



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

DIRECCIÓN GENERAL DE POSGRADOS

**MAESTRÍA EN SEGURIDAD Y PREVENCIÓN DE RIESGOS DEL
TRABAJO**

**EXPOSICIÓN AL RUIDO EN TRABAJADORES EN UNA PLANTA
DE ALIMENTOS BALANCEADOS EN QUITO**

**Trabajo Final de Grado previo la obtención del título de Magister en
Seguridad y Prevención de Riesgos del Trabajo**

Autor:

Sergio Darío Morejón Hernández

Directora:

Ing. Tania del Pilar Crisanto Perrazo, M.Sc

Quito – Ecuador

Mayo - 2016

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Sergio Darío Morejón Hernández, declaro que el presente trabajo de investigación es de mi autoría y que los resultados de esta investigación son auténticos y originales. Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de grado.

Quito, 1 de marzo del 2016



Sergio Darío Morejón Hernández

C.I. 0401219258

INFORME DE APROBACIÓN DEL DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

En mi calidad de Directora de Trabajo de Grado presentado por el señor **Sergio Darío Morejón Hernández**, previo a la obtención del Grado de Magister en Seguridad y Prevención de Riesgos del Trabajo, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y disposiciones emitidas por la Universidad Tecnológica Equinoccial promedio de la Dirección General de Posgrado para ser sometido a la evaluación por parte del Tribunal examinador que se designe.

En la ciudad de Quito, a los 29 días del mes de abril del 2016.



Directora

Ing. Tania Crisanto MSc

C.I. 1712679842

DEDICATORIA

A Luz América, mi novia de infancia, el amor de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Siempre agradecido con Dios, ahora por proveerme esta nueva herramienta para labrar mi camino profesional.

A mis padres por cada cosa que día a día me superieron brindar con corazón y a mis hermanos por cada la compañía y el ejemplo.

A la Ingeniera Tania Crisanto, por su apoyo y su acertada guía , por estar siempre pendiente del desarrollo de este trabajo.

Al Doctor Ángel Ulloa y al Ingeniero Gonzalo Albuja por su amplio conicimiento y experiencia que dieron sustento a la estructura y metodología del trabajo.

A mi amigo y compañero Marcelo Ramos por su apoyo y nexos con la empresa de alimentos balanceados que permitieron que este trabajo se lleve a cabo, que sea de provecho para el bienestar de todos sus trabajadores.

FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

PROYECTO DE TITULACIÓN

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	0401219258
APELLIDO Y NOMBRES:	MOREJÓN SERGIO DARÍO
DIRECCIÓN:	Quito
EMAIL:	sergiomorejon@hotmail.com
TELÉFONO FIJO:	022482415
TELÉFONO MOVIL:	0989426021

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Exposición al ruido en trabajadores en una planta de alimentos balanceados en Quito
AUTOR O AUTORES:	Sergio Darío Morejón Hernández
FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	16/Mayo/2016
DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	Ing. Tania Crisanto, M.Sc
PROGRAMA	PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO <input checked="" type="checkbox"/>
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Magíster en Seguridad y Prevención de Riesgos del Trabajo
RESUMEN: Mínimo 250 palabras	<p>Para caracterizar y evaluar el ruido laboral generado presente en la planta de alimentos balanceados se utilizó la NTP 951 del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), debido a la variación del ruido en determinados episodios, se aplicó la estrategia basada en la jornada completa, la cual permite hacer mediciones de ruido en forma representativa. Para el cálculo de la incertidumbre se utilizó la NTP 950 y como guía de cálculo se utilizó la NTP 952. Se constituyó grupos de exposición homogénea (GEH) y se hizo la evaluación de ruido en los GEH de Producción y de Núcleos. Los</p>

	<p>resultados de las mediciones de ruido determinaron que para el GEH de Producción se tiene 90,6 dBA \pm5,5 dBA y para el GEH de Núcleos el resultado fue de 85,8 dBA \pm3,5 dBA, comparando estos valores con los permitidos por la normativa local (D.E 2393) se tiene que están expuestos ya que reciben los niveles de ruido sobrepasan el permitido (85 dBA). Con esto se estableció que el GEH de Producción recibe dosis de ruido de 2,2 veces mayor a lo permitido, y que para el GEH de Núcleos recibe dosis de 1,1 veces mayor a lo permitido, lo normal debería ser máximo de 1. De acuerdo a los resultados obtenidos y en base a los principios de prevención, se propuso un plan de mejora tomando como referencia la NTP 960, el mismo se detalla en el presente trabajo con algunas medidas técnicas y de organización laboral.</p>
PALABRAS CLAVES:	Ruido, Hipoacusia, Grupo de exposición homogénea, Dosis de ruido.
ABSTRACT:	<p>NTP 951 from INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo) was used in order to characterize and evaluate the exposure to noise. The full-day strategy was applied because the noise fluctuates in certain episodes. This strategy allows taking representative measurements. NTP 950 was used to calculate the measurement uncertainty, and NTP 952 was used to practice the examples. Homogenous exposure groups (GEH) were made and the noise was evaluated in GEH of Production and "Nucleos". The result was 90,6 dBA \pm 5.5 dBA for GEH of Production, and for GEH of Nucleos was 85,8 dBA \pm3,5 dBA. Comparing these values with D.E 2393, they are exceeding. The Noise dose in GHE of Production is 2,2 times higher than</p>

	normal values. To GEH of Nucleos, the noise dose is 1,1 times higher than normal values. According to results, and the prevention principles, an improvement plan was proposed in order to decrease noise. This plan was made based on NTP 960, and is detailed with some technical and administrative actions.
KEYWORDS	Noise, Hearing loss, Homogenous exposure group, Noise dose.

Se autoriza la publicación de este Proyecto de Titulación en el Repositorio Digital de la Institución.



f: _____
MOREJÓN HERNÁNDEZ SERGIO DARÍO

0401219258

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **MOREJÓN HERNÁNDEZ SERGIO DARÍO**, CI 0401219258 autor del proyecto titulado: **Exposición al ruido en trabajadores en una planta de alimentos balanceados en Quito**, previo a la obtención del título de **MAGÍSTER EN SEGURIDAD Y PREVENCIÓN DE RIESGOS DEL TRABAJO** en la Universidad Tecnológica Equinoccial.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las Instituciones de Educación Superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Autorizo a la BIBLIOTECA de la Universidad Tecnológica Equinoccial a tener una copia del referido trabajo de graduación con el propósito de generar un Repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Quito, 16 de mayo de 2016



f: _____

MOREJÓN HERNÁNDEZ SERGIO DARÍO

0401219258

Quito, 16 de mayo de 2016

CARTA DE AUTORIZACIÓN

Yo, **ERNESTO GASPAS FREIRE ROMO** con cédula de identidad N.- 1801771351 en calidad de Gerente General de LA PLANTA DE BALANCEADOS EN ESTUDIO autorizo a **SERGIO DARÍO MOREJÓN HERNÁNDEZ**, realizar la investigación para la elaboración de su proyecto de titulación "Exposición al ruido en trabajadores en una planta de alimentos balanceados en Quito", basada en la información proporcionada por la compañía.

f: _____


ERNESTO GASPAS FREIRE ROMO

1801771351

TABLA DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	ii
INFORME DEL COMITÉ DE APROBACIÓN DEL TRABAJO DE GRADO	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
TABLA DE CONTENIDOS	vi
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABLAS	ix
LISTA DE ANEXOS	x
LISTA DE ABREVIACIONES	xi
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	3
1.1 Antecedentes	3
1.2 Descripción de la empresa	5
1.2.1 Productos	6
1.2.2 Proceso de Fabricación	7
1.3 Formulación del problema	16
1.4 Sistematización del problema	17
1.5 Objetivo general	17
1.6 Objetivos específicos	17
1.7 Justificación	17
1.8 Marco teórico	19
1.8.1 Sonido y Ruido	19
1.8.2 Nivel de presión sonora	21
1.8.3 Nivel equivalente continuo o Nivel de presión sonora continuo	22
1.8.4 Exposición al ruido y sordera ocupacional.	23
1.9 Marco Legal	24
CAPÍTULO 2: METODOLOGÍA	26
2.1 Mapa Conceptual	26
2.2 Metodología y Estrategia	27
2.2.1 Grupos de exposición homogénea (GEH)	30

2.2.2 Estudio de las condiciones de trabajo y organización laboral de la Planta de Alimentos	
Balanceados	30
2.2.3 Definición de los grupos de exposición homogénea GEH	33
2.2.4 Estrategias de medición	34
2.2.5 Estrategia basada en la tarea	34
2.2.6 Estrategia basada en el puesto de trabajo	36
2.2.7 Estrategia basada en la jornada completa	38
2.2.8 Selección de la estrategia	39
2.3 Incertidumbre de la medición para la estrategia basada en la jornada completa	40
2.4 Equipos e instrumentos	42
2.5 Plan de medición	45
2.6 Dosimetría y Dosis de ruido diaria	46
2.7 Muestra y Universo	48
2.8 Resultados	48
2.9 Análisis y discusión de resultados.	53
CAPÍTULO 3: PROPUESTA DEL PLAN DE MEJORA	56
3.1 Introducción al plan de mejora	56
3.2 Objetivos del plan de mejora	59
3.3 Alcance del plan de mejora	59
3.4 Estudio de diagnóstico	59
3.5 Identificación de las fuentes preponderantes de ruido	60
3.6 Acciones a emprender: reducción del ruido a través de medidas técnicas	61
3.6.1. Medidas técnicas en la fuente y en la transmisión	61
3.7 Reducción del ruido a través de organización del trabajo	67
3.7.1 Rotación diaria del GEH de producción y Núcleos.	68
3.7.2 Llenado de los silos de maíz antes de iniciar producción y en la hora de almuerzo	68
3.7.3 Diseño e implantación de un lugar silencioso junto al área de producción.	69
3.8 Medidas complementarias	70
CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	71
4.1 Conclusiones	71
4.2 Recomendaciones	72
BIBLIOGRAFÍA CITADA	73
BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA	75
ANEXOS	76

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
Figura 1: Producción másica semanal	8
Figura 2: Diagrama de flujo del proceso productivo en la empresa de alimentos balanceados	14
Figura 3: Distribución general de la empresa de alimentos balanceados	15
Figura 4: Trabajadores del área de envasado expuestos al ruido y silos pulmón de maíz y de soya	16
Figura 5: Mapa conceptual de metodología.	26
Figura 6: Metodología de actuación para la medición de ruido.	29
Figura 7: Dosímetro utilizado para las mediciones del nivel equivalente de ruido en la planta de alimentos balanceados en estudio	43
Figura 8: Sonómetro integrador utilizado	44
Figura 9: Resultados de la dosimetrías realizadas al GEH de Producción utilizando la estrategia basada en la jornada completa de la NTP 951	49
Figura 10: Resultados de las dosimetrías realizadas al GEH de Núcleos utilizando la estrategia basada en la jornada completa de la NTP 951	50
Figura 11: Mapa de principales fuentes fijas de ruido con valores de ruido emitido. Dimensiones en metros.	53
Figura 12: Diagrama guía de fases del plan de mejora a proponerse	58
Figura 13: Estado actual y propuesta para la instalación de una transición en la entrada de maíz de los silos pulmón	63
Figura 14: Tolva de la peletizadora donde se genera ruido con el movimiento interior de los pelets	64
Figura 15: Compartimiento bajo nivel donde funciona el enfriador de pelets	66
Figura 16: Cuerpo de la peletizadora para ser encapsulado	67

LISTA DE TABLAS

TABLAS	PÁGINA
Tabla 1. Fórmula genérica de los alimentos balanceados para aves y cerdos	7
Tabla 2. Niveles sonoros y tiempos de exposición permitidos	24
Tabla 3. Matriz de decisión para la selección de la metodología a utilizarse	28
Tabla 4. Número de trabajadores en cada GEH de la planta de alimentos balanceados	34
Tabla 5. Duración mínima de la medición en función del número de trabajadores del GEH	37
Tabla 6. Lista de chequeo basada en el cumplimiento de recomendaciones de la NTP 951	40
Tabla 7. Valores de $c1\mu1$ para el cálculo de la incertidumbre de la medición	42
Tabla 8. Especificaciones técnicas del dosímetro utilizado para las mediciones	43
Tabla 9. Especificaciones técnicas del sonómetro utilizado para las mediciones	44
Tabla 10. Información recolectada en encuestas	46
Tabla 11. Plan de medición según la estrategia basada en la jornada completa	46
Tabla 12. Trabajadores seleccionados para mediciones de cada GEH	48
Tabla 13. Nivel de ruido equivalente LAeq medidos en las diferentes jornadas	49
Tabla 14. Nivel de ruido equivalente y diario en los GEH Producción y Núcleos	50
Tabla 15. Valores calculados de μ_1 y μ_{1c_1} para el cálculo de la incertidumbre	50
Tabla 16. Incertidumbre estándar y expandida asociada a la exposición al ruido de los dos GEH en estudio	51
Tabla 17. Dosis diaria recibida en los GEH estudiados	51
Tabla 18. Nivel equivalente continuo en las principales fuentes fijas de ruido en planta de producción	52

LISTA DE ANEXOS

ANEXOS	PÁGINA
ANEXO A Resultados de las mediciones realizadas proporcionados por el equipo	76
ANEXO B Certificado de calibración del dosímetro	82
ANEXO C Medición de ruido en bandas de octava en la peletizadora y en el molino-silo de maíz	83
ANEXO D Cálculo del nivel de presión sonora efectiva con los tapones auditivos que se usa normalmente en la planta	86

LISTA DE ABREVIACIONES

TÉRMINO	ABREVIACIÓN
Decibelios ponderados A	(dBA)
Decreto Ejecutivo	(D.E)
Dosis de Ruido Diaria	(DRD)
Grupos de exposición homogénea	(GEH)
Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social	(IESS)
Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.....	(INSHT)
National Institute for Occupational Safety and Health	(NIOSH)
Nivel de presión acústica	(SPL)
Nivel equivalente continuo	(Leq)
Nivel equivalente continuo ponderado A	(LAeq)
Nivel equivalente continuo en un determinado tiempo	(LAeq,T)
Nivel equivalente continuo diario	(LAeq,d)
Notas técnicas de Prevención	(NTP)
Oficina Internacional del Trabajo	(OIT)
Organización Panamericana de la Salud	(OPS)
Prueba de durabilidad del producto	(PDI)
Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria	(TULAS)
Tiempo máximo permisible	(T _{mp})

RESUMEN

Para caracterizar y evaluar el ruido generado presente en la planta de alimentos balanceados se utilizó la NTP 951 del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), debido a la variación del ruido en determinados episodios, se aplicó la estrategia basada en la jornada completa, la cual permite hacer mediciones de ruido en forma representativa. Para el cálculo de la incertidumbre se utilizó la NTP 950 y como guía de cálculo se utilizó la NTP 952. Se constituyó grupos de exposición homogénea (GEH) y se hizo la evaluación de ruido en los GEH de Producción y de Núcleos. Los resultados de las mediciones de ruido determinaron que para el GEH de Producción se tiene 90,6 dBA \pm 5,5 dBA y para el GEH de Núcleos el resultado fue de 85,8 dBA \pm 3,5 dBA, comparando estos valores con los permitidos por la normativa local (D.E 2393) se tiene que están expuestos ya que reciben los niveles de ruido sobrepasan el permitido (85 dBA). Con esto se estableció que el GEH de Producción recibe dosis de ruido de 2,2 veces mayor a lo permitido, y que para el GEH de Núcleos recibe dosis de 1,1 veces mayor a lo permitido, lo normal debería ser máximo de 1. De acuerdo a los resultados obtenidos y en base a los principios de prevención, se propuso un plan de mejora tomando como referencia la NTP 960, el mismo se detalla en el presente trabajo con algunas medidas técnicas y de organización laboral.

PALABRAS CLAVES: Ruido, Hipoacusia, Grupo de exposición homogénea, Dosis de ruido.

