente a los resultados de las mediciones. Al preguntarles sobre quiénes serían las personas más adecuadas como usuarios, destacan dos:



1. Se cree que la aplicación podría ser beneficiosa para los encargados y/o departamentos en prevención de las empresas, ya que, por medio de esta herramienta y su correspondiente capacitación, sería posible agilizar la gestión de ruido, seguimiento y control de manera interna y autónoma, cosa que actualmente no ocurre, sin depender necesariamente de los tiempos de respuestas de los expertos de las mutualidades y de sus instrumentos. Así, los encargados en prevención podrían ir evaluando por sí mismos las medidas ingenieriles de mitigación de ruido mediante ensayo y error, midiendo in situ la efectividad de diversos materiales, y verificando si las medidas incorporadas inciden en la disminución de la emisión de las fuentes de ruido.
2. Por otra parte, se plantea que la aplicación podría ser beneficiosa también para los expertos de las mutualidades, pero de manera indirecta, ya que se parte de la base de que las mutualidades como entes fiscalizadores de la ley deben trabajar con instrumentación normada, validada y calibrada, mediante la cual generan posteriormente informes con resultados que inciden en las empresas y su funcionamiento. De esta forma, la aplicación no podría reemplazar instrumentos como sonómetros y dosímetros debido a que éstos entregan información con un nivel de precisión y exactitud superior, a lo que puede lograr un teléfono celular. No obstante, al ser una herramienta de fácil uso, se visualiza como una opción para la autogestión de las empresas, quienes, por un lado, no destinan recursos para la compra de instrumentación costosa como lo son los sonómetros y dosímetros, y por otro, tampoco cuentan con los conocimientos necesarios para la manipulación de alguno de estos (ya sea, realización de mediciones, mantenciones y calibración). Por lo que cualquier avance en la autogestión de las empresas en cuanto al control de ruido, podría destrabar el trabajo de los expertos e higienistas de las mutualidades, debido a su excesiva demanda, permitiéndoles focalizar y priorizar las visitas a las empresas según la urgencia que estas requieran.

Además, se destaca que los expertos no siempre cuentan con disponibilidad inmediata de los equipos de medición, ya que, debido al costo de éstos, deben compartir su uso con sus pares, teniendo a disposición, por ejemplo 2 equipos para 28 expertos y sus respectivas carteras de clientes, lo que ayuda a comprender las demoras en las visitas de las empresas.

Por otra parte, se menciona que, sumando al tema de la disponibilidad de los equipos, éstos tampoco pueden ser utilizados por los expertos para realizar mediciones aleatorias y probar, por ejemplo, la efectividad de medidas ingenieriles de mitigación de ruido, de tipo

ensayo y error, debido al cuidado que estos instrumentos requieren y el costo que implicaría algún tipo de daño o extravío. Por lo que el uso de la aplicación podría ser útil en estas situaciones, utilizando los resultados obtenidos como mediciones referenciales.

*"Generalmente las personas no tienen sonómetro o no saben ocuparlo, no saben cómo calibrarlos, tampoco tienen como mantenerlos. Entonces, estas a ciegas en cuanto al tema del ruido. En cambio, nosotros generamos alguna medida ingenieril y ellos la realizan y no saben establecer después si efectivamente les sirvió. En cambio, con esta aplicación van a poder decir; ¿Sabes qué? Bajamos o no, nos mantenemos igual. Les sirve como herramienta de control y de seguimiento y a nosotros como organismo administrador también nos sirve, porque los equipos no son muchos los que existen. Entonces, de repente si tienes que ir a medir, si tienes que hacer una medición que sea más, más referencial podrías ocupar una aplicación como esta. Mira, un ejemplo. Nosotros en una agencia en particular somos como 28 expertos y tenemos 2 equipos"* Experto empresa, terreno 1.

Algunos de los entrevistados, quienes han tenido experiencia trabajando dentro de las empresas como jefes de prevención, y también en el rol de las mutualidades, como expertos, destacan que de haber contado con una aplicación similar antes, hubiesen valorado esta herramienta por su funcionalidad.

*"Yo creo que sí. Yo sí, creo que sí. También trabajé en empresas y me hubiese encantado tener una aplicación así en la empresa. Incluso ojalá tenerla antes de que me vengán a medir de la ACHS o la mutual o del sistema que fuera, porque así yo tengo una referencia también"* Experto empresa, terreno 1.

En efecto, también se vislumbra como una aplicación beneficiosa directamente para los expertos de las mutualidades, en la medida en que es una herramienta operativa que sistematiza la información de los terrenos, y que provee datos para los informes de screening necesarios para las empresas.

El tema del acceso a los resultados y al manejo de esta información, es un ítem que genera consenso entre los entrevistados. Para éstos, es relevante que los resultados sean accesibles para un grupo limitado de personas -para evitar el mal uso de la información- entre donde destacan los especialistas o expertos red respectivos de las empresas; y los jefes o encargados de seguridad de prevención y/o departamentos de prevención de las empresas, en conjunto con la jefatura o niveles gerenciales de la empresa para que tengan conocimiento de la situación de exposición a ruido de sus trabajadores.

Por otra parte, la aplicación tendría un potencial impacto positivo al incorporarla a sistemas de gestión de ruido, como lo es el protocolo Prexor, pero considerando estas mediciones y resultados como valores referenciales y con utilidad para la empresa de manera interna (para implementar cambios y verificando el impacto de éstos, mientras se coordinan las citas con los expertos o higienistas respectivos), como parte de un pre-screening, de manera tal que las empresas puedan tener datos aproximados sobre los niveles de ruido a los que están expuestos los trabajadores. Esta información también resulta útil como antecedentes a los datos que puedan recabar los expertos de las mutualidades con sus instrumentos normados, para que estos últimos no tengan que enfrentarse a cada empresa de su cartera de clientes desde cero, sino que con datos preliminares levantados por la misma empresa, agilizando los tiempos de acción, haciendo más efectiva la prevención de enfermedades de trabajadores en caso de que estos se encuentren en riesgos.