ABSTRACT

NTP 951 from INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo) was used in order to characterize and evaluate the exposure to noise. The full-day strategy was applied because the noise fluctuates in certain episodes. This strategy allows taking representative measurements. NTP 950 was used to calculate the measurement uncertainty, and NTP 952 was used to practice the examples. Homogenous exposure groups (GEH) were made and the noise was evaluated in GEH of Production and "Nucleos". The result was $90,6 \text{ dBA} \pm 5.5 \text{ dBA}$ for GEH of Production, and for GEH of Nucleos was $85,8 \text{ dBA} \pm 3,5 \text{ dBA}$. Comparing these values with D.E 2393, they are exceeding. The Noise dose in GHE of Production is 2,2 times higher than normal values. To GEH of Nucleos, the noise dose is 1,1 times higher than normal values. According to results, and the prevention principles, an improvement plan was proposed in order to decrease noise. This plan was made based on NTP 960, and is detailed with some technical and administrative actions.

KEY WORDS: Noise, Hearing loss, Homogenous exposure group, Noise dose.

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El ruido lo asociamos con muchas actividades de nuestra vida pues se manifiesta de muchas formas y lo relacionamos con cualquier sonido desagradable. A través de los años se ha convertido en un problema que ha pasado de ser parte de los fenómenos de la naturaleza en la antigüedad a ser un contaminante de era actual provocado por el desarrollo de las actividades humanas. El ruido se ha convertido en un problema crónico que aqueja a toda la humanidad. (Procuraduría Ambiental y del ordenamiento territorial del D.F, s.f)

El principal efecto del ruido es la sordera ocupacional, patología incluida dentro de la lista de enfermedades profesionales de la Oficina Internacional del Trabajo (OIT) referida allí como “Deterioro de la audición causada por ruido” se ha asociado fuertemente a hipoacusia neurosensorial o sordera en los casos más extremos. (Medina, Velásquez, Giraldo, Henao, & Vásquez, 2013)

El ruido es uno de los peligros laborales más comunes. Así, en Estados Unidos, más de 9 millones de trabajadores se ven expuestos diariamente a niveles de ruido medios de 85 decibelios ponderados A (dBA). Estos niveles de ruido son potencialmente peligrosos para su audición y pueden producir además otros efectos perjudiciales. Existen aproximadamente 5,2 millones de trabajadores expuestos a niveles de ruido aún mayores en entornos de fabricación y empresas de agua, gas y electricidad, lo cual representa alrededor del 35 % del número total de personas que trabajan en el sector de fabricación en Estados Unidos (Suter, 2001).

Ya para el año 2006 Moreno, Martínez y Rivero (2006) en su artículo *Pesquisa auditiva en trabajadores expuestos al ruido industrial*, estiman aproximadamente 20 millones o más de personas en EE. UU expuestos diariamente a ruidos elevados, y que pueden dañar permanentemente su audición. Hacen énfasis que si a esta situación global se adjunta la exposición laboral a riesgos por ruidos, se tiene que considerar un importante problema de salud. (Moreno, Anay, & Rivero, 2006)

Por lo mencionado anteriormente, se puede decir que el ruido generado por algunos trabajos, procesos y equipos al que las personas están expuestas puede causar pérdida auditiva dependiendo de la intensidad y duración de la exposición. El ruido de las máquinas no significa necesariamente que exista un problema. Como una regla general, si dos personas a un brazo de distancia tienen dificultad para tener una conversación, es necesario realizar un estudio del riesgo, en este caso el ruido. (Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional, 2003)

Los efectos del ruido en el campo laboral son relevantes, así la hipoacusia determinada como la disminución en la audición a la cual están expuestos los trabajadores, y su severidad puede ir desde leve hasta la pérdida total de ésta. La disminución en la audición de origen ocupacional puede ser de varios tipos: conductiva, neurosensorial o una combinación de estas. Por lo general la hipoacusia es bilateral, aunque en ocasiones es unilateral. Estudios recientes reportan que medidas como el uso individual de equipo de protección, capacitación del personal, cambio de infraestructura e ingeniería y cambios a nivel administrativo donde el personal tenga exposición por un tiempo determinado y con periodos iguales de descanso, evitan un deterioro mayor de la agudeza auditiva. (Martínez et al, 2012)

Se estima que un tercio de la población mundial y el 75 % de los habitantes de ciudades industrializadas padecen algún grado de sordera o pérdida auditiva causada por exposición a sonidos de alta intensidad. La Organización Panamericana de la Salud (OPS) refiere una prevalencia promedio de hipoacusia del 17 % para América Latina, en trabajadores con jornadas de 8 h diarias, durante 5 días a la semana con una exposición que varía entre 10 a 15 años. (Medina; et al, 2013)

De acuerdo a la Subdirección de Riesgos del Trabajo del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS) y sus unidades provinciales, el aviso de enfermedades ocupacionales en el país, se ha ido incrementando en los últimos años así en el 2009: 106, en el 2010: 124, en el 2011: 177, 2012: 206, y en el 2013: 207. En cuanto a la provincia de Pichincha para el primer semestre del 2014 se registró 110 enfermedades profesionales aceptadas, siendo la provincia que mayor número de avisos de enfermedades profesionales presenta en todo el país.

El área productiva de la planta de alimentos balanceados en estudio comprende la sección de descarga y almacenamiento de materia prima, sección de molienda la cual está junto con la sección de acondicionamiento, peletizado, envasado, despacho y transporte de producto terminado. La planta es automatizada con máquinas para realizar diferentes operaciones unitarias como molienda, tamizado y envasado. El ruido es generado principalmente por el molino, peletizadora, acondicionadores, mezcladores, motores, y flujo de sólidos por los ductos.

La exposición generada por el ruido mencionado anteriormente, y sus probables consecuencias de disminución de capacidad auditiva, tiene incidencia directa en los trabajadores del área productiva que posee dos silos de materia prima los cuales necesitan ser llenados 2 veces cada uno en la jornada de trabajo, dependiendo de las necesidades de producción y la disponibilidad de los transportadores. El ruido generado por la caída de los granos, principalmente de maíz sobre las paredes de acero de los silos es extremadamente molesto, lo cual provoca que los trabajadores de esta área estén expuestos a diferentes niveles de ruido en el transcurso de la jornada de trabajo.

Generalmente la rotación de grupos de trabajo se hace cada dos semanas, lo cual vuelve el nivel de exposición cuestionable en el área de producción.

1.2 Descripción de la empresa

La empresa motivo del presente estudio, se dedica a la fabricación y comercialización de alimentos balanceados para aves, ganado porcino y bovino. La planta industrial está ubicada en el norte de la ciudad de Quito, en el barrio San Camilo de la parroquia de Calderón. Si bien está en un sector catalogado como industrial, alrededor de la misma existen muchos conjuntos residenciales, particular que genera en la empresa la necesidad de convivencia armoniosa, de tal forma que el impacto ambiental y social sea de armonía.

Históricamente, esta empresa se creó como una empresa familiar en el año 1979 en el cantón Cevallos de la provincia de Tungurahua, siendo la actividad económica principal la comercialización de insumos para alimentos balanceados. Posteriormente se creó una

sucursal en Ambato y para el año de 1988 se crea una sucursal en Quito avanzando paralelamente con la construcción de la planta procesadora de alimentos balanceados con proyección al crecimiento de infraestructura y de sus procesos.

Actualmente se pretende tener una planta con alta tecnología con capacidad de producir alimentos balanceados con los más altos estándares de calidad.

1.2.1 Productos

Los productos finales producidos son alimentos balanceados para aves, cerdo y ganado. Actualmente, en vista de la demanda de clientes específicos también se está produciendo alimento balanceado para cuyes. Los productos tienen dos presentaciones: harina y pelets. El alimento balanceado en harina es el producto dado en polvo fino y empacado en sacos. Cuando el alimento balanceado se presenta en porciones comprimidas de material, estas porciones se denominan pelets.

En su fórmula, los productos contienen macro y microingredientes. Los macro ingredientes son los de pesos grandes y por tanto constituyen el mayor porcentaje en la fórmula, dentro de los macroingredientes se tiene: maíz, soya, harina de pescado, arroz, entre otros. Dentro de los micro ingredientes, que son los de pesos pequeños dentro de la fórmula están la caliza, el fosfato, aceite de palma, sal, vitaminas, proteínas, entre otros.

El producto de mayor participación en la producción es el alimento balanceado para aves, en el año 2014 representó el 95.5 % de la producción total, porcentaje muy similar para el acumulado del primer semestre de 2105 (94,4 %). El alimento balanceado para cerdos es el segundo producto de mayor producción con el 3-4 % de la producción total y finalmente el balanceado para ganado bovino con el 1.5%. En este sentido aún no es perceptible la producción de alimentos balanceados para cuyes, pero se espera un crecimiento en este mercado.

El maíz y la soya son dos importantes macroingredientes presentes en la fórmula de alimentos balanceados tanto para aves, como para cerdos. Su participación en el proceso productivo es de alta rotación. La tabla 1 presenta una fórmula genérica de alimentos

balanceados para aves y cerdos. La fórmula de alimentos balanceados para ganado no contiene maíz.

Tabla 1. Fórmula genérica de los alimentos balanceados para aves y cerdos

FÓRMULA GENÉRICA DEL ALIMENTO BALANCEADO		
	AVES	CERDOS
Maíz	50-65%	40-55 %
Soya	25-35 %	10-20%
Harina de Pescado	0.5-1.5%	1-3%
Polvillo de Arroz/Arrocillo	0-2 %	10-30%
Otros insumos (microingredientes)	3.5-4%	3-4%
Microingredientes líquidos	1-4 %	1-2%

Fuente: Departamento de Calidad, Seguridad y Salud Ocupacional de la Empresa en estudio (2015)

En cuanto a la producción, en la figura 1 se muestra un histórico de la producción semanal de los últimos 2 años 2013 y 2014 en donde se puede ver que los meses de mayor producción son los de noviembre, diciembre y enero. Para el año 2015 se espera una tendencia similar con un incremento del volumen producido referente a años anteriores.

1.2.2 Proceso de Fabricación

Anteriormente ya se mencionó las materias primas utilizadas en el proceso productivo. Los controles de calidad realizados son a la materia prima, a los productos intermedios (en la mezcla) y al producto final sean pelets o harina. Los principales equipos que intervienen en el proceso son báscula, tanques de almacenamiento, limpiador de grados, transportador de cadena, transportador de cangilones, silos y tolvas, molino de martillo, peletizadora, zaranda vibratoria, entre otros.

Los procesos que existen en la fabricación del producto son: recepción de la materia prima, pesaje, descarga y almacenamiento, alimentación de tolvas, limpieza de granos, programación de fórmula maestra, molienda, pesaje de microingredientes, mezclado, peletizado, envasado y despacho.

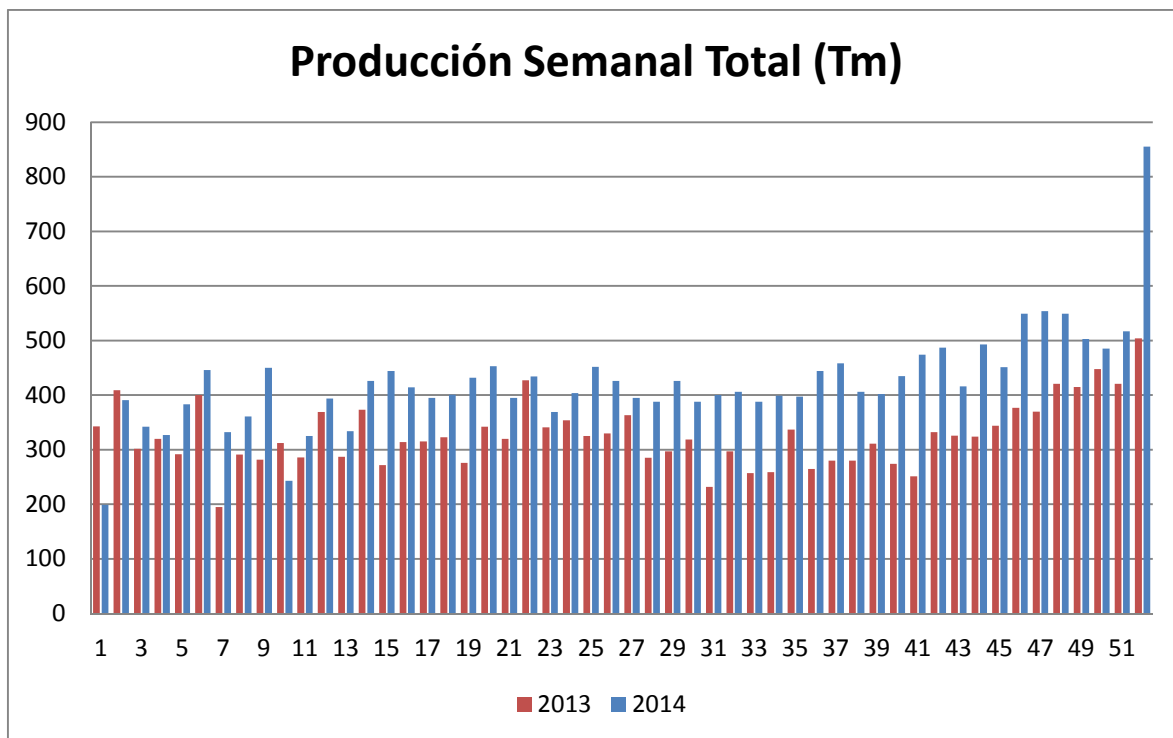


Figura 1: Producción másica semanal

Fuente: Departamento de Calidad, Seguridad y Salud Ocupacional de la empresa en estudio, 2015.

1.2.2.1 Recepción de la Materia Prima

Las diferentes materias primas ingresan a las instalaciones de la Planta Industrial, al granel en sacos cuando son sólidos; y en tanqueros cuando se trata de líquidos. Inmediatamente el personal de Control de Calidad realiza un muestreo del producto para los análisis correspondientes y para verificar que la materia prima cumpla con los parámetros de calidad establecidos por la compañía, en el caso de que incumpla este requisito, se procederá según la no conformidad que exista.

1.2.2.2 Pesaje

Una vez comprobado que la materia prima este conforme, los vehículos pasan por una báscula que determina el peso con el que ingresa la materia prima.

1.2.2.3 Descarga y almacenamiento

De acuerdo a la presentación de la materia prima se procede a descargar el producto, los líquidos tales como aceite de palma, grasa animal, melaza, aminoácidos son vertidos directamente en los tanques de almacenamiento destinados para el efecto. Las materias primas que vienen contenidas en sacos son descargadas directamente en la bodega de Materia Prima y almacenadas según el tipo, ya sean materias primas como macroingredientes o microingredientes. Los macroingredientes como (maíz y torta de soya) son almacenados en silos y en piscinas y los microingredientes se almacenan sobre pallets en la bodega respectiva.

1.2.2.4 Alimentación de Tolvas

Todas las materias primas consideradas macros se vierten individualmente en un transportador de cadena que se encuentra bajo el nivel del piso, éste se encarga de descargar el producto a un elevador de cangilones que a su vez lo lleva a otro transportador de cadena y lo deposita en la tolva asignada para dicho producto o a un silo pulmón en el caso de torta de soya o maíz, que previamente deben ser acondicionados en el molino. La dosificación se realiza por medio de un control de mando desde la oficina de producción que activa todo el sistema de manejo de macroingredientes (sólidos y líquidos). En esta sección el producto acondicionado y almacenado en las tolvas dosificadoras, es descargado automáticamente mediante la apertura de compuertas neumáticas a una tolva báscula donde son pesadas según la fórmula maestra de cada producto esta tolva báscula hace de tolva pulmón de la mezcladora. Para la adición de los componentes líquidos como son: aceite de palma, aminoácidos y aditivos líquidos, el sistema procede a inyectar directamente en la mezcladora las cantidades de estos elementos que previamente han sido determinados y exactamente pesados.

1.2.2.5 Limpieza de granos

El maíz antes de ser depositado en los silos de almacenamiento, pasa por un limpiador de granos que se encarga de separar el producto que se encuentra en óptimas condiciones del producto partido, finos y/o impurezas. El grano en buenas condiciones, sigue su recorrido por un transportador que luego es depositado en un elevador de cangilones que lleva al distribuidor rotativo, elemento que asigna el almacenamiento en el silo respectivo.

1.2.2.6 Programación fórmula maestra

En esta sección se incorporan los insumos de bajo porcentaje según las fórmulas maestras descritas en el ítem 1.2.1, no amerita llevarlos a una tolva de dosificación y es por eso que se agregan directamente al mezclador, para este fin, el mezclador cuenta en su costado con una tolva de vertido donde se deposita estos microingredientes.

1.2.2.7 Molienda

La materia prima destinada a la molienda es trasladada desde sus sitios de almacenamiento a través de transportadores mecánicos horizontales y elevadores verticales, hasta los silos pulmón en donde permanecen hasta ingresar a la molienda. Los silos pulmón de alimentación del molino, por medio de una esclusa permite el paso de las materias primas a la cámara de molienda, allí el producto es forzado a pasar por medio de una criba donde los martillos, que giran radialmente dentro del molino, golpean la materia prima y la muelen, simultáneamente un sistema de aspiración con filtro de mangas absorbe todas las pequeñas partículas generadas en la molienda, las atrapa, las almacena y las devuelve al proceso, las materias primas molidas son transportadas mediante un elevador de cangilones y un transportador horizontal de cadena a la tolva dosificadora asignada, antes de su ingreso al mezclador.

1.2.2.8 Pesaje de Microingredientes

Este es un proceso paralelo e independiente donde se elaboran las mezclas de los microingredientes y/o los aditivos que debe llevar el producto final, según su fórmula maestra. Una vez pesados individualmente estos microingredientes, son adicionados a una mezcladora horizontal de cinta, construida totalmente en acero inoxidable y con una capacidad volumétrica de 500 litros, donde son descargados manualmente, se efectúa el mezclado en un tiempo estandarizado.

1.2.2.9 Mezclado

El proceso de mezclado se realiza en un mezclador horizontal de paletas, con una capacidad volumétrica de 1800 litros y una capacidad de producción de 10 toneladas/hora. Los macroingredientes almacenados en la tolva báscula, caen por gravedad a la mezcladora tan pronto se abre la compuerta rasera de esta tolva, a continuación se adicionan los respectivos líquidos por medio de un control de mandos y el núcleo vitamínico correspondiente, hasta tener una mezcla completamente homogénea, luego de un tiempo previamente definido. Cuando esto sucede, la mezcladora abre su compuerta inferior y deja caer la mezcla a una tolva de alivio, desde allí un transportador de cadena traslada hasta un elevador de cangilones que a su vez la conduce hasta la tolva de ensacado cuando el producto final es en harina; para el caso de peletizado, después de este proceso la harina va a un distribuidor rotativo que deposita el producto en las tolvas de almacenamiento previo al peletizado.

En esta parte del proceso se realizan análisis para determinar si el producto en proceso cumple con los parámetros establecidos por el departamento de Aseguramiento de la Calidad.

1.2.2.10 Peletizado

El producto en harina, salido de la mezcladora y depositado en las tolvas de almacenamiento previo al peletizado, por medio de una compuerta trasera pasa al alimentador, luego a un acondicionador de doble eje, en donde se inyecta vapor a baja presión para mejorar la humedad de la mezcla y proceder a la cocción (gelatinización de los almidones). En la peletizadora el producto es forzado a pasar por un dado o matriz por medio de un rodillo, para obtener su forma final, cerca al dado se encuentra una cuchilla que corta el pelet a la longitud deseada. El producto ya peletizado, aún húmedo y caliente por medio de una esclusa pasa a un enfriador vertical de contra flujo, que con aire frío y forzado que circula desde el ambiente hasta la cámara de enfriamiento, reduce la temperatura y humedad del producto. Para forzar el aire, el enfriador cuenta con un ventilador centrífugo, como este puede arrastrar polvillo, un ciclón decantador separa el polvillo del aire y lo devuelve al proceso.

El producto luego de ser enfriado y secado, sigue procesos distintos dependiendo del tipo de presentación que se requiera, si se requiere pelet, esta pasa por un transportador de

cadena que los lleva a un elevador de cangilones, lo entrega a una zaranda vibratoria donde separa los grumos, el polvillo y el producto en óptimas condiciones. Los finos son retornados a la peletizadora y el producto óptimo se envía directamente a la tolva de pesaje-ensacado. Si lo que se requiere es que el producto esté quebrantado, después del enfriador pasa por un quebrantador para reducir su tamaño y continúa con el proceso de la zaranda hasta obtener el producto totalmente quebrantado.

En esta parte del proceso se realizan análisis de humedad y prueba de durabilidad del producto (PDI), por Control de Calidad a la salida del acondicionador y la matriz de la peletizadora, para comprobar que la cantidad de vapor que se está agregando sea la correcta y que el producto cumpla con el porcentaje de humedad requerido para continuar con el pesaje-ensacado.

1.2.2.11 Envasado

El producto en harina y/o peletizado llega a las tolvas de ensacado donde por medio de compuertas se controla el flujo de alimentación de la ensacadora, se llena cada saco con el peso programado; después por medio de una banda transportadora es llevado hasta la sección de cosido y etiquetado para finalmente ser depositado en palets que son transportados por un montacargas al área de almacenamiento de producto terminado.

El etiquetado se coordina desde un área anexa a la de envasado donde se prepara los sacos y las etiquetas que corresponderán al producto terminado previamente establecido en el programa de producción. En esta parte del proceso se realizan análisis para determinar si el producto terminado cumple con los parámetros establecidos por el departamento de calidad, en caso de que exista cualquier no conformidad se almacenará en el área de reproceso.

Los diferentes tipos de productos terminados son clasificados por su tipo y/o cliente para su almacenamiento, con mucha frecuencia el producto terminado es colocado directamente en los camiones transportadores listos para ser despachados.

1.2.2.12 Despacho

El producto terminado almacenado en bodega es despachado por medio de un montacargas hasta la zona de cargue en los camiones de entrega. Culminada esta operación el camión cargado se dirige hasta la báscula de pesado para determinar la cantidad total que se despacha, para su posterior salida de la Planta Industrial.

En la figura 2 se muestra un diagrama de flujo del proceso productivo de la empresa de alimentos balanceados.

Por los procesos antes mencionados la empresa está organizada básicamente en planta productiva, planta administrativa, taller de mantenimiento y edificio social. La planta productiva, como es lógico, ocupa la mayor parte del área, ésta se caracteriza por la presencia de silos de almacenamiento y tolvas de alimentación para cada producto. Hay un molino de martillos bajo los silos pulmón de maíz y soya y una máquina peletizadora conectada a las tolvas.

El área administrativa se sitúa adjunta a la planta productiva en un piso superior, está dividida por una pared y ventanas de vidrio, hay un corredor desde la planta hacia las oficinas y el laboratorio y desde las oficinas se tiene una vista panorámica a gran parte de la planta. En la figura 3 se describe el lay out general de la empresa.

La presencia de ruido es sinérgica en la planta industrial por la operación del molino, la peletizadora y los cangilones de los transportadores, la variable de ruido se produce cuando se alimenta materia prima para llenar los silos pulmón, en especial cuando se trata de la transportación de maíz. La materia prima es tomada desde los silos de almacenamiento y llevada por ductos de acero a los silos pulmón, el movimiento y caída del maíz por las paredes de los ductos y de los silos provoca un ruido estrepitoso el cuál se pretende caracterizarlo. Un grupo de trabajadores se sitúa junto a la peletizadora para el envasado de producto terminado, los mismos están a pocos metros de los silos pulmón y están expuestos directamente a este ruido.

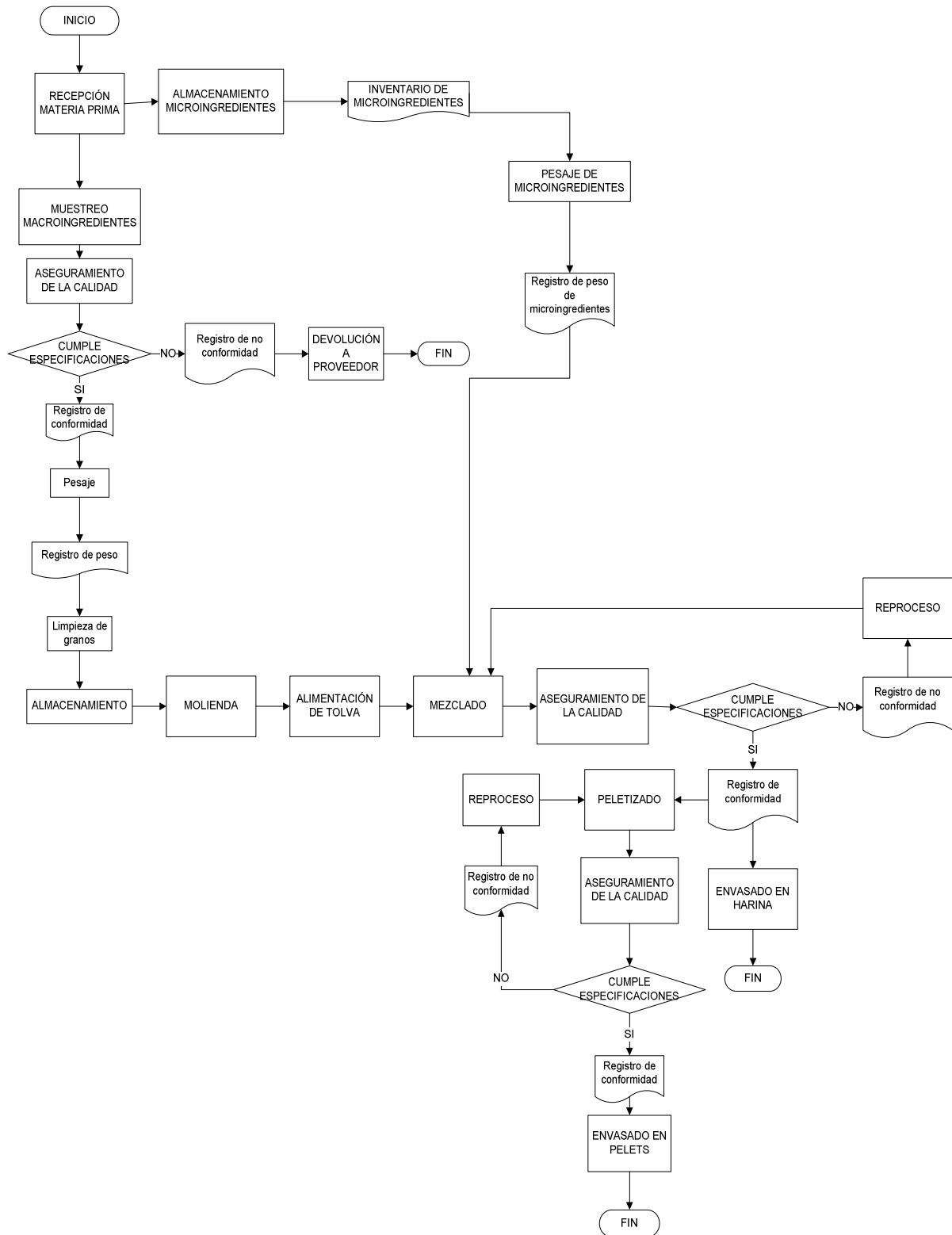


Figura 2: Diagrama de flujo del proceso productivo en la empresa de alimentos balanceados

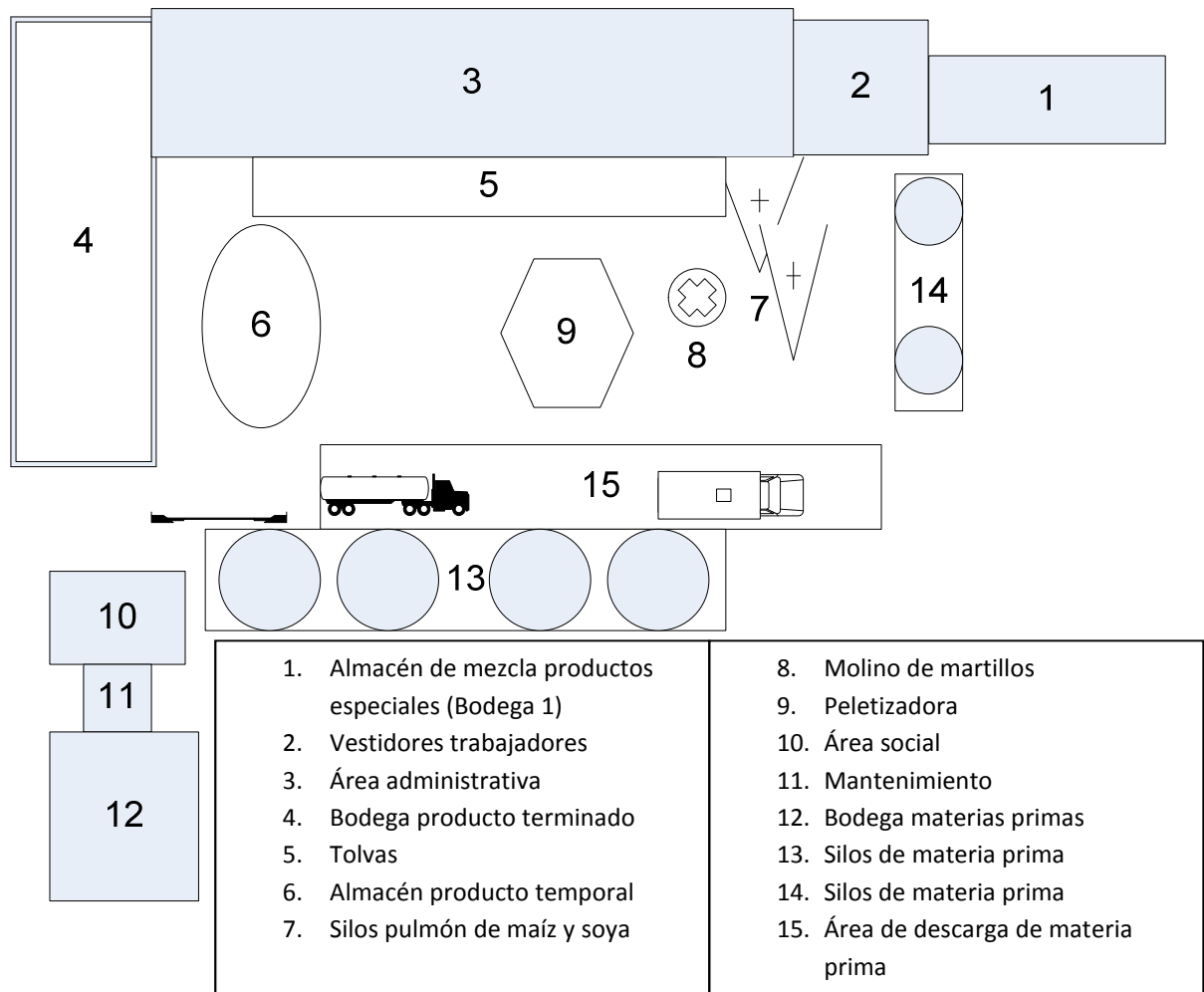


Figura 3: Distribución general de la empresa de alimentos balanceados

La figura 4 presenta dos fotografías de los silos y del grupo de trabajadores que están expuestos en plena desarrollo de sus actividades.

Los silos pulmón de maíz y soya tienen una capacidad de 30 toneladas cada uno, y para llenarse demoran 50 min cuando se llenan directamente desde un silo de almacenamiento o 1 hora cuando viene de una piscina de almacenamiento cuando la materia prima es descargada del camión. En este sentido podemos hablar de un flujo másico de 600 kg/min en el primer caso, y de 500 kg/min en el segundo. Toda esta cantidad de maíz es la que golpea las paredes de acero de los silos y a ésta velocidad supone un ruido estrepitoso.



Figura 4: Trabajadores del área de envasado expuestos al ruido y silos pulmón de maíz y de soya

En cuanto al número a la organización laboral, la empresa cuenta con 38 trabajadores en nómina, dos de los cuales ejercen sus funciones en la oficina sucursal comercial en el norte de Quito, los restantes 36 trabajan en la planta industrial. Al personal operativo se lo califica generalmente como operador en general, operador de pre mezclas y operador de peletizadora, siendo éstas tres las principales funciones de los trabajadores de planta que están expuestos al ruido. Se tiene también trabajadores que comparten tareas de campo y de oficina como el Jefe y Supervisor de producción, el Coordinador de Calidad, Seguridad y Salud Ocupacional, el Analista de Calidad, Jefe de Mantenimiento y Operadores de mantenimiento.

1.3 Formulación del problema

¿Cómo es la exposición al ruido en los trabajadores de la planta de alimentos para animales de Quito?