Cabe destacar que el eventual uso de la aplicación por parte de las empresas, quedaría sujeto a su propia capacidad operativa y a su interés en la gestión de control de ruido, como política preventiva de la empresa, por lo que es difícil asegurar su efectivo uso interno al menos en el corto plazo.

Para los entrevistados, esto último podría ser una limitación para la operatividad de la aplicación, ya que se reconoce que, en el contexto de las empresas, existen voluntades y visiones diversas, respecto el tema del control de ruido y prevención de enfermedades. Por ejemplo, algunos entrevistados plantean que existen empresas multinacionales -donde no hay un empleador directo- que tienden a ser más abiertas a acceder e implementar las medidas sugeridas por las mutualidades. Mientras que en las empresas nacionales -donde el dueño es también el gerente y parte del directorio- hay una tendencia a ser más reacios a la inversión y a incurrir en gastos que mermen la obtención de utilidades, debido a que no siempre los alto mandos directivos están interiorizados en el tema del ruido, la prevención y los protocolos de gestión.

Otra resistencia a la aplicación que podría surgir por parte de las empresas se relaciona con lo anterior, en cuanto al costo que podría implicar el eventual contrato o gastos de administración de ésta. No obstante, hay un consenso también en los entrevistados donde se reconoce que en primera instancia las empresas podrían estar abiertas a incurrir en el gasto que implica la compra de un celular y un micrófono externo, ya que en términos comparativos, es bastante menor al gasto que se incurre en la compra de un sonómetro o dosímetro.

En conclusión, la aplicación se evalúa positivamente en cuanto a su usabilidad y accesibilidad. No obstante, se hace hincapié en la necesidad de que tenga un acceso limitado dirigido a usuarios específicos, que cuenten con su respectiva capacitación para la realización de mediciones óptimas.

Mientras que el tema del desempeño de la aplicación y la efectividad en la toma de mediciones se evidencia como problemático debido a la diferencia de los decibeles registrados por la aplicación en comparación a los decibeles registrados por los instrumentos normados, este ítem ha sido trabajado a lo largo del proyecto, realizando pruebas y correcciones a la fórmula utilizada por la aplicación, para disminuir el sesgo y el error existente, alcanzando niveles aceptables de error, e implementando modificaciones en el formato de la entrega de resultados en la última versión de la aplicación desarrollada, dejando a disposición del usuario todas las consideraciones técnicas a saber para el uso de los resultados entregados.

Por lo cual, se cree que el uso de esta aplicación como herramienta para las empresas implicaría avances en materias del sistema de gestión de agentes de higiene laboral y prevención de enfermedades, ya que esta aplicación permite a las empresas tomar la iniciativa en el sistema de gestión de ruido, adquiriendo un rol activo en temas de prevención.

Tal como manifiestan los entrevistados, el rol de las empresas en la actualidad es bastante más pasivo y dependen de la gestión que realicen las mutualidades para implementar los cambios que éstas sugieran en los informes técnicos. Mientras que, con la aplicación, las empresas podrían empoderarse en el trabajo de la autogestión -aunque sea en términos referenciales- lo que implicaría un cambio en el quehacer de éstas y en la visión que tienen en cuanto al cómo se abordan los temas de prevención de enfermedades.

Los insumos que entrega la aplicación podrían incidir y facilitar la elaboración de acciones que ayuden en la prevención, el reconocimiento y visibilización de la problemática con la que conviven día a día las empresas al estar por sobre los límites permitidos por la normativa, y hacer que éstas adquieran un rol activo en la toma de decisiones y la implementación de medidas preventivas, asesorados por las mutualidades, antes de que alguna institución fiscalizadora las multe o establezca sanciones que afecten su funcionamiento.

Además, al ser una aplicación que cuenta con el apoyo y la asesoría de un organismo

administrador como lo es la ACHS, produce mayor confianza para los entrevistados, en contraste a las aplicaciones que hoy existen en el mercado.

## e. Evaluación de la precisión de las mediciones de la aplicación en condiciones de laboratorio

Con el objetivo de establecer los errores de medida para las mediciones que entregue APPREXOR para celulares con sistema operativo Android e iOS - Samsung Grand Prime, y iPhone 5s respectivamente- se desarrollaron pruebas de laboratorio considerando los tipos de ruido de mayor prevalencia de acuerdo al experto ACHS: “Grinder”, “Turret Punch”, “Industrial Sounds”, “Industrial Blower”; y tomando como referencia el sonómetro normado.

### Con dispositivo Android

El desempeño de la aplicación se probó en ambiente de laboratorio bajo las siguientes condiciones:

- Equipos de prueba APPREXOR:
  - Dispositivo móvil: Samsung Grand Prime
  - Micrófono externo: RODE SmartLav+
- Sonómetro: Piccolo Soft dB
- Rangos de nivel de ruido, de acuerdo a lectura de sonómetro:
  - [75,80[ dB (A)
  - [80,82[ dB (A)
  - [82,85[ dB (A)
  - [85,95[ dB (A)
  - [95,∞ [ dB (A)
- Audio de ruidos empaquetados simulando escenarios industriales reales:
  - Grinder
  - Turret Punch
  - Industrial sounds
  - Industrial Blower
- 7 mediciones por nivel y tipo de ruido.
- Calibración de sonómetro al inicio de mediciones para cada tipo de ruido.