1.4 Sistematización del problema

- ¿Cuál es el nivel de ruido en los trabajadores de la planta de alimentos para animales de Quito?
- ¿Cuál sería un plan de mejora para reducir la exposición al ruido en este grupo de trabajadores?

1.5 Objetivo general

Caracterizar la exposición al ruido en los trabajadores de una planta de alimentos para animales de Quito con el fin de reducir la presencia de los casos de hipoacusia.

1.6 Objetivos específicos

- Evaluar el ruido en los trabajadores de la planta de alimentos para animales de Quito en base al D.E 2393.
- Proponer un plan de mejora para reducir la exposición al ruido en este grupo de trabajadores.

1.7 Justificación

Según el departamento de Seguridad y Salud Ocupacional de la empresa de alimentos balanceados en estudio, los resultados de audiometría del año 2013 revelaron la presencia de 2 casos de hipoacusia leve entre 38 trabajadores, lo cual se vio confirmado con el mismo resultado en el año 2014.

La exposición al ruido se refiere principalmente a los 36 trabajadores que laboran en la planta de alimentos balanceados. De éstos 36 trabajadores, 26 son netamente operativos quienes trabajan en diferentes áreas como recepción de materia prima, bodega, molienda, acondicionamiento, envasado, almacenamiento. En el área de materia prima se tiene silos en donde se descarga la materia prima generando niveles mayores de ruido, este grupo de trabajadores son los directamente afectados ya que están expuestos directamente el ruido generado por la descarga de materia prima y por fuentes fijas como el molino, la

peletizadora, motores, tamizadores, transportadores, entre otros. Si bien el personal administrativo labora en oficinas, ellos reciben cierto nivel de ruido por encontrarse en un área anexo a la planta. Por lo antes expuesto es necesario se realizar la evaluación de ruido ocupacional en toda la planta de producción.

Realizando un diagnóstico inicial de riesgos en la empresa se evidencia que no se tiene una matriz de riesgos, lo cual implica que el ruido, si bien ha sido identificado, aún no ha sido evaluado y menos aún controlado. La alta gerencia preocupada por la salud de sus colaboradores ha ofrecido su apoyo para la realización de este Trabajo de Grado.

La percepción del ruido por los trabajadores es evidente, se encuentran preocupados por las consecuencias que éste puede generar, debido a la situación actual de sus dos compañeros. Un operador, el cual ya ha sido diagnosticado con hipoacusia neurosensorial Grado II está manifestando continuamente su malestar y su afectación al Coordinador de Seguridad y Salud Ocupacional, parcialmente se ha optado por delegar otras funciones para este trabajador.

Los resultados de audiometría mencionados en la contextualización del problema y la probabilidad de que los casos de hipoacusia incrementen debido a la considerable exposición de ruido reflejan la preocupación del departamento de seguridad y salud ocupacional, en los planes de prevención lo cual se pretende aportar con el presente trabajo.

Con la caracterización del ruido se pretende en primer lugar determinar las áreas de exposición y una lista de expuestos que será de gran utilidad para el Departamento de Seguridad y Salud ocupacional de la empresa en el desarrollo de un plan de vigilancia médica y de prevención de riesgos del trabajo, en este caso, ruido.

Los trabajadores de esta empresa se verán beneficiado con la minimización del riesgo generado por el ruido evitando así las consecuencias negativas para su salud y creando un ambiente de trabajo seguro que aporte a la productividad de la empresa. El presente trabajo hará prevalecer la importancia de reducir el riesgo a través de medidas técnicas en la fuente de emisión y en la transmisión.

1.8 Marco teórico

1.8.1 Sonido y Ruido

Sonido es el conjunto de fenómenos vibratorios en el medio aéreo y que se perciben a través del sistema auditivo. También se propaga por otros medios (sólidos o líquidos). Los sonidos y ruidos en general son el resultado de la combinación de tonos puros de diferentes frecuencias. El sistema auditivo es capaz de captar frecuencias entre 20 y 20.000 Hz., pero el oído filtra o atenúa algunos tonos. Al ruido se puede definirlo como el sonido o un conjunto de sonidos que molestan, no deseados y que pueden causar lesiones en algunos órganos y perturbar la función de otros. (Tolosa & Badenes, 2008)

“La escala de ponderación A es la más utilizada y aplicable para mediciones industriales”. La ponderación A permite registrar los niveles sonoros de acuerdo al comportamiento de la audición humana. (Casado, 2011, p.12).

La legislación ambiental del Ecuador se refiere al ruido en el sentido de considerar a éste como un contaminante ambiental. El Acuerdo Ministerial 028 que sustituye el Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente hace referencia a la norma técnica para establecer los procedimientos y regular actividades y responsabilidades públicas y privadas en materia de calidad ambiental. Uno de los objetivos de esta norma es el de preservar la salud de las personas y del medio ambiente en general, mediante el establecimiento de niveles máximos permisibles para fuentes fijas y móviles de ruido. En esta norma también se mencionan puntos críticos de afectación los cuales son sitios o lugares cercanos a una fuente fija de ruido ocupado por humanos que requieren condiciones de tranquilidad y serenidad tales como viviendas, residencias, instituciones educativas y hospitales. Al hablar de cercano no se refiere necesariamente a distancia, sino a lugares donde se escucha ruido de una fuente fija. (Ministerio del Ambiente, 2015)

En Quito, la norma técnica que viabiliza la aplicación de la ordenanza municipal 404, menciona la contaminación acústica como la presencia en el ambiente de ruidos o vibraciones, cualquiera que sea el emisor acústico que origine, que impliquen molestias,

perturbaciones, riesgo o daño para las personas, para el desarrollo de sus actividades y bienes, o causen perjuicio para el medio ambiente. (Secretaría de Ambiente-Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2014)

Esta norma técnica de la ordenanza 404, que se basa en el Acuerdo Ministerial 028, presenta además algunos conceptos como el de emisor acústico que es cualquier equipo, maquinaria o actividad que genere contaminación acústica. Una Fuente Fija es aquella instalación, conjunto de instalaciones o establecimiento que posea en su interior emisores acústicos. Así mismo, una fuente móvil son vehículos motorizados tales como tractocamiones, autobuses, camiones, automóviles, motocicletas y similares.

De igual forma se menciona tipos de ruido como ruido estable, fluctuante y de fondo. El Ruido Estable o Continuo es aquel ruido que presenta variaciones del nivel de presiones sonoras menores o iguales a 5 dBA, observando en un período de tiempo igual a un minuto. El Ruido Fluctuante es un ruido continuo cuyo nivel de presión sonora varía notablemente, pero de manera impulsiva, durante el período de evaluación, las variaciones son superiores a 5 dBA, observando en un período de tiempo igual a un minuto. En cuanto al Ruido de Fondo es aquel ruido que prevalece en ausencia del ruido generado por la fuente objeto de evaluación.

Según el Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo (D.E 2393): “Se considera ruido de impacto a aquél cuya frecuencia de impulso no sobrepasa de un impacto por segundo y aquél cuya frecuencia sea superior, se considera continuo” (p.25).

El ruido es un serio peligro para la audición identificado en las diferentes industrias en todo el mundo. Por ejemplo, la exposición al ruido es la causa de alrededor de un tercio de los 28 millones de casos de sordera en Estados Unidos, y el National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) informa que el 14 % de los trabajadores americanos están expuestos a niveles de sonido potencialmente peligrosos, es decir, por encima de 90 dB. La exposición al ruido es la exposición profesional dañina más común y constituye la segunda causa, después de los efectos del envejecimiento, de pérdida de audición. Finalmente, no debe olvidarse la contribución de la exposición no profesional,

como sucede en algunos talleres domésticos, o con la música demasiado alta, sobre todo con el uso de auriculares, armas de fuego, etc.

1.8.2 Nivel de presión sonora

Primeramente, y a modo de comprensión de lo que aquí acontece, se hará una pequeña introducción sobre la medición de la presión acústica. El nivel de presión acústica (SPL, por sus siglas en inglés) es la forma de medir variaciones de presión acústica en un punto, producidas estas por movimientos ondulatorios de compresión y expansión que se propagan por el aire en presencia de una presión atmosférica en reposo. El oído humano tiene la capacidad de percibir estas variaciones de presión en magnitudes de $20\mu\text{Pa}$ a 20Pa . La forma de representar en magnitudes de Pascales este rango de variaciones no es muy cómoda, ni muy representativa, debido al gran margen existente. Es por ello que se opta por una forma más explícita de representar los resultados obtenidos, esta es en magnitudes de decibelios. Los decibelios son una escala logarítmica con la que se trabaja muy cómodamente, en la que se encontrará con un rango mucho más definido y vistoso a simple vista para la comparación de resultados obtenidos. (Casado, 2011)

Una vez conocida la forma de medir los niveles de presión acústica, se centrará el estudio en la percepción del sonido y más concretamente en la sonoridad de los mismos. Y es que, un sonido, considerándolo en todo el rango de frecuencias, con una presión acústica determinada no se escucha por igual en todo el rango de frecuencias. Por ejemplo, un sonido con una sonoridad de 80dB SPL en 500Hz es más sonoro que un sonido de 80dB SPL en 100Hz . Esto es debido a que para escuchar un sonido de 100Hz , a igual relación con uno de 500Hz , se necesitaría más nivel de presión acústica para percibirlos con igual sonoridad. Es decir, para que un tono a 60Hz tuviera la misma sensación de sonoridad que un tono a 1KHz con una presión acústica de 40dB SPL , se necesitaría alrededor de 60dB SPL . Se comprenderá esto debido a la percepción auditiva no lineal, en el espectro de frecuencias, del oído humano según el nivel de presión acústica. Es por eso que se tiene las llamadas curvas de igual sonoridad, o curvas isofónicas. (Casado, 2011)

1.8.3 Nivel equivalente continuo o Nivel de presión sonora continuo

El Leq o Nivel de presión sonora continuo se define como el nivel de un ruido continuo que contiene la misma energía que el ruido medido, y consecuentemente también posee la misma capacidad de dañar el sistema auditivo. Una de las utilidades por tanto de este parámetro es poder comparar el riesgo de daño auditivo ante la exposición a diferentes tipos de ruido. Este parámetro es básico para cualquier medida de ruido y su definición se encuentra en la mayoría de las normas de medida de ruido y de la legislación actual, tal como el D.E 2393 donde se menciona este parámetro como *nivel sonoro*. El Leq ponderado A se denota como LAeq. (Departamento de Teoría do Sinal e Comunicacões, s.f)

El LAeq se calcula a partir del valor cuadrático medio de la presión sonora ponderada A, dado en la ecuación 1. Si bien muchos equipos como los sonómetros integradores muestran este valor directamente calculado durante la medición, en caso de registrarse manualmente el nivel de presión sonora, la fórmula serviría para el cálculo manual del mismo.

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \left[\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} \left(\frac{P_A^2(t)}{P_{ref}^2} \right) \cdot dt \right] (dBA) \quad (1)$$

Donde:

P es la presión medida en pascales.

Pref es la presión de referencia en pascales.

T es el período de observación en un momento determinado.

Muchos equipos proporcionan el Leq cada tiempo (ti). Si todos los intervalos de muestreo son de la misma duración, $\Delta t_i = \Delta t$, el Leq se puede calcular en base a la siguiente ecuación.

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{\frac{L_{Aeq}}{10}} (dBA) \quad (2)$$

Donde:

N es el número total de mediciones realizadas.

1.8.4 Exposición al ruido y sordera ocupacional.

En países en vías de desarrollo como el Ecuador, el ruido industrial es un riesgo subestimado a pesar de ser omnipresente. El impacto del efecto del ruido sobre la salud de los trabajadores concierne la alteración de la salud tanto física como mental, siendo la disminución de la capacidad auditiva o hipoacusia, la consecuencia más perjudicial en la salud de los trabajadores. La hipoacusia neurosensorial inducida por exposición al ruido es uno de los problemas más comunes en la población laboral. Se ha demostrado en varios estudios que la exposición crónica a altos niveles de ruido por más de 8 horas diarias, hace que los trabajadores sean más propensos a desarrollar a largo plazo disminución auditiva que precede la pérdida total de la audición. La exposición continua o repetitiva a altas frecuencias auditivas destruye fácilmente y progresivamente las células y nervios del oído interno. (Gómez, y otros, 2012)

La pérdida auditiva ocasiona por exposición al ruido puede mencionarse como de dos tipos. El primero como un trauma acústico, que es causado por un ruido único, de corta duración, pero de muy alta densidad, y resulta en una pérdida repentina y generalmente muy dolorosa. El segundo tipo es la hipoacusia neurosensorial inducida por ruido, por exposición crónica a ruidos de no tan alta densidad; el mecanismo por el cual esta exposición causa lesión es por destrucción de las estructuras del oído medio y puede ser acompañado por otros síntomas como acufenos, disminución de la capacidad de discriminación, distorsión de los sonidos. La exposición constante a ruidos puede causar cefalea, cansancio y mal humor. Cuando se habla del efecto nocivo del ruido, debe considerarse aspectos como la susceptibilidad de cada persona, por la cual unos oídos, son dañados más fácilmente que otros, igualmente factores como la pigmentación de la piel, la edad, son decisivos, y factores como el tabaquismo, enfermedades cardiovasculares, diabetes, hipercolesterolemias, pueden ser inespecíficos. (López, Fajardo, Chavolla, Mondragón, & Robles, 2000)

1.9 Marco Legal

La Constitución y el Código de Trabajo de la República del Ecuador no hace referencia a la regulación de los niveles de ruido permisibles, explícitamente se debe citar al D.E 2393 del IESS para regular los niveles sonoros y tiempos de exposición permitidos al ruido, los cuales permitirán evaluar la exposición al ruido.

En los procesos industriales donde existan o se liberen contaminantes físicos, químicos o biológicos, la prevención de riesgos para la salud se realizará evitando en primer lugar su generación, su emisión en segundo lugar, y como tercera acción su transmisión, y sólo cuando resultaren técnicamente imposibles las acciones precedentes, se utilizarán los medios de protección personal, o la exposición limitada a los efectos del contaminante.

Según el D.E 2393, para el caso de ruido continuo, los niveles sonoros, medidos en decibeles con el filtro A en posición lenta, que se permitirán, estarán relacionados con el tiempo de exposición según la tabla 2.

Tabla 2. Niveles sonoros y tiempos de exposición permitidos

Nivel sonoro (dBA)	Tiempo de exposición por jornada/hora
85	8
90	4
95	2
100	1
110	0,25
115	0,125

Fuente: IESS, D.E 2393 (1986)

De igual manera en el artículo 55, inciso 8 del D.E 2393 se menciona que: los conductos con circulación forzada de gases, líquidos o sólidos en suspensión, especialmente cuando estén conectados directamente a máquinas que tengan partes en movimiento, siempre y cuando contribuyan notablemente al incremento de ruido y vibraciones, estarán provistos de dispositivos que impidan la transmisión de las vibraciones que generan aquellas mediante materiales absorbentes en sus anclajes y en las partes de su recorrido que atraviesen muros o tabiques. El numeral 8 del artículo 55 menciona que los

trabajadores sometidos a condiciones de ruido deben ser anualmente objeto de estudio y sometidos a control audiométrico. (IESS, 1986, págs.24,25)

El Acuerdo Ministerial 028 del Ministerio del Ambiente se refiere en su Art. 229 a la evaluación, control y seguimiento del ruido, mencionando que la Autoridad Ambiental Competente podrá evaluar en cualquier momento por medio de muestreos del ruido ambiente y/o de fuentes de emisión de ruido. Para que el muestreo sea válido se señalará para tal efecto las fuentes utilizadas diariamente y las potencias en las que funcionan. En el Art. 231 de este acuerdo que los Sujetos de Control, tales como una industria, que generen ruido deberán contemplar todas las alternativas metodológicas y tecnológicas con la finalidad de prevenir, minimizar y mitigar la generación de ruido. (Ministerio del Ambiente, 2015)

CAPÍTULO 2: METODOLOGÍA

2.1 Mapa Conceptual

La figura 5 muestra el camino a seguir para la consecución de los objetivos planteados.

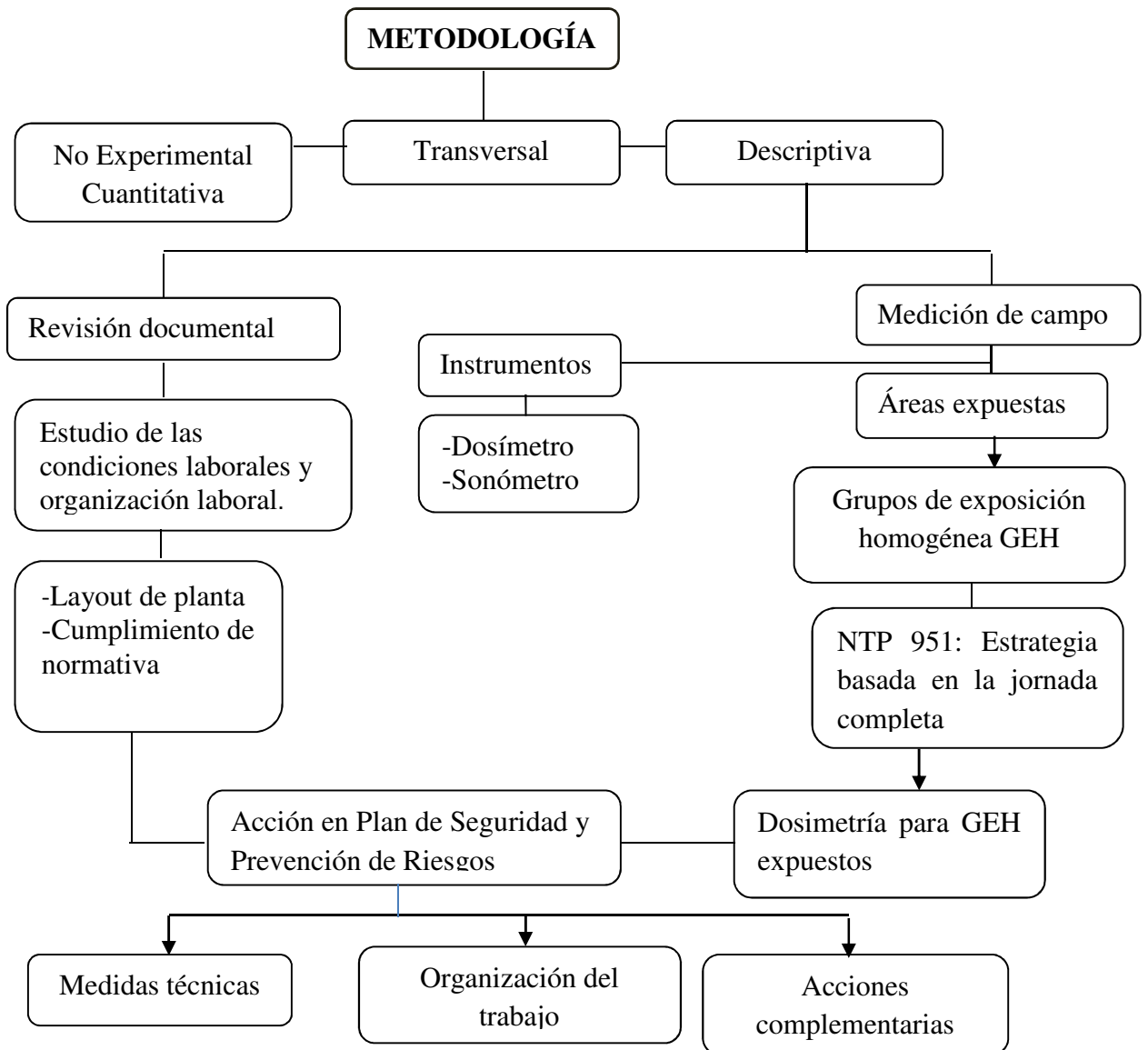


Figura 5: Mapa conceptual de metodología.

2.2 Metodología y Estrategia

El presente es un estudio no experimental, cuantitativo, descriptivo y transversal. Es descriptivo, no experimental porque es basado en la observación y el comportamiento normal de fenómenos como los factores de riesgo físicos, en este caso el ruido, el cual no es manipulado en el transcurso de este estudio, es decir no se tiene control de las variables durante el estudio. Es cuantitativo debido a que se realizará mediciones que proporcionen la cuantificación del problema en estudio detallado en los resultados a obtenerse. Finalmente, es transversal ya que se medirá la exposición al ruido en un determinado episodio temporal.

Como pauta general de caracterización del ruido se efectuarán mediciones puntuales en bandas de octava de las principales máquinas de la planta de producción que serían las fuentes fijas de ruido, las mediciones se realizarán en el molino, en la peletizadora y en el molino cuando el silo está llenándose de maíz. El procedimiento de medición se realizó tal como se recomienda en el Acuerdo Ministerial 028 para fuentes fijas de ruido.

Se buscó metodologías para buscar conseguir los objetivos planteados: caracterizar y evaluar el ruido, por lo que inicialmente se buscó métodos para medir el ruido enfocándose al aspecto laboral. Los primeros resultados de la búsqueda fueron las Normas técnicas de Prevención (NTP) 950, 951 y 952 del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), las cuales guardan estrecha relación con la ISO 9612:2009 referida como el Método de Ingeniería para la Determinación de la Exposición al Ruido Ocupacional. Adicional, se revisó normativa nacional encontrándose la NTE INEN-ISO 9612 que se refiere a la ISO 9612:2009 y el Acuerdo Ministerial 028 del Ministerio del Ambiente que sustituye al Libro VI del texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS), donde se estable niveles máximos de emisión de ruido emitido al ambiente para fuentes fijas y fuentes móviles; así también esta norma técnica establece procedimientos para determinar el cumplimiento de los niveles permisibles de ruido.

En base a lo anteriormente descrito; se utilizará una matriz de decisión para validar y dar peso a la metodología a emplearse, esta matriz se detalla en la tabla 3, donde se

muestra los diferentes métodos propuestos y la valoración ponderada, resultando las NTP 950, 951 y 952 las de mejor puntuación y valoración.

Las NTP 950, 951 y 952 del INSHT se complementan entre sí para desarrollar las estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido, la NTP 950 menciona sobre la incertidumbre de la medición, la NTP 951 trata sobre las estrategias de medición y la NTP 952 muestra ejemplos de aplicación.

En cuanto a la elaboración del plan de mejora, se utilizará la NTP 960 como guía para estructurar éste plan y para proponer medidas técnicas y de organización.

Tabla 3. Matriz de decisión para la selección de la metodología a utilizarse

VARIABLE DE VIABILIDAD	MÉTODO			PONDERACIÓN	MÉTODO PONDERADO		
	M1	M2	M3		M1	M2	M3
FACTIBILIDAD DE APLICACIÓN	10	8	5	0,8	8	6,4	4
FACILIDAD DE CONSEGUIR	10	8	10	0,7	7	5,6	7
COSTO	10	10	5	1	10	10	5
PERSONAL CALIFICADO	10	10	10	0,5	5	5	5
TOTAL	40	36	30	3	30	27	21

Donde:

M1 es las NTP 950, 951 y 952 del INSHT.

M2 es la NTE INEN-ISO 9612 del Instituto Ecuatoriano de Normalización.

M3 es el dado en el Acuerdo Ministerial 028 del registro oficial de la República del Ecuador.

En la figura 6 se muestra el diagrama con la metodología global para la medición de ruido en base a la NTP 951, y a partir de ésta las estrategias posibles: basada en la tarea, basada en el puesto de trabajo o basada en la jornada completa. La NTP 951 estructura la metodología, en la que, en primer lugar, conviene realizar un análisis de las condiciones de trabajo lo más exhaustivo posible, estudiando las características de la empresa, constatando la información con observaciones propias y con entrevistas a los jefes y trabajadores existentes. Es importante conocer si existe una evaluación de la exposición al ruido previa.

Con todo ello, se debe:

1. Delimitar en qué áreas, puestos de trabajo y trabajadores se deberá llevarse a cabo la evaluación de la exposición al ruido.
2. Constituir Grupos de exposición homogénea (GEH).
3. Tener en cuenta si existe la posibilidad de que ocurran episodios de ruido significativos en la jornada de trabajo. (INSHT, 2012)

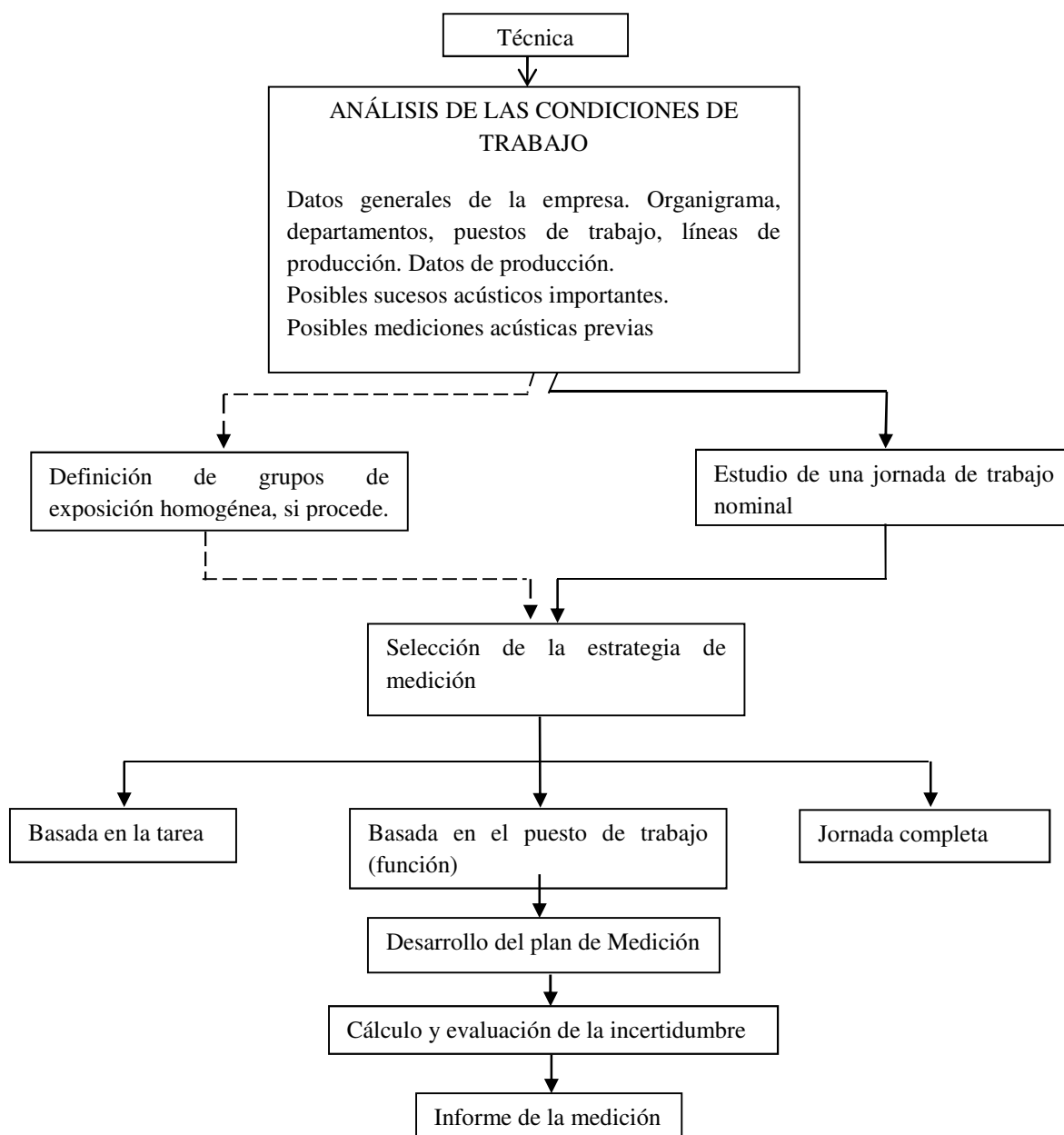


Figura 6: Metodología de actuación para la medición de ruido.

Fuente: NTP 951 del INSHT, 2012

2.2.1 Grupos de exposición homogénea (GEH)

Tal como se menciona en la NTP 951, se entenderá como un grupo de exposición homogénea a un grupo de trabajadores asignados a puestos de trabajo o tareas similares que están expuestos de forma análoga a fuentes de ruido semejantes. La definición de un GEH requiere del criterio profesional de un técnico de prevención en base a la información recabada con anterioridad. Estos grupos pueden constituirse siguiendo diferentes criterios: en función del puesto de trabajo, de la tarea a desarrollar, del área de trabajo o incluso según el proceso productivo. Su constitución permite muestrear sobre un número representativo de trabajadores de exposición similar. Sin embargo, se trata de un proceso complejo ya que, por un lado, GEH demasiado grandes supondrán exposiciones no del todo homogéneas y, por otro lado, GEH demasiado pequeños conllevarán un mayor esfuerzo de medición. Un GEH puede estar constituido por un solo trabajador, si su exposición es muy específica.

2.2.2 Estudio de las condiciones de trabajo y organización laboral de la Planta de Alimentos Balanceados

Para empezar el estudio de la organización laboral inicialmente se mencionará que el horario de trabajo es de lunes a viernes de 8H00 a 17H00 con una hora de almuerzo de 13H00 a 14H00 y 10 a 15 min de receso entre las 10H00 y 11H00, el cual lo toman organizadamente uno a uno o en parejas de tal forma que no se interrumpa la producción. También hay la posibilidad de horario extraordinario de producción adelantando el horario de entrada y/o extendiendo el horario de salida. Actualmente se laboran los días sábados de 8H00 a 13H00.

Según el Coordinador de Calidad, Seguridad y Salud Ocupacional, NO EXISTEN mediciones preliminares acústicas por lo que la exposición al ruido no ha sido evaluada previamente.

Los principales eventos acústicos son los ya mencionados en la Justificación de este trabajo, sección 1.7, entre los más importantes son cuando se descarga materia prima en los silos pulmón y en las piscinas de almacenamiento, principalmente cuando se trata de maíz

el ruido generado es considerable. Estos eventos suceden al menos dos veces durante la jornada laboral.

En cuanto a la producción, se fabrica entre los diferentes productos entre 90-110 toneladas diarias, siendo el producto de mayor demanda el alimento balanceado para aves con una participación del 94-96% (ver sección 1.2.1).

La planta de alimentos balanceados se divide en varias las áreas o departamentos:

2.2.2.1 Área de producción

Se conoce esta área como la principal de la planta ya que es el área donde se produce casi todos los productos que fabrica la empresa, excepto los que se mezclan en el área conocida como Bodega 1, que son productos especiales fruto de una mezcla con productos principales detallados en la sección 1.2.1. Esta área constituye la parte industrial ya que es donde se encuentran la mayoría de equipos para producción tales como: tolvas, mezcladora, silos pulmón, molido, peletizadora, envasadora, cocedora, entre otros.

En el área de producción trabajan un grupo de 10 trabajadores distribuidos en diferentes tareas como: ensacado (1 trabajador), cocido (1 trabajador), auxiliar de banda transportadora (1 trabajador), estibado (2 trabajadores), empaque y etiquetado (2 personas), montacargas (1 trabajador), peletizadora (2 trabajadores).

En cuanto a la rotación actividades, en toda la planta se tiene la política de rotación entre áreas cada 15 días, sin embargo, en el área de producción hay puestos fijos como los de empaque y etiquetado, montacargas y peletizadora. Los demás rotan cada 15 días y entre el ensacador y el cocedor rotan cada dos horas en la jornada laboral. Cada hora de producción existe la posibilidad de realizar una pausa no más de 10 min cuando se termine todo el producto de la tolva y se disponga nuevamente el llenado, tiempo que aprovechan los trabajadores para hidratarse o realizar pequeñas actividades de limpieza y/o mantenimiento.

2.2.2.2 Área de núcleos

Esta área se conoce también como de vitaminas o preparación de núcleos, consiste prácticamente en una habitación donde se mezcla manualmente los microingredientes tal como se mencionó en la sección 1.2.2.8. Esta área se encuentra prácticamente dentro del área productiva anexa a los silos pulmón, trabajan 2 operadores quienes rotan con los de otra área cada 15 días.

2.2.2.3 Área de recepción de materia prima

Como es lógico esta área se encuentra en la entrada de la planta en el área adyacente a los silos de almacenamiento, aquí trabajan 2 operadores que igualmente rotan cada 15 días y con la posibilidad de recibir apoyo de otros 2 operadores que generalmente son los del área de limpieza.