Para el análisis de los resultados, se realizó la siguiente comparación:

$$Leq_{\text{sonómetro}} - Leq_{\text{app}}$$

Donde el  $Leq_{sonómetro}$  representa el valor promedio de los niveles de ruido registrados por el sonómetro normado, y el  $Leq_{app}$  representa el valor promedio de los niveles de ruido registrado por la aplicación APPREXOR.

A continuación se presenta el resultado de las pruebas extendidas:

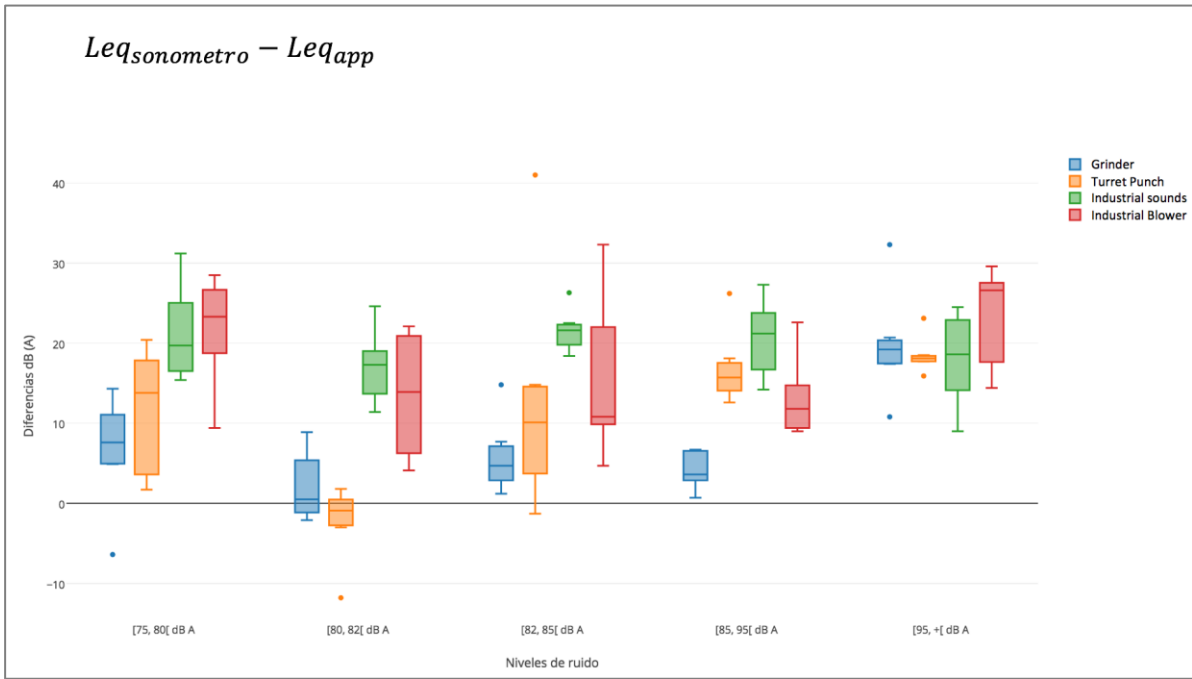


Figura: Desempeño aplicación en Android vs sonómetro,  $Leq_{sonómetro} - Leq_{app}$

### Con dispositivo iOS

El desempeño de la aplicación para sistema operativo iOS se probó en ambiente de laboratorio bajo las siguientes condiciones:

- Equipos de prueba APPREXOR:
  - Dispositivo móvil: iPhone 5S
  - Micrófono externo: sin micrófono externo
- Sonómetro: Piccolo Soft dB
- Rangos de nivel de ruido, de acuerdo a lectura de sonómetro:
  - [75,80[ dB (A)
  - [80,82[ dB (A)
  - [82,85[ dB (A)

- [85,95[ dB (A)
- [95,∞ [ dB (A)
- Audio de ruidos empaquetados simulando escenarios industriales reales:
  - Grinder
  - Turret Punch
  - Industrial sounds
  - Industrial Blower
- 7 mediciones por nivel y tipo de ruido.
- Calibración de sonómetro al inicio de mediciones para cada tipo de ruido.

Para el análisis de los resultados, se realizaron las siguientes comparaciones:

$$Leq_{sonómetro} - Leq_{app}$$

A continuación se presenta el resultado de las pruebas extendidas:

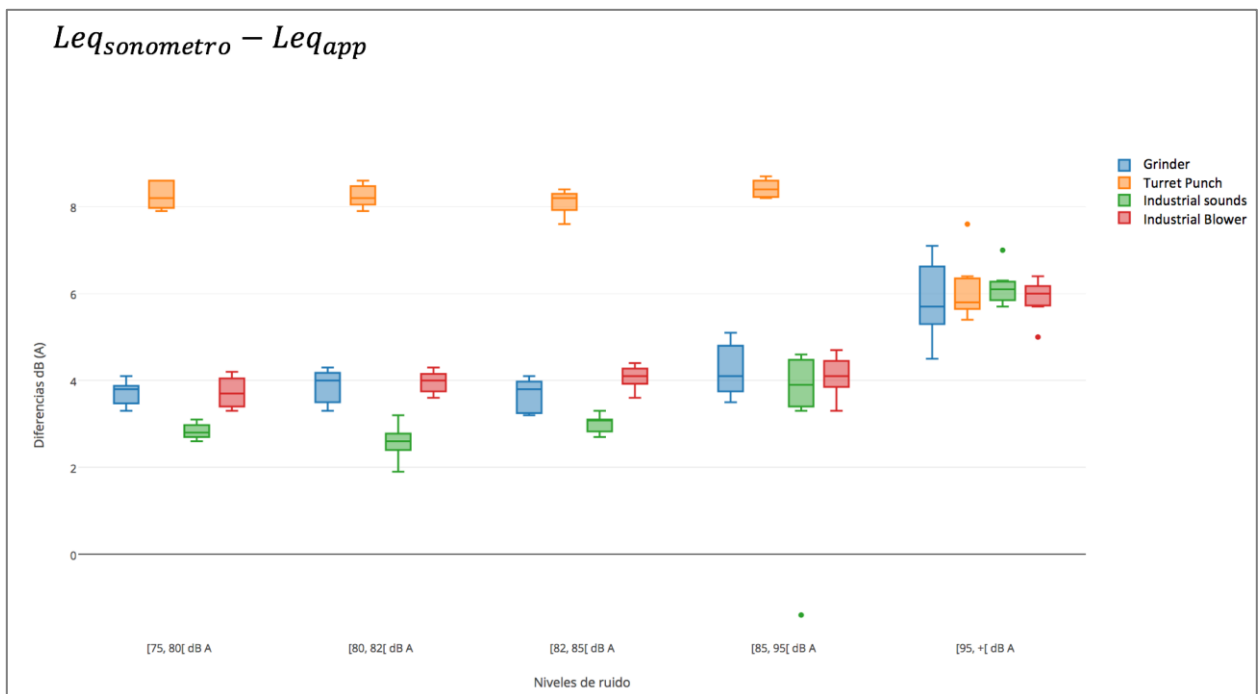


Figura 21: Desempeño aplicación en iOS vs sonómetro,  $Leq_{sonómetro} - Leq_{app}$



Al tomar en cuenta las dos figuras anteriores, es posible observar desempeños disimiles entre ambos sistemas operativos. En efecto, se evidencia que el sistema operativo iOS tiene un mejor desempeño en comparación pruebas con equipo Android, donde se observa que en los niveles de ruido [75, 95[ dB (A) se obtiene una diferencia estable, alcanzando mediciones menores que el sonómetro en torno a unos 4 dB (A), lo que aumentó a unos 6dB para los niveles sobre 95 dB (A). Solo para el ruido “Turret Punch” se observa una diferencia mayor en torno a los 8 dB A para los niveles de ruido [75, 95[ dB (A).

Considerando que el desarrollo de la aplicación actual APPREXOR no incorpora la categorización previa del tipo de ruido en el momento de la medición, resulta relevante analizar el sesgo promedio para toda la muestra, independiente del tipo de ruido considerado. Estos sesgos se presentan a continuación y es sobre esta base que se construyen intervalos de confianza que permiten ajustar las mediciones por dicho sesgo. Se consideran tanto las mediciones para Android como las de iOS. El cuadro abajo resume los sesgos observados promedio para cada tipo de ruido, de acuerdo a las mediciones realizadas utilizando celulares que ocupan Android como sistema operativo, y para iOS.

Como se puede apreciar los sesgos, de tamaño importante para el primer caso se reducen en forma considerable para el segundo caso.

**Promedio y desviación del sesgo en la medición (Android)**

	<b>[75, 80[</b>	<b>[80, 82[</b>	<b>[82, 85[</b>	<b>[85, 95[</b>	<b>[95, +[</b>
<b>Promedio</b>	15.1	7.6	14.0	13.6	19.8
<b>Desviación</b>	9.1	9.5	10.1	7.3	5.4

Fuente: Elaboración propia a partir de datos recolectados en laboratorio ACHS

**Promedio y desviación del sesgo en la medición (iOS)**

	<b>[75, 80[</b>	<b>[80, 82[</b>	<b>[82, 85[</b>	<b>[85, 95[</b>	<b>[95, +[</b>
<b>Promedio</b>	4.6	4.6	4.7	5.0	6.0
<b>Desviación</b>	2.2	2.2	2.1	2.3	0.6

Fuente: Elaboración propia a partir de datos recolectados en laboratorio ACHS

A partir de este ejercicio se estimaron intervalos de confianza al 95% de significancia que se incorporan en la Versión Beta de la aplicación APPREXOR para poder corregir los sesgos que se reportan (Ver anexo I). Se debe considerar que estos intervalos fueron construidos en condiciones de laboratorio. El desempeño en terreno puede variar los errores de medida de acuerdo a las condiciones de implementación.

## f. Principales resultados de análisis cuantitativo de la base de datos generada por la aplicación y caracterización de la exposición al ruido.

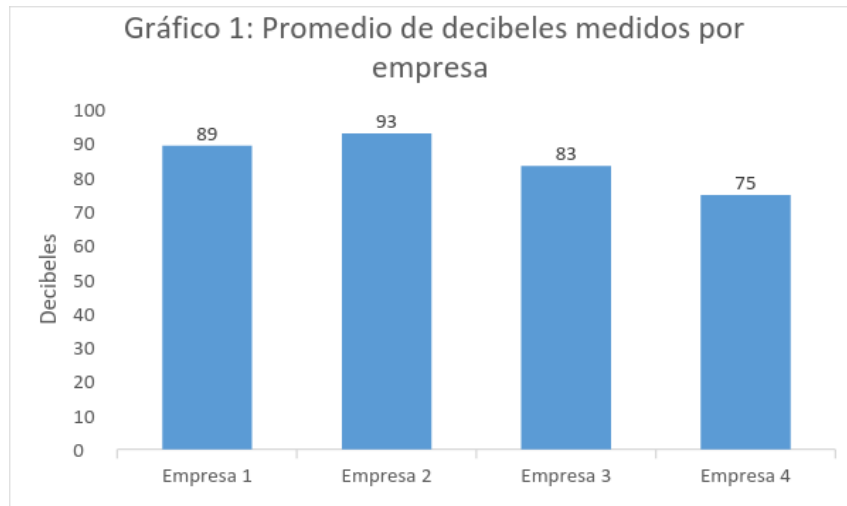
A continuación se presenta un análisis cuantitativo de la base de datos generada por la aplicación en condiciones no experimentales de ruido, levantada durante las implementaciones en terrenos, a modo de ejercicio para vislumbrar los datos que se pueden desprender de la aplicación

Como parte del proceso de evaluación del desarrollo de la aplicación, se llevó a cabo un periodo de prueba y testeó de la herramienta elaborada, donde se contactaron a 4 empresas para realizar mediciones en situaciones no experimentales de ruido. En cada empresa se realizaron dos mediciones en 4 áreas de trabajo distintas.