2.2.2.4 Área de Bodega 1

En esta área se encuentra junto al área de recepción de materia prima y consiste en una bodega de producto terminado y subproductos donde también pueden obtenerse productos o maquila especial. Igualmente, aquí se pueden despachar producto como maíz en grano el cual lo solicitan ciertos clientes. Aquí laboran 2 trabajadores quienes también son encargados de recepción de materia prima cuando la demanda amerite y también pueden recibir el apoyo de las 2 personas del área de limpieza. Esta área rota cada 15 días con otras áreas.

2.2.2.5 Área de Limpieza

Son 2 operadores para el desarrollo de tareas de limpieza de áreas y máquinas, sin embargo, con frecuencia son un comodín para brindar apoyo a otras áreas, principalmente al área de recepción de materia prima. La rotación es cada 15 días con otras áreas.

2.2.2.6 Mantenimiento

Esta área brinda su soporte en tareas de mantenimiento y funcionamiento de maquinaria, equipos e instalaciones en toda la planta, incluso pueden dar apoyo al área de producción o de recepción de materia prima cuando lo amerite. Son 4 operadores quienes son fijos en esta área excepto cuando se solicite su apoyo en otras áreas.

2.2.2.7 Área Administrativa

Las oficinas de la planta de alimentos balanceados en estudio se encuentran en el segundo piso a un lado de la planta de producción, tiene conexión con el área productiva por medio de escaleras, las mismas que se conectan también con las tolvas y otros equipos con fines de mantenimiento. En esta área trabajan 12 personas, 9 en el espacio antes mencionado y 3 en una oficina junto al área de recepción de materia prima.

De los 12 trabajadores del área administrativa, 8 realizan actividades de planta rutinarias, combinándolas con tareas administrativas, éstas son: Jefe de Recursos Humanos, Jefe de Producción, Jefe de Producción, Coordinador de Calidad, Seguridad y Salud Ocupacional, Inspector de Calidad, Analista de Control de Calidad y Supervisor de Producción.

El Analista de Control de Calidad, el Supervisor de Producción y el Inspector de Control de Calidad son los que más tiempo pasan en planta, aproximadamente dividen su jornada 50-50 entre el trabajo de planta y administrativo.

2.2.3 Definición de los grupos de exposición homogénea GEH

En base al estudio de las condiciones de trabajo y la organización laboral se propone la constitución de siete GEH, de los cuales los grupos de Producción y de Núcleos son los directamente expuestos al ruido en la jornada laboral. La tabla 4 muestra el número de trabajadores que constituye cada GEH.

Tabla 4. Número de trabajadores en cada GEH de la planta de alimentos balanceados

GEH	No. Trabajadores
Producción	10
Núcleos	2
Recepción Materia Prima	2
Bodega 1	2
Área de limpieza	2
Mantenimiento	4
Administrativo	12

Debido a que los principales eventos acústicos se generan en el área de producción los GEH específicos a estudiarse son: GEH Producción y GEH Núcleos.

2.2.4 Estrategias de medición

LA NTP 951 explica tres tipos de estrategia para la medición y valoración de la medición al ruido. Estas estrategias son: basada en la tarea, basada en el puesto de trabajo (función) y jornada completa.

2.2.5 Estrategia basada en la tarea

La NTP 951 menciona que en esta estrategia, la jornada de trabajo nominal estudiada debe poder dividirse en tareas u operaciones diferentes y concretas, de manera que durante la realización de cada una de ellas el trabajador tenga una exposición al ruido similar, es decir, que se obtengan valores de Nivel de presión acústica equivalente ($L_{Aeq,T}$) homogéneos en período T.

Para aplicar esta estrategia se debe tener en cuenta:

- Amplio y profundo conocimiento de las condiciones de trabajo.
- Tener en cuenta los posibles episodios de exposición a ruido significativos y asegurarse de que están incluidos en las tareas definidas y en los períodos de medición.

- La estimación de la duración de la tarea es fundamental y es un factor de incertidumbre a calcular posteriormente.
- Tiempos de medición cortos, menor esfuerzo de medición que las otras estrategias.

Cuando resulta aplicable, esta estrategia aporta una valiosa información sobre las contribuciones de las diferentes tareas al nivel de exposición diario global. Esto es gran ventaja si el objetivo es priorizar actuaciones preventivas en el marco de un programa de control de la exposición al ruido. Asimismo, esta estrategia permite la posibilidad de calcular el nivel de exposición al ruido de jornadas de trabajo diferentes a aquéllas en las que se han llevado a cabo las mediciones propiamente dichas, en función de la distribución y la duración de las tareas definidas.

Para obtener el $L_{Aeq,T,m}$, se debe en primer lugar medir para cada tarea, m , el $L_{Aeq,T,m}$ correspondiente. La duración de cada medición se prolongará lo suficiente como para que sea ésta representativa de la exposición al ruido durante el desarrollo de la tarea en cuestión. En este sentido, se deben seguir las siguientes indicaciones:

- Si la tarea dura menos de 5 minutos, la duración de cada medición será equivalente a la duración de la tarea.
- Para tareas de más de 5 minutos, la medición durará, al menos, 5 minutos.
- Si el ruido es cíclico a lo largo de la tarea, cada medida debe cubrir, al menos, 3 ciclos bien definidos. Si la duración de 3 ciclos definidos es menor de 5 minutos, cada medida debe durar, al menos, 5 minutos.
- La duración de cada medición debe corresponderse siempre con la duración de un determinado número de ciclos enteros.
- También puede optarse por tiempos de medición menores en los casos en los que el nivel de ruido sea constante o bien la tarea contribuya muy poco al nivel de exposición global.

En cuanto al número de mediciones a realizar, la norma considera que deben llevarse a cabo, al menos, 3 medidas. Atendiendo a los resultados de estas 3 mediciones, si los valores difieren en 3 dB o más se deberá:

- a) Llevar a cabo 3 o más mediciones de la tarea,
- b) o bien revisar la definición de las tareas y subdividir en tareas más sencillas,
- c) o bien repetir las medidas, pero con mayores tiempos de medición.

El $L_{Aeq,T,m}$ para cada tarea se calcula en base a la ecuación 3.

$$L_{Aeq,T,m} = 10 \log \left[\frac{1}{I} \sum_{i=1}^I 10^{0,1 * L_{Aeq,T,mi}} \right] dB(A) \quad (3)$$

Donde $L_{Aeq,T,mi}$ es el nivel de presión sonora continuo equivalente obtenido en cada medición y I es el número total de mediciones de la tarea llevadas a cabo.

Para el cálculo del nivel equivalente de ruido diario en base a esta estrategia puede usarse la ecuación 4.

$$L_{Aeq,d} = 10 \log \left[\sum_{m=1}^M \left(\frac{T_m}{T_0} \right) * 10^{0,1 * L_{Aeq,T,m}} \right] dB(A) \quad (4)$$

2.2.6 Estrategia basada en el puesto de trabajo

Para evaluar correctamente la exposición de un GEH, en este caso los posiblemente expuestos, se utilizará esta estrategia que es útil cuando no es sencillo describir el patrón de trabajo y dividirlo en tareas bien definidas. También se aplica cuando no resulta práctico llevar a cabo un análisis de las condiciones de trabajo muy detallado y, por lo tanto, no es necesario un conocimiento de las mismas tan exhaustivo como ocurría en el caso de la estrategia por tareas. Se realizan mediciones aleatorias entre los diferentes trabajadores que ocupan puestos de trabajo equivalentes. El desarrollo de esta estrategia conlleva un mayor tiempo de medición pero el resultado final suele presentar una incertidumbre menor. (INSHT, 2012)

Según la NTP 951, debe definirse la duración mínima de la medición en función del número de trabajadores que constituye el GEH, esto puede calcularse en base la tabla 5.

Tabla 5. Duración mínima de la medición en función del número de trabajadores del GEH

Número de trabajadores del GEH n_G	Duración mínima acumulada de la medición a distribuir entre los miembros del GEH
$n_G \leq 5$	5h
$5 \leq n_G \leq 15$	$5h + (n_G - 5) \times 0,5 h$
$15 \leq n_G \leq 40$	$10h + (n_G - 15) \times 0,25 h$
$n_G > 40$	17h ó subdividir el GEH

Fuente: NTP 951 del INSHT (2012)

Según esta estrategia se deben realizar al menos 5 mediciones, en base a esto y la duración mínima acumulada, se determinará la duración de cada medida de tal manera que se cumpla con la duración mínima acumulada obtenida de la Tabla 5. Por ejemplo, si el GEH es de 15 trabajadores, la duración mínima de la medición sería 10 horas, entonces debe realizarse al menos 5 mediciones de 2 horas escogiendo aleatoriamente 5 trabajadores del GEH.

Para obtener el $L_{Aeq,Te}$ correspondiente a cada puesto de trabajo definido en el marco de un GEH se calculará mediante la ecuación 5:

$$L_{Aeq,Te} = 10lg \left[\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N 10^{0.1 * L_{Aeq,Tn}} \right] (dbA) \quad (5)$$

Donde:

$L_{Aeq,T,n}$ es el nivel de presión sonora continuo equivalente obtenido en cada medición y N es el número total de mediciones del puesto de trabajo llevadas a cabo.

Es importante señalar que el valor de T_e se define como el correspondiente a la duración efectiva de la jornada de trabajo y, por lo tanto, NO es el de la duración de cada medición individual realizada sobre los miembros del GEH, según los cálculos de la Tabla 5. En la ecuación 6 se promedia a 8 horas para obtener el $L_{Aeq,d}$ en el marco de la estrategia basada en el puesto de trabajo.

$$L_{Aeq,d} = L_{Aeq,Te} + 10lg \left(\frac{T_e}{T_o} \right) (dbA) \quad (6)$$

Las muestras, mediciones y resultados obtenidos serán documentados mediante registros físicos, digitales y fotográficos, de manera que puedan aportar con estadísticas cuantitativas y cualitativas reales para la ejecución del Plan de Seguridad y Prevención de Riesgos Laborales que mantenga la empresa.

2.2.7 Estrategia basada en la jornada completa

Esta estrategia cubre la jornada de trabajo por entero, incluyendo tanto exposiciones elevadas al ruido como períodos de menor nivel. La estrategia basada en la jornada completa resulta útil cuando no es sencillo o práctico el describir o dividir el patrón de trabajo, al igual que ocurría en el caso de la estrategia basada en el puesto de trabajo. Por ello, requiere un menor esfuerzo de análisis de las condiciones de trabajo, pero, a cambio, supone mayor esfuerzo de tiempo de medición. Se recomienda especialmente cuando la exposición al ruido se desconoce en mayor o menor grado, o bien es impredecible o excesivamente compleja. Se emplea también cuando quieren cubrirse todas las contribuciones a la exposición al ruido con total seguridad. Sin embargo, precisamente por este motivo, hay un mayor riesgo de registrar contribuciones falsas. Para minimizar este riesgo, conviene observar al trabajador durante el desarrollo de la medición, en la medida de lo posible, o bien preguntarle a la finalización de la jornada por las tareas desarrolladas y/o las ubicaciones en las que ha trabajado.

Los instrumentos más comúnmente empleados en esta estrategia son los dosímetros. Se recomienda además el empleo de instrumentos de medición personal dotados con registro temporal de la exposición, con el objeto de revisar dicho historial con el trabajador al final del turno y confirmar la actividad laboral desarrollada por éste. De esta forma, además, podrán eliminarse contribuciones irrelevantes e incluso detectar las tareas de mayor exposición. Asimismo, es recomendable la realización de entrevistas con los trabajadores y los supervisores e incluso la realización de mediciones puntuales para verificar los niveles de exposición al ruido registrados por los dosímetros, todo ello con el objetivo de confirmar, en la medida de lo posible, la validez de las mediciones. También se contempla la posibilidad de medir determinadas tareas con objeto de contrastar los datos obtenidos, en base al estudio de una jornada completa.

Deben realizarse tres mediciones en tres jornadas de trabajo representativas de la exposición al ruido. Aunque, siempre que sea posible, debe cubrirse la jornada completa de trabajo, hay ocasiones en las que esto no es posible. En esos casos, se medirá la mayor parte de la jornada que sea factible, asegurándose de cubrir todos los períodos de exposición significativa. Si los resultados de las tres jornadas medidas difieren en 3 dB o más, deberán medirse, al menos, dos jornadas más.

Según esta estrategia se puede emplear la ecuación (5) para calcular los diferentes $L_{Aeq,T}$ registrados y posteriormente, mediante la ecuación (6) se obtiene el $L_{Aeq,d}$.

2.2.8 Selección de la estrategia

La NTP 951 recomienda revisar muchos factores para la selección de la estrategia, así factores como el objeto de la medición, la complejidad de las condiciones de trabajo, el número de trabajadores expuestos, la duración de la exposición a lo largo de la jornada de trabajo, e incluso del tiempo disponible por el técnico de prevención para la medición en sí misma y para el posterior análisis de los resultados. Así mismo, la selección se basará en el conocimiento previo de la exposición al ruido de que se disponga. En este sentido se trata de que la estrategia de medición seleccionada proporcione mediciones de ruido representativas y se pueda evaluar la exposición de los trabajadores en estudio considerando todas las contribuciones de ruido como la descarga de maíz en los silos pulmón, operación muy mencionada en este trabajo.

Se realizó lista de chequeo basada en el cumplimiento de las recomendaciones de aplicabilidad que menciona cada estrategia, la tabla 6 muestra esta lista.

Conociendo ya profundamente la operación en el área de producción se puede inicialmente concluir que la estrategia basada en la jornada completa sería la que considera todas las contribuciones de ruido ya que eventos como la descarga de maíz en los silos dependen de las necesidades de producción y del criterio del Supervisor de producción.

En conclusión y tal como se ve en la lista de chequeo, la que mejor cumplimiento de aplicabilidad tiene es la estrategia basada en la *jornada completa*, ya que la exposición del

ruido no es similar y varía en determinados episodios, especialmente cuando se realiza la alimentación de silos pulmón de materia prima (maíz, soya).

2.3 Incertidumbre de la medición para la estrategia basada en la jornada completa

Una vez escogida la estrategia la NTP 951 contempla el cálculo de la incertidumbre de la medición. Para el caso de la estrategia basada en la jornada completa aplica las mismas ecuaciones de cálculo de la incertidumbre basada en el puesto de trabajo, es por eso que se revisará los parámetros correspondientes para el cálculo de la misma.

Tabla 6. Lista de chequeo basada en el cumplimiento de recomendaciones de la NTP 951

ESTRATEGIA	CRITERIO	CUMPLE	NO CUMPLE
Estrategia 1: Basada en la tarea	Se puede dividir en tareas de exposición al ruido similar		X
	Se conoce amplia y profundamente las condiciones de trabajo		X
	Se consideran episodios significativos de ruido dentro de las tareas		X
Estrategia 2: Basada en el puesto de trabajo	No es sencillo describir el patrón de trabajo y dividirlo en tareas bien definidas	X	
	No es necesario conocer amplia y profundamente las condiciones de trabajo	X	
	Se cubren todas las contribuciones a la exposición al ruido con total seguridad		X
Estrategia 3: Basada en la jornada completa	No es sencillo describir el patrón de trabajo y dividirlo en tareas bien definidas	X	
	No es necesario conocer amplia y profundamente las condiciones de trabajo	X	
	Se cubren todas las contribuciones a la exposición al ruido con total seguridad	X	

La NTP 951, realiza el cálculo de la incertidumbre combinada estándar para el nivel de exposición diario $\mu(L_{Aeq,d})$ a partir de las diferentes contribuciones c_i, μ_i de las diferentes componentes de incertidumbre, donde μ_i son los componentes de incertidumbre determinados por el número de mediciones, la clase de equipo, y la posición del micrófono; c_i es el coeficiente de sensibilidad.