Estas mediciones fueron tomadas con la aplicación APPREXOR, instalada en dos dispositivos celulares (uno modelo Motorola Moto G y otro modelo Samsung Grand Prime) y conectados a un micrófono externo RODE SmartLav+.

Toda la información recolectada en terreno fue registrada en una base de datos online, y analizada en términos descriptivos a continuación. No obstante, es necesario tener en cuenta que los datos analizados a continuación son referenciales, ya que uno de los objetivos del levantamiento de datos en terreno era justamente evaluar el desempeño de la aplicación en contextos reales de situaciones de ruido, e ir haciendo las correcciones pertinentes para alcanzar un desempeño final óptimo.

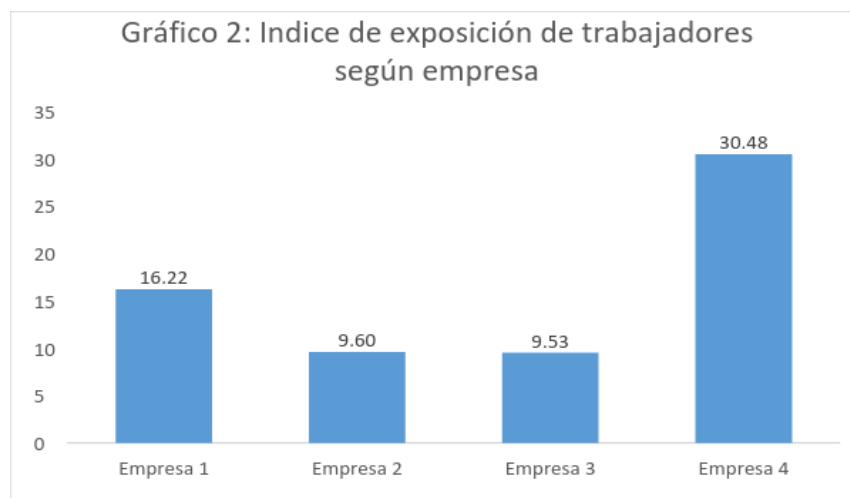
Al estudiar los datos recolectados en estas 4 empresas, se observa que al menos tres de ellas tienen mediciones promedio de decibeles que superan la normativa legal en cuanto a la exposición del ruido, donde destaca la Empresa 2 con un promedio en las mediciones de 93 decibeles (Gráfico 1)



Fuente: Elaboración propia en base a datos recolectados en terreno por aplicación APPREXOR

Luego, al calcular el índice de exposición de los puestos de trabajo según empresa (gráfico 2), considerando el número de trabajadores que se encuentran en el puesto de trabajo medido, y el número de horas que reportan estar en este, se puede apreciar que la empresa 4 es la que presenta mayor nivel de exposición promedio, mientras que las 3 empresas restantes tendrían menor nivel de exposición.

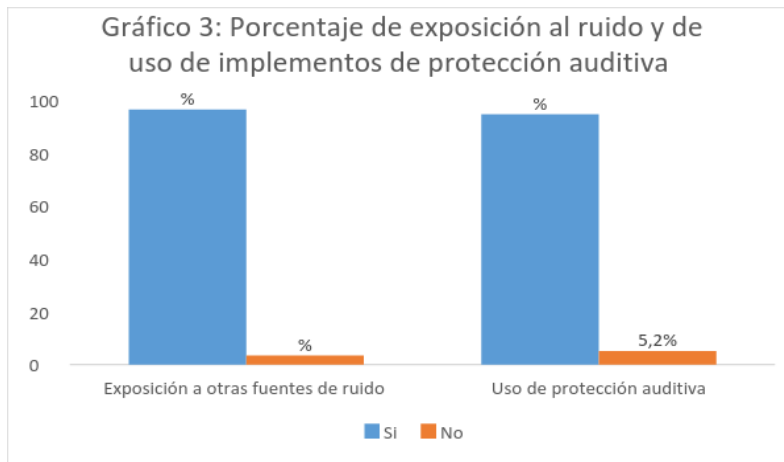
Lo anterior da cuenta de que si bien la empresa 4 tiene el menor promedio de decibeles de todas las empresas analizadas en terreno (gráfico 1), sus trabajadores estarían mayormente expuestos que el resto de las empresas analizadas.



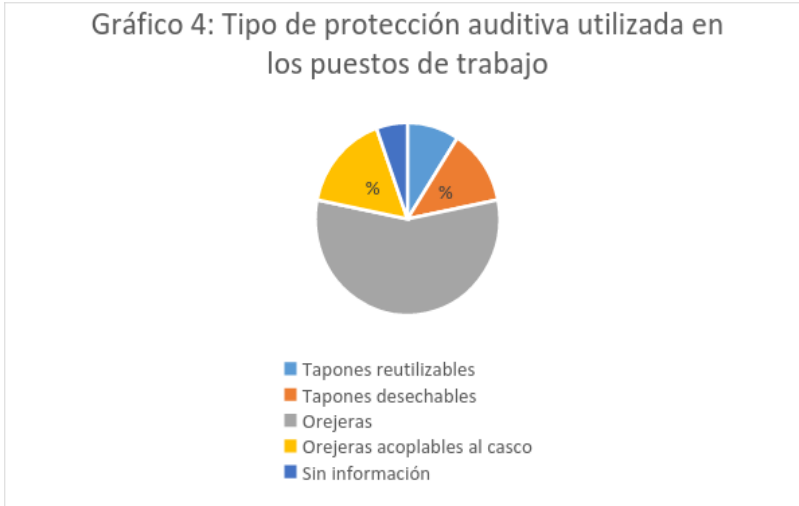
Fuente: Elaboración propia en base a datos recolectados en terreno por aplicación APPREXOR

Respecto a la información complementaria de tipo cualitativa recogida por la aplicación, se puede observar que más del 90% de los puestos de trabajo analizados están expuestos a otras fuentes de ruido distintas a las que se emite en su propio puesto de trabajo, y que la mayoría utiliza implementos de protección auditiva al momento de realizar las mediciones con la aplicación APPREXOR (gráfico 3).

En el gráfico 4 se aprecia que los implementos de protección auditivo utilizados por los trabajadores que se encontraban en los puestos de trabajo donde se realizaron las mediciones, más de la mitad utiliza orejeras, seguido en segundo lugar por las orejeras acoplables al casco (16%), y minoritariamente destacan el uso de tapones desechables y tapones reutilizables, con un 12% y 9%, respectivamente.



N=58 mediciones. Fuente: elaboración propia en base a datos recolectados en terreno por aplicación APPREXOR.



N=55 mediciones. Fuente: elaboración propia en base a datos recolectados en terreno por aplicación APPREXOR.

Con respecto a las marcas de los implementos de protección personal auditiva, la marca más utilizada es 3M con un 60% de prevalencia, ubicándose en segundo lugar la marca Steel Pro con un 11%. La marca menos utilizada es la Viking 1 con solo un 4% de prevalencia (gráfico 5).



N=55 mediciones. Fuente: elaboración propia en base a datos recolectados en terreno por aplicación APPREXOR.

Relacionado a lo anterior, la aplicación ofrece un cuadro para agregar observaciones del usuario de la aplicación asociadas al terreno, donde se destacan comentarios referidos a que los implementos de protección auditiva no siempre corresponden a los entregados por la empresa; o comentarios que indican la presencia de emisiones de ruido desde fuentes cercanas a las del puesto de trabajo medido, o que emanan del mismo puesto de trabajo pero por causas distintas como el uso de parlantes con música a un volumen alto.

Tal como se muestra, la aplicación desarrollada entrega información analizable fácilmente abordando aspectos relevantes para el sistema de control de gestión de ruido laboral.

## IV. Conclusiones

Considerando la importancia que tiene el protocolo PREXOR como un avance significativo en términos de gestión de control de agentes de ruido, con procedimientos claves que apuntan a la detección y prevención de enfermedades profesionales, es que se desarrolla la aplicación para celulares APPREXOR –versión Beta-, con el objetivo de generar una herramienta que facilite la gestión de ruido para los encargados de prevención dentro de las empresas. Esta aplicación permite realizar mediciones, esquematizar los registros, caracterizar los episodios sonoros de acuerdo a aspectos relevantes en el protocolo PREXOR, y hacer un seguimiento de las acciones implementadas para mitigar los altos decibeles existentes en los lugares de trabajo y plantas industriales, agilizando todo este proceso de manera proactiva y autónoma, sin depender necesariamente de las mutualidades y su instrumentación normada.

Respecto a la validez y confiabilidad de medición que presenta la aplicación APPREXOR, se debe considerar que tanto en condiciones de laboratorio como en condiciones no experimentales, la aplicación reporta diferencias respecto a las mediciones realizadas por un sonómetro normado, existiendo divergencias en su desempeño según el tipo de hardware de los celulares utilizados<sup>2</sup>.

En función de estas diferencias de desempeño en los dispositivos Android, se migra la aplicación a una versión apta para sistemas operativos iOS que operan en equipos iPhone, para realizar pruebas en condiciones de laboratorio con paquetes de ruido estandarizados. Los resultados obtenidos dan cuenta de un mejor desempeño en el dispositivo con sistema operativo iOS sin micrófono externo, en comparación al dispositivo con sistema operativo Android, con micrófono externo. Esto puede ser explicado por la mejor calidad del hardware de registro y procesamiento de sonido que poseen los dispositivos iPhone. No obstante, la aplicación en dispositivo iPhone no fue testeada en condiciones no experimentales para este proyecto por limitaciones temporales de la investigación, por lo que este sería un aspecto pendiente para su potencial escalamiento.

---

<sup>2</sup> Este ítem ha sido trabajado a lo largo del proyecto, realizando pruebas y correcciones a la fórmula utilizada por la aplicación, para disminuir el sesgo y el error existente, alcanzando niveles aceptables de error, e implementando modificaciones en el formato de la entrega de resultados en la última versión de la aplicación desarrollada, dejando a disposición del usuario todas las consideraciones técnicas a saber para el uso de los resultados entregados.



Por esta razón, para la versión beta de la aplicación desarrollada, se realizaron análisis de error de medición corrigiendo los sesgos a un 95% de nivel de confianza. De este modo, luego de realizar una medición con la aplicación APPREXOR, se entrega el resultado de la medición corregido por el error calculado, junto con un mensaje de advertencia donde se indica al usuario que dicho resultado es referencial, y debe ser confirmado por un experto con la instrumentación normada correspondiente.