En base a lo anterior, la ecuación 7 muestra la forma para obtener la incertidumbre estándar $\mu(L_{Aeq,d})$.

$$\mu^2(L_{Aeq,d}) = c_1^2 \mu_1^2 + c_2^2 (\mu_2^2 + \mu_3^2) \quad (7)$$

El valor del factor $c_1 \mu_1$ es función del número de mediciones, N , llevadas a cabo durante el muestreo y del valor de la componente de incertidumbre μ_1 asociada a los valores de $L_{Aeq,T,n}$, $L_{Aeq,T,n}$ obtenidos. De esta manera, el valor de μ_1 se calcula según la ecuación 8.

$$u1 = \sqrt{\frac{1}{N-1} \left[\sum_{n=1}^N (L_{A,eq,T,n} - \overline{L_{Aeq,T}})^2 \right]} \quad (8)$$

Dónde:

$L_{Aeq,T,n}$ es el nivel de presión sonora continuo equivalente obtenido en cada medición.

N es el número total de mediciones del puesto de trabajo llevadas a cabo.

$L_{Aeq,T}$ es la media aritmética de las N muestras de nivel de presión sonora equivalente realizadas.

Con μ_1 y el número total de mediciones N es posible conocer $c_1 \mu_1$ según la tabla 7.

En cuanto a μ_2 será de acuerdo al equipo de medición y μ_3 el que corresponda por posición del micrófono. Los coeficientes de sensibilidad c_2 y c_3 debidos, respectivamente al instrumento empleado y a la posición del micrófono valen ambos la unidad.

Finalmente, la incertidumbre expandida será la calculada por la ecuación 9.

Tabla 7. Valores de $c_1\mu_1$ para el cálculo de la incertidumbre de la medición

N	Incertidumbre Estándar u_1											
	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
3	0,6	1,6	3,1	5,2	8	11,5	15,7	21	26,1	32,2	39	46,5
4	0,4	0,9	1,6	2,5	3,6	5	6,7	8,6	10,9	13,4	16,1	19,2
5	0,3	0,7	1,2	1,7	2,4	3,3	4,4	5,6	6,9	8,5	10,2	12,1
6	0,3	0,6	0,9	1,4	1,9	2,6	3,3	4,2	5,2	6,3	7,6	8,9
7	0,2	0,5	0,8	1,2	1,6	2,2	2,8	3,5	4,3	5,1	6,1	7,2
8	0,2	0,5	0,7	1,1	1,4	1,9	2,4	3	3,6	4,4	5,2	6,1
9	0,2	0,4	0,7	1	1,3	1,7	2,1	2,6	3,2	3,9	4,6	5,4
10	0,2	0,4	0,6	0,9	1,2	1,5	1,9	2,4	2,9	3,5	4,1	4,8
12	0,2	0,3	0,5	0,8	1	1,3	1,7	2	2,5	2,9	3,5	4
14	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	1,2	1,5	1,8	2,2	2,6	3	3,5
16	0,1	0,3	0,5	0,6	0,8	1,1	1,3	1,6	2	2,3	2,7	3,2
18	0,1	0,3	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,5	1,8	2,1	2,5	2,9
20	0,1	0,3	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,4	1,7	2	2,3	2,6
25	0,1	0,2	0,2	0,5	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,7	2	2,3
30	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	2

Fuente: NTP 951 (2012)

$$U = k \mu(L_{Aeq,d}) \quad (9)$$

Donde k es el factor de cobertura que se extrae del nivel de confianza de una distribución normal y puede extraerse de la NTP 950.

Finalmente el resultado de la medición de exposición al ruido $L_{Aeq,d}$ será el proporcionado en la ecuación 10.

$$L_{Aeq,d} \pm U \quad \text{dBA} \quad (10)$$

2.4 Equipos e instrumentos

Para las mediciones de dosimetría, y tal como recomienda la NTP 951 se utilizó un Dosímetro, marca Casella, modelo CEL-350IS con fecha de calibración válida hasta el 26 de abril de 2016 (Anexo B). Este equipo está calificado como un instrumento de clase Tipo 2, una representación del mismo muestra la figura 7.



Figura 7: Dosímetro utilizado para las mediciones del nivel equivalente de ruido en la planta de alimentos balanceados en estudio

Fuente: <http://casella-es.com/higiene-industrial-ruido/>, 2016

Este equipo presenta las especificaciones técnicas que deben cumplir los dosímetros como los mencionados en la ANSI S1.25, cumple con los requerimientos de emisión e inmunidad electromagnéticas y no es necesario conectar dispositivos adicionales durante el uso normal. Todos los modos de funcionamiento tienen inmunidad similar a campos de energía y radio frecuencia. Las principales especificaciones se exponen en la tabla 8.

Tabla 8. Especificaciones técnicas del dosímetro utilizado para las mediciones

Especificación	Valor
Rango de funcionamiento lineal	65,0-140,0 dB (A)
Rango de medición de pico	95,0-143,0 dB (C o Z)
Rango de exposición sonora	0.01- 99999 %
Ponderaciones de frecuencia	A, C y Z
Ponderaciones de tiempo	Fast, Slow e Impulso
Amplitud	Q=3 ó Q=5dB,
Umbral	70-90dB en pasos de 1dB
Criterio	70-90dB en pasos de 1dB
Indicación de sobrecarga	140.2dB
Valor pico máximo	143.1dB
Tiempo de estabilización	3 segundos desde el encendido
Temperatura de funcionamiento	0 °C a +40 °C
Presión de funcionamiento	65 - 108kPa
Humedad de funcionamiento	30% - 90% (sin condensación)

Fuente: <http://casella-es.com/postvarticulos/cel-350-dbadge/>(2016)

Para las mediciones de ruido en las máquinas se utilizó un Sonómetro Integrador con análisis de bandas de octava de marca Casella, modelo CEL- 620B, calibrado con fecha de verificación del 26 julio de 2016. Una ilustración del mismo se presenta en la figura 8.



Figura 8: Sonómetro integrador utilizado

Fuente: <http://casella-es.com/higiene-industrial-ruido/>, 2016

Este equipo proporciona medición de nivel de presión sonora, integración y ruido de banda de octava cumpliendo las normas internacionales IEC 61672-1 2002-5 (Electroacústica – Sonómetros), IEC 60651: 1979, IEC 60804: 2000, y ANSI S1.4: 1983, ANSI S1. Las principales especificaciones técnicas se presentan en la tabla 9.

Tabla 9. Especificaciones técnicas del sonómetro utilizado para las mediciones

Especificación	Valor
Rango de funcionamiento lineal	20,0-140,0 dB
Rango de medición de pico	95,0-143,0 dB
Sesiones almacenadas	100
Ponderaciones de frecuencia	A, C y Z
Ponderraciones de tiempo	Fast, Slow e Impulso
Amplitud	Q=3, Q=4 ó Q=5dB,
Umbral	70-90dB en pasos de 1dB
Criterio	70-90dB en pasos de 1dB
Presión de funcionamiento	65 - 108kPa
Temperatura de funcionamiento	0 °C a +40 °C
Humedad de funcionamiento	5% - 90% (sin condensación)

Fuente: <http://casella-es.com/postvbarticulos/serie-cel-600/> (2016)

Los efectos de la humedad en los equipos mencionados son de menos de $\pm 0,5$ dBA sobre el rango de humedad de funcionamiento.

2.5 Plan de medición

Inicialmente se va a determinar los grupos de exposición homogénea en toda la planta, en base al estudio realizado de las condiciones de trabajo y organización laboral. Para ello, tal como recomienda la NTP 951 se entrevistó a jefes, supervisores y operadores corroborando observaciones realizadas en la planta, esta información está básicamente proporcionada en la sección 2.2.2 sobre el estudio de las condiciones y organización de trabajo donde se menciona que no existen evaluaciones previas de ruido.

Las entrevistas se realizarán en tres trabajadores de la planta: a un Operador de Producción, al Inspector de Calidad y al Coordinador de Calidad, Seguridad y Salud Ocupacional. El formato de encuesta usado para consultar las condiciones laborales de la planta y la información proporcionada se presenta en la tabla 10.

Para la estrategia basada en la jornada completa, la NTP 951 determina que se deben realizar 3 mediciones, cada una en jornadas diferentes para lo cual se determina en tiempos efectivos de la jornada de trabajo para los dos GEH en estudio que son: Producción y Núcleos. La tabla 11 muestra el Plan de medición a desarrollarse, teniendo que la misma NTP 951 determina que si hay diferencia de 3 dBA entre las mediciones de las tres jornadas diferentes, se deberá medir, al menos, dos jornadas más.

El siguiente paso es el cálculo del nivel de exposición equivalente y nivel de exposición diaria empleando las ecuaciones 4 y 5. Finalmente se determinará la incertidumbre de la medición como se indica en la sección 2.3.

Para las mediciones de ruido puntual se realizará las mediciones en las máquinas que son las principales fuentes de ruido, estas son: la peletizadora, el molino y el silo de maíz cuando se está llenando. Como el molino es anexo al silo se tomará mediciones separadas cuando el silo se está llenando y otra cuando no se está llenando.

Tabla 10. Información recolectada en encuestas

ÍTEM CONSULTADO	Juan Nuñez-Operador de producción	Jonathan Gómez-Inspector de Calidad	Marcelo Ramos-Cordinador de Calidad y Seguridad
<i>Frecuencia de rotación de puesto de trabajo</i>	Cada 15 días, excepto empaque y mantenimiento.	Cada 15 días, excepto empaque, mantenimiento y montacargusita.	Cada 15 días, excepto empaque, mantenimiento y montacargusita.
<i>Número de trabajadores en el área de producción por jornada de trabajo</i>	5 envasado, 2 etiquetado, 1 mantenimiento, 2 núcleos, 2 limpieza, 2 recepción de materia prima	8 producción, 1 peletizadora, 1 montacarguista, 2 etiquetado, 2 núcleos, 2 recepción de ,materia prima, 2 núcleos	8 producción, 2 etiquetado, 1 peletizadora, 1 montacarguista, 2 núcleos
<i>Tiempo de descanso durante el turno</i>	15 min de refrigerio de 10H00-11H00, 1 hora de almuerzo de 13H00 a 14H00	15 min de refrigerio de 10H00-11H00, 1 hora de almuerzo de 13H00 a 14H00	15 min de refrigerio de 10H00-11H00, 1 hora de almuerzo de 13H00 a 14H00
<i>Desplazamiento de lugar o actividades en tiempo de descanso</i>	Cada hora 5 min dentro del área de producción, por lo general a beber agua.	5 min cada hora, aleatorio mientras se llena la tolva. No se desplazan a otro lugar	Se desplazan dentro del área de producción
<i>Posibles molestias auditivas</i>	Ninguna aunque menciona el caso de un compañero que tiene problemas en escuchar	Ninguna que conoce	Dos casos de hipoacusia, y otro trabajadores suele decir que no escucha bien
<i>Uso de equipo de protección personal</i>	Personalmente solicitó orejeras para usar en conjunto con los tapones auditivos	Se proporcional el equipo de protección personal cuando se lo necesite	Algunos trabajadores en el área de producción no usan el equipo de protección personal, o lo usan en forma inadecuada

Tabla 11. Plan de medición según la estrategia basada en la jornada completa

GHE	No. Trabajadores	Duración de la medición (h)	
		Jornada efectiva de trabajo	No. Mediciones
Producción	10	7,8	3 en jornadas diferentes
Núcleos	2	7,8	3 en jornadas diferentes

Fuente: NTP 951 del INSHT (2012)

2.6 Dosimetría y Dosis de ruido diaria

Cuando el ruido está presente en toda una jornada laboral y hay variaciones del mismo se puede realizar una medición de ruido en unan jornada completa. Una dosimetría de ruido permite valorar una dosis de ruido. Una de las posibilidades de determinación de la Dosis de Ruido Diaria (DRD) en un puesto de trabajo, es medirla directamente durante un

tiempo de medición que abarque el 100% del tiempo de exposición del trabajador, utilizando un instrumento de medición sonora denominado Dosímetro de Ruido. Para entender qué se está midiendo cuando se mide la Dosis de Ruido se debe tener conocimiento y claridad con respecto algunos elementos teóricos involucrados y que deben tenerse en cuenta para la configuración del equipo como los niveles sonoros permitidos según el tiempo de exposición y la tasa de intercambio, para ello se debe validar parámetros con el D.E 2393.

Los tiempos permisibles de exposición al ruido se pueden calcular usando la ecuación 11, en este sentido se puede comparar con los valores proporcionados por el D.E 2393, tabulados en la tabla 2. Según esto se usa una tasa de intercambio de 5 dBA y el valor máximo permisible de 85 dBA. En este sentido se puede determinar el tiempo máximo permisible para un determinado LAeq.

$$T_{mp} = \frac{8}{2^{\frac{(LA_{eq,d}-85)}{5}}} \quad (11)$$

Donde T_{mp} es el tiempo máximo permisible en horas, y $LA_{eq,d}$ es el nivel de presión sonora continuo equivalente diario resultante.

Según la ANSI S1.25, se puede calibrar los equipos dosímetros para mostrar la dosis recibida por un trabajador, pero si el registro se realiza manual, la dosis estará determinada por la ecuación 12.

$$D = \frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \frac{C_3}{T_3} + \dots + \frac{C_n}{T_n} \quad (12)$$

Donde:

C es el tiempo total de exposición a un nivel sonoro específico y T es el tiempo total permitido a ese nivel.

2.7 Muestra y Universo

La planta de alimentos balanceados en estudio tiene 37 trabajadores entre operativos y administrativos, de los cuales 2 trabajadores tienen sede en un punto de venta fuera de la planta, de los 34 restantes, 26 trabajadores son operativos y 8 son netamente administrativos. De los trabajadores operativos, algunos comparten tareas de campo en planta y tareas administrativas en oficina.

La exposición al ruido está básicamente en el área de producción por lo que los trabajadores de ésta área son los expuestos y en ellos se basará el estudio de este trabajo. Físicamente estas áreas ocupan 10 trabajadores del área de producción y 2 trabajadores del área de Núcleos.

2.8 Resultados

Se procedió a realizar las mediciones según el plan descrito en la Tabla 2.4. Los trabajadores fueron elegidos aleatoriamente usando la función “ALEATORIO.ENTRE” de una hoja Excel de cálculo. Para el GEH de Núcleos por ser dos operadores se trabajó con los dos en las tres mediciones. Los trabajadores seleccionados y el plan de medición complementado se detallan en la tabla 12.

Tabla 12. Trabajadores seleccionados para mediciones de cada GEH

GHE	No. Trabajadores	Duración de la medición (h) Jornada efectiva de trabajo	No. Mediciones	Trabajadores Seleccionados para la medición.
Producción	10	7,8	3 en jornadas diferentes	Juan Núñez (1), Bryan Ibarra (2), Juan Benalcázar (3)
Núcleos	2	7,8	3 en jornadas diferentes	Gustavo Pérez (4), Pablo Herrera (5)

Las mediciones fueron realizadas entre el 23 de diciembre de 2015 y el 8 de enero de 2016, en época de producción alta. La temperatura ambiental de estos días y en la jornada de trabajo en el área de Producción estuvo entre 15 a 21 °C, la humedad relativa estuvo

entre 35 a 57 °C. Los resultados de los niveles de ruido equivalentes LA_{eq} se muestran en la tabla 13 y el detalle de los mismos se puede apreciar en el Anexo A.

Tabla 13. Nivel de ruido equivalente LA_{eq} medidos en las diferentes jornadas

Fecha	GEH	Trabajador	Duración de la medición	LA_{eq} (dBA)
23/12/2015	Producción	1	7:48:55	92
28/12/2015	Producción	2	7:48:00	89,8
29/12/2015	Producción	3	7:48:00	89,9
04/01/2016	Núcleos	4	7:48:00	85,7
05/01/2016	Núcleos	5	7:48:00	85,7
08/01/2016	Núcleos	4	7:48:00	86,4

Para cada GEH, los resultados de las mediciones no presentan diferencia de más de 3dBA entre las 3 mediciones realizadas, por lo cual de acuerdo a la NTP 951, no fue necesario realizar mediciones adicionales.

La figura 9 muestra los resultados de las dosimetrías de jornada completa realizadas en el GEH de Producción, mediciones realizadas en tres jornadas diferentes, también se sitúa como referencia el nivel sonoro continuo permitido en el Ecuador, según el D.E 2393, esto es 85 dBA para jornadas de 8 horas.