Además, se consideró fundamental dirigir la aplicación con acceso limitado únicamente a usuarios específicos que cuenten con los conocimientos necesarios para la realización de mediciones óptimas y que sean conscientes de las limitaciones en la precisión de esta aplicación como instrumento de medición, tales como, expertos en prevención, encargados y supervisores responsables de los temas de prevención dentro de la empresa. Se decide dirigir la aplicación a este perfil de usuario, ya que la temática de prevención y medición de ruido es un ejercicio complejo, el cual requiere dominio y experticia particular, sabiendo que incluso utilizando instrumentación normada, las mediciones varían según la direccionalidad del micrófono, la estabilidad del micrófono durante el periodo de medición, la distancia de la fuente de ruido, entre otras variables. Por lo tanto, se recomienda el uso de esta aplicación por personal que cuente con los conocimientos técnicos mínimos en el tratamiento y prevención de agentes de ruido.

No obstante lo anterior, la aplicación APPREXOR además de la realización de mediciones, sirve como herramienta para la gestión y automatización de información relevante para caracterizar los episodios sonoros. Esta información y datos cruciales fueron definidos considerando tanto el protocolo PREXOR, como entrevistas a actores claves relacionados con esta materia en función de sistematizar datos sobre la empresa, área o proceso a evaluar, puesto de trabajo, cantidad de trabajadores expuestos, uso de elementos de protección auditiva, y otras observaciones adicionales, de modo de levantar la mayor cantidad de información contextual al momento de realizar las mediciones, y almacenarlas en una base de datos la cual puede ser administrada desde la plataforma asociada a APPREXOR y descargable para posteriores análisis, con sus respectivas mediciones. Con ello, la aplicación APPREXOR permite programar el envío de correos de notificación cada vez que se realice y almacene una medición, con el resumen de la información, y el envío de correos de alerta cuando se registren mediciones superiores a los 80dB(A).

En cuanto a la usabilidad y accesibilidad por parte de los usuarios que participaron en las rondas de entrevistas, la aplicación APPREXOR presenta una evaluación positiva,

considerándola como una herramienta útil para las empresas en la medida en que implicaría grandes avances en materia de sistema de gestión de agentes de higiene laboral y prevención de enfermedades, ya que posibilita que los encargados de prevención de las empresas, puedan tomar un rol más activo y hacer autogestión en temas de prevención, detección y mitigación de agentes de ruido, lo que se vislumbra como un mejoramiento en la articulación entre los encargados de la prevención de las organizaciones y las mutuales.

Además, para los entrevistados que utilizaron la aplicación en el marco de este proyecto, es importante que ésta cuente con el apoyo y la asesoría de un organismo administrador como lo es la ACHS, ya que su nexos genera mayor disposición a confiar en sus resultados, en contraste a las aplicaciones existentes en el mercado como herramienta para el control de ruido.

Entre los desafíos que se desprenden luego del desarrollo de esta investigación apuntan a continuar con la evaluación del desempeño de la aplicación en nuevos dispositivos móviles, teniendo en cuenta que la calidad de los micrófonos incorporados en los celulares debieran ir perfeccionándose a medida que evoluciona la tecnología, y por ende, el error de medición al capturar los episodios de ruido con la aplicación debería ir disminuyendo, respecto las mediciones realizadas con equipos normados.

También queda como desafío testear el desempeño de la aplicación en dispositivos iPhone en condiciones no experimentales, para evaluar en terreno su desempeño ante diferentes contextos y factores de ruido ambiental.

Se espera que la aplicación APPREXOR –versión Beta- sirva como herramienta tanto para las empresas y mutualidades, como para potenciar su eventual escalamiento y perfeccionamiento como desarrollo tecnológico en el área de control de ruido.

## Bibliografía

- Circular B33/47 2009: Modifica Circular N° 3G/40, de 1983, del Ministerio de Salud, "Instructivo para la calificación y evaluación de las enfermedades profesionales del Reglamento D.5. 109/1968, de la Ley 16.744", en 10 que se refiere a la audición
- Circular NO 3G/40 MINSAL 1983: "Instructivo para la calificación y evaluación de las enfermedades profesionales del Reglamento D.S. N 109/1968, de la Ley 16.744" (Audición y Equilibrio).
- Comisión Asesora Presidencial para la Seguridad en el Trabajo, *Informe Final*, 2010
- Decreto Supremo N°594 de 1999: "Reglamento Sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo", Ministerio de Salud, Chile.
- Decreto Supremo N°101 de 1968: "Aprueba Reglamento para la aplicación de la Ley N° 16744, que establece normas sobre accidentes del trabajo y enfermedades profesionales", Ministerio del Trabajo y Previsión Social, Chile.
- Guía Técnica para la Evaluación de los Trabajadores Expuestos a Ruido y/o con Sordera Profesional. Instituto de Salud Pública de Chile. 2005.
- Guía para la Selección y Control de Protectores Auditivos. Instituto de Salud Pública de Chile. 2007. Resolución exenta N° 1392 del 13 de agosto de 2007.
- Hernández y Gutiérrez. *Hipoacusia inducida por ruido: estado actual*. Revista cubana médica militar. 2006
- Instructivo para la Aplicación del D.S N° 594/99 del MINSAL, Título IV, Párrafo 3º Agentes Físicos – Ruido. Chile. Resolución N° 926 del 21 de junio de 2004, Instituto de Salud Pública de Chile.
- Kardous y Shaw, *Evaluation of smartphone sound measurement applications*. Acoustical Society of America, 2014
- Keene et all. Canadian Hearing Report. *Accuracy of smartphone sound level meter applications*. 2014
- Ministerio del Trabajo y Previsión Social; Subsecretaria de Previsión Social. Ley 16.7444, *Establece Normas sobre Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales*. 1968

- Ministerio de Salud. *Protocolo sobre normas mínimas para el desarrollo de programas de vigilancia de la pérdida auditiva por exposición a ruido en los lugares de trabajo (PREXOR)*. 2013
- Ministerio de Salud. *D.S. Nf 594/99 Aprueba reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo*. 2000
- Ley 16.744/68, “Seguro Social contra riesgos de accidentes del trabajo y enfermedades profesionales”, Ministerio del Trabajo; D.S.40/69, Aprueba reglamento sobre prevención de riesgos profesionales, Ministerio del Trabajo. 1968.
- Occupational Health and Safety Management Systems - Specifications. OHSAS 18001:2007.
- Prevalencia de Enfermedades Profesionales con dictamen de Invalidez: Región Metropolitana, Años 2005-2006. María Alejandra Pérez Tapia. Chile. 2008.
- Rossi, Feese, Amft, Braune. *AmbientSense: A real-time ambient sound recognition system for smartphones*. Pervasive Computing and Communications Workshops (PERCOM Workshops), 2013
- Satoh et all. *Ambient sound-based proximity detection with smartphones*. 11th ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems. 2013
- Secretaría Regional Ministerial de Salud, Unidad de Acústica. *Lista de chequeo para fiscalización de empresas con riesgo Ruido Laboral*. 2012
- Secretaría Regional Ministerial de Salud, Unidad de Acústica. *Instructivo para la presentación de antecedentes relacionados con la evaluación acústica de locales de uso público*. 2014
- Superintendencia de Seguridad Social. *Informe Anual 2014, estadísticas sobre seguridad y salud en el trabajo*. 2015
- Superintendencia de Seguridad Social. Mesas de revisión normativa de seguridad y salud en el trabajo (SST). *Informe Final*. 2011

## Anexos

**Anexo I: Intervalos de Confianza corregidos por sesgo en la medición por parte de la aplicación**

## Intervalos Android

Decibel (punto referencia sonómetro ACHS)	Intervalo	mínimo	máximo	Estimación corregida por sesgo medición APPREXOR
70	[70,75]	81.6	88.7	85.1
71	[70,75]	82.6	89.7	86.1
72	[70,75]	83.6	90.7	87.1
73	[70,75]	84.6	91.7	88.1
74	[70,75]	85.6	92.7	89.1
75	[75,80]	86.6	93.7	90.1
76	[75,80]	87.6	94.7	91.1
77	[75,80]	88.6	95.7	92.1
78	[75,80]	89.6	96.7	93.1
79	[75,80]	90.6	97.7	94.1
80	[80,82]	83.9	91.3	87.6
81	[80,82]	84.9	92.3	88.6
82	[82,85]	92.1	99.9	96.0
83	[82,85]	93.1	100.9	97.0
84	[82,85]	94.1	101.9	98.0
85	[85,95]	95.8	101.4	98.6
86	[85,95]	96.8	102.4	99.6
87	[85,95]	97.8	103.4	100.6
88	[85,95]	98.8	104.4	101.6
89	[85,95]	99.8	105.4	102.6
90	[90,95]	100.8	106.4	103.6
91	[90,95]	101.8	107.4	104.6
92	[90,95]	102.8	108.4	105.6
93	[90,95]	103.8	109.4	106.6
94	[90,95]	104.8	110.4	107.6
95	[90,95]	105.8	111.4	108.6
96	[>95]	113.7	117.9	115.8
97	[>95]	114.7	118.9	116.8
98	[>95]	115.7	119.9	117.8
99	[>95]	116.7	120.9	118.8
100	[>95]	117.7	121.9	119.8
101	[>95]	118.7	122.9	120.8
102	[>95]	119.7	123.9	121.8
103	[>95]	120.7	124.9	122.8
104	[>95]	121.7	125.9	123.8
105	[>95]	122.7	126.9	124.8

## Intervalos iOS

Decibel	Intervalo	mínimo	máximo	Estimación corregida
70.0	[70,75]	73.8	75.5	74.6
71.0	[70,75]	74.8	76.5	75.6
72.0	[70,75]	75.8	77.5	76.6
73.0	[70,75]	76.8	78.5	77.6
74.0	[70,75]	77.8	79.5	78.6
75.0	[75,80]	78.8	80.5	79.6
76.0	[75,80]	79.8	81.5	80.6
77.0	[75,80]	80.8	82.5	81.6
78.0	[75,80]	81.8	83.5	82.6
79.0	[75,80]	82.8	84.5	83.6
80.0	[80,82]	83.8	85.5	84.6
81.0	[80,82]	84.8	86.5	85.6
82.0	[82,85]	85.9	87.5	86.7
83.0	[82,85]	86.9	88.5	87.7
84.0	[82,85]	87.9	89.5	88.7
85.0	[85,95]	89.1	90.9	90.0
86.0	[85,95]	90.1	91.9	91.0
87.0	[85,95]	91.1	92.9	92.0
88.0	[85,95]	92.1	93.9	93.0
89.0	[85,95]	93.1	94.9	94.0
90.0	[90,95]	94.1	95.9	95.0
91.0	[90,95]	95.1	96.9	96.0
92.0	[90,95]	96.1	97.9	97.0
93.0	[90,95]	97.1	98.9	98.0
94.0	[90,95]	98.1	99.9	99.0
95.0	[90,95]	99.1	100.9	100.0
96.0	[>95]	101.7	102.2	102.0
97.0	[>95]	102.7	103.2	103.0
98.0	[>95]	103.7	104.2	104.0
99.0	[>95]	104.7	105.2	105.0
100.0	[>95]	105.7	106.2	106.0
101.0	[>95]	106.7	107.2	107.0
102.0	[>95]	107.7	108.2	108.0
103.0	[>95]	108.7	109.2	109.0
104.0	[>95]	109.7	110.2	110.0
105.0	[>95]	110.7	111.2	111.0