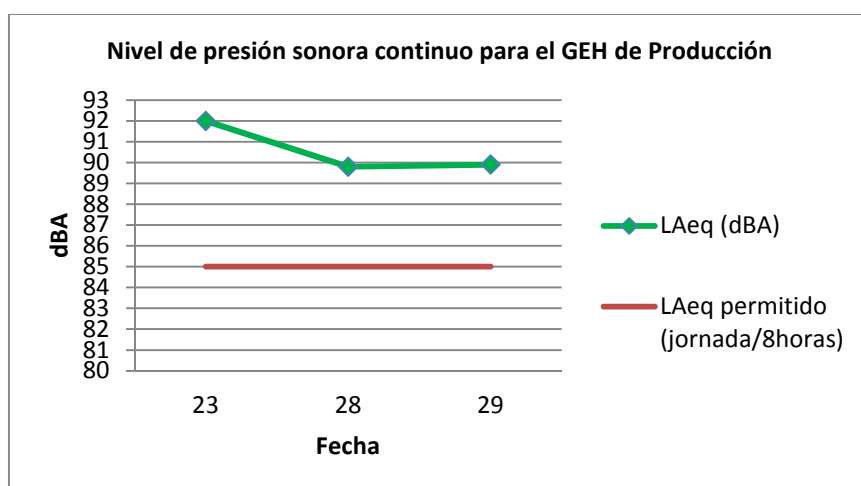


Figura 9: Resultados de las dosimetrías realizadas al GEH de Producción utilizando la estrategia basada en la jornada completa de la NTP 951

De la misma manera, los resultados de las dosimetrías realizadas en el GEH de Núcleos se muestran en la figura 10.

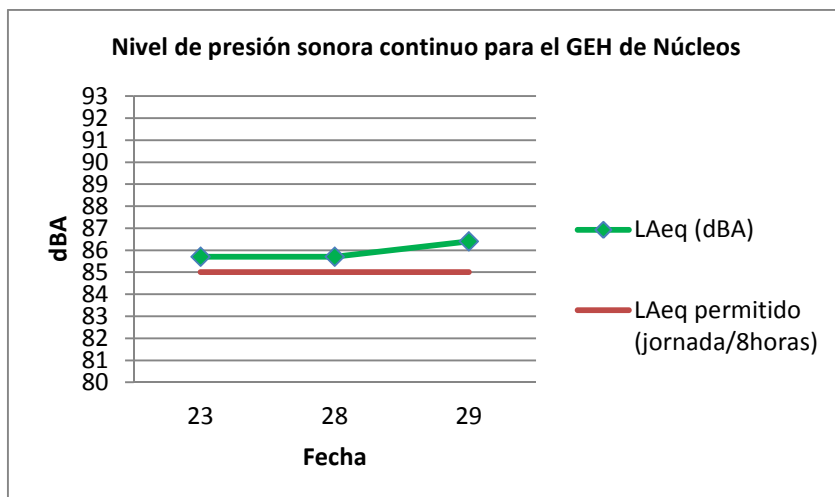


Figura 10: Resultados de las dosimetrías realizadas al GEH de Núcleos utilizando la estrategia basada en la jornada completa de la NTP 951

Con esto, se procede a calcular el $L_{Aeq,Te}$ y el $L_{Aeq,d}$ para cada GEH utilizando las ecuaciones 5 y 6 respectivamente, los resultados se muestran en la tabla 14.

Tabla 14. Nivel de ruido equivalente y diario en los GEH Producción y Núcleos

GHE	$L_{Aeq,Te}$ (dBA)	$L_{Aeq,d}$ (dBA)
Producción	90,7	90,6
Núcleos	85,9	85,8

El siguiente paso es el cálculo de la incertidumbre asociada a la medición, en primer lugar se calculará μ_1 en base a la ecuación 8 y con ello se extrapola los valores de $c_1\mu_1$ en base a la tabla 7, estos resultados se presentan en la tabla 15.

Tabla 15. Valores calculados de μ_1 y μ_1c_1 para el cálculo de la incertidumbre

GHE	$L_{Aeq,Te}$ (dBA)	$L_{Aeq,d}$ (dBA)	μ_1	μ_1c_1
Producción	90,7	90,6	1,24	2,2
Núcleos	85,9	85,8	0,4	0,4

A continuación, en base a la ecuación 7, se calcula la incertidumbre estándar μ , considerando que para la estrategia basada en la jornada completa $c_2=c_3=1$ y que según la NTP 950 la incertidumbre debida al instrumento μ_2 , en este caso dosímetro, es de 1,5 dB y la incertidumbre debida a la posición del micrófono es de 1,0 dB.

Finalmente, para el cálculo de la incertidumbre expandida U , se utiliza la ecuación 9 considerando los valores del factor de cobertura k para nivel de confianza del 95%, según la NTP 950 es de 1,96 para intervalo bilateral simétrico. Los resultados de incertidumbre estándar y expandida se completan en la tabla 16. Los valores de incertidumbre permiten establecer probabilidades de que estos GEH estén expuestos en mayor o menor proporción.

Tabla 16. Incertidumbre estándar y expandida asociada a la exposición al ruido de los dos GEH en estudio

GHE	$L_{Aeq,Te}$ (dBA)	$L_{Aeq,d}$ (dBA)	μ_1	$\mu_1 c_1$	μ	U bilateral
Producción	90,7	90,6	1,24	2,2	2,8	5,5
Núcleos	85,9	85,8	0,4	0,4	1,8	3,5

El resultado de la medición se expresa en base a la ecuación 10. Para el GEH de Producción se tiene:

$$L_{Aeq,d} \pm U = 90,6 \pm 5,5 \text{ dBA}$$

Y para el GEH de Núcleos se tiene:

$$L_{Aeq,d} \pm U = 85,8 \pm 3,5 \text{ dBA}$$

A partir de los valores de $L_{Aeq,d}$ resultantes se puede calcular la Dosis, para lo cual es necesario calcular el tiempo máximo permitido de exposición utilizando la ecuación 11 y con la ecuación 12 se calcula la Dosis diaria recibida, que sería simplemente la relación entre 8 h que corresponde a la jornada laboral y el tiempo máximo permitido, de esta manera se construye la tabla 17.

Tabla 17. Dosis diaria recibida en los GEH estudiados

GHE	$L_{Aeq,d}$ (dBA)	Tiempo máximo permitido (h)	Dosis calculada
Producción	90,6	3,7	2,2
Núcleos	85,8	7,2	1,1

Los resultados de las mediciones de ruido en las principales fuentes de ruido se presentan en la tabla 18, donde se incluye el análisis en las diferentes bandas de octava desde 16 a 16000 Hz. Mayor detalle se puede ver en el Anexo C.

Tabla 18. Nivel equivalente continuo en las principales fuentes fijas de ruido en planta de producción

Frecuencia (Hz)	Molino-Silo Maíz LAeq (dBA)	Molino LAeq (dBA)	Peletizadora LAeq (dBA)
16	21,1	18,6	22,9
31,5	41,5	39,4	44,8
63	53,5	51,4	54,7
125	64,4	62,1	65
250	79,8	73,2	75,2
500	86,3	80,2	81,9
1000	90,2	86,1	87,1
2000	90,5	86,6	87,4
4000	88,4	87,1	88,1
8000	85,2	85,5	86,4
16000	78,3	78,6	79,7
LAeq Promedio(dB)	95,8	92,8	93,8

Las mediciones fueron registradas durante el funcionamiento normal de las máquinas, siendo el llenado del silo de maíz un evento esporádico, se realizó una medición cuando el silo estaba llenándose y otra cuando sólo se encontraba funcionando el molino.

La figura 11 representa en forma gráfica la distribución a escala de las máquinas anteriormente mencionadas, esto con el fin de referenciar la ubicación de las principales fuentes fijas de ruido y en donde también puede apreciarse el área donde suelen permanecer la mayor parte de los trabajadores del GEH de Producción, desde luego hay que contar que hay trabajadores que se movilizan por otras áreas durante la jornada de trabajo.

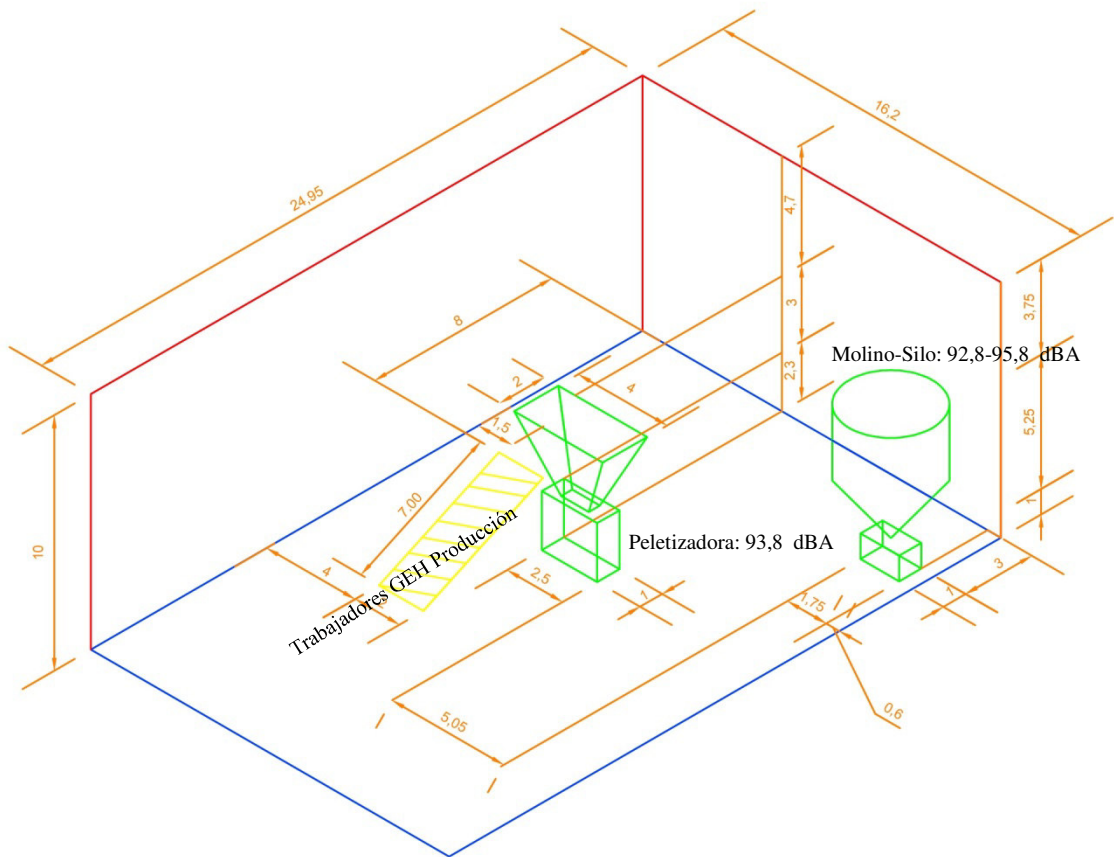


Figura 11: Mapa de principales fuentes fijas de ruido con valores de ruido emitido.
Dimensiones en metros.

2.9 Análisis y discusión de resultados.

Analizando los valores del nivel equivalente continuo ($L_{Aeq,d}$) se observa que exceden al permitido en la normativa local. En el caso del GEH de Producción el valor de $L_{Aeq,d}$ es superior al normado en 6,6% , mientras que en el GEH de Núcleos excede en un 0,94% .

Se observa que los dos GEH están realmente expuestos, con dosis de hasta el 220 % en el caso del GEH de producción y del 110% para el caso del GEH de núcleos, es decir los trabajadores del GEH de producción están expuestos aproximadamente al doble de niveles de ruido de lo que normalmente deberían recibir según el D.E 2393. En similar forma, los trabajadores de núcleos reciben ligeramente un exceso de dosis permitida por lo que se debe tomar medidas correctivas para reducir la dosis recibida por estos grupos de

trabajadores. Con esto es estrictamente necesario bajar la dosis a valores máximo de 1 (100%) para precautelar la salud de los trabajadores.

Los resultados de incertidumbre para el GEH de Producción muestran sin lugar a dudas que con probabilidad del 95% se supera el nivel máximo permisible de exposición, pues el nivel equivalente continuo estaría oscilando entre 85.1 dBA y 96.1 dBA, valores que caracterizan un ruido perjudicial. Para el caso del GEH de Núcleos, el nivel equivalente continuo estaría oscilando entre 82,3 dBA y 89,3 dBA, que si bien se puede hablar de que hay alta probabilidad de que estos trabajadores no estén expuestos, para efectos de prevención se optaría por considerar que se supera el nivel máximo permisible y realizar medidas correctivas.

Siendo los GEH de Producción y de Núcleos los trabajadores directamente inmiscuidos en el planteamiento del problema de este trabajo, se reafirma que estos grupos son los expuestos en la planta de alimentos balanceados. Tal como se menciona en la sección 2.2.2.2 los trabajadores de Núcleos se encuentran físicamente en un cuarto anexo al área de producción. Esta ubicación física y las características del puesto (alimentar de forma frecuente y manual a la mezcladora); y tal como se describe en la sección 1.2.2.8, es un factor que incide en un valor menor de porcentaje de exposición al ruido para este grupo de trabajadores.

Conociendo que existe una relación directa entre los valores medidos de dosimetría y el ruido ambiental, se puede inferir que si se realizase mediciones puntuales de sonometría se encontraría valores iguales o superiores que los resultados de las dosimetrías realizadas, es decir, valores fuera de norma, por ejemplo, esto podría ocurrir si se efectuase mediciones de sonometría en fuentes como el molino, peletizadora y en los silos de maíz cuando se están llenando. De acuerdo a los resultados de las mediciones realizadas en las fuentes fijas de ruido se puede observar que para frecuencias entre 1000 y 8000 Hz se supera el límite de 85 dBA establecido por la normativa local, lo cual indica que el tipo de ruido de ruido generado por las fuentes fijas es a frecuencias medias y altas, con lo cual se podría estudiar mejor el control del mismo.

En cuestión de efectos nocivos para la salud para los trabajadores de la planta, los casos de hipoacusia reportados corresponden efectivamente a trabajadores de los GEH evaluados, con la aclaración de que por ser puestos de trabajo rotativos, la relación de la hipoacusia con la exposición al ruido no es concluyente. Además, los resultados de audiometría que muestran los dos casos de hipoacusia son unilaterales, lo cual no permite concluir que la hipoacusia sea consecuencia de la exposición al ruido laboral.

Los niveles de ruido y de exposición encontrados fueron de 90,6 dBA en producción y 85,8 dBA en núcleos, los cuales son determinantes para elaborar un plan de mejora que permita reducir el riesgo del ruido en la planta de alimentos balanceados en estudio, siendo los principales beneficiados los operadores de la planta, en especial los de producción.

Comparando con valores de ruido generados por industrias parecidas, se puede citar a Achutan (2007), que de un monitoreo a 19 trabajadores de una empresa procesadora de alimentos para animales en USA, cinco trabajadores alcanzan o sobrepasan el límite de exposición a ruido laboral recomendado por la NIOSH que es de 85 dBA. En Ecuador, el mapa de riesgos realizado por Aguirre (2011) para una planta de alimentos balanceados muestra puntos específicos de la planta en donde los niveles de ruido superan los permisibles, así en tolvas de grano valores entre 82 a 95 dBA, en transportadores de grano se tiene valores entre 93 a 98 dBA, en máquinas dosificadoras y zarandas el ruido está entre 76 a 87 dBA.

Por lo expuesto anteriormente se puede decir que en las industrias de alimentos y específicamente en la planta de alimentos balanceados en estudio, la exposición al ruido excede de los valores permisibles tomando como referencia a la normativa local vigente.

CAPÍTULO 3: PROPUESTA DEL PLAN DE MEJORA

3.1 Introducción al plan de mejora

Uno de los objetivos del presente trabajo se refiere a la elaboración de un Plan de mejora para reducir la exposición al ruido en el grupo de trabajadores de la planta de alimentos balanceados.

Los resultados de exposición al ruido obtenidos justifican la necesidad y prioridad de proponer un plan o programa de mejora para reducir los niveles y exposición al ruido ya que con los niveles de ruido actualmente presentes, el riesgo se vuelve importante dado por la alta probabilidad de presencia del factor de riesgo y la consecuencia sobre la salud de los trabajadores, en este caso la disminución de la capacidad auditiva.

Para el desarrollo y para el cumplimiento de plan de mejora es indispensable la gestión y aplicación de la política de seguridad de la empresa, en lo referente a la prevención de riesgos laborales.

Los métodos de control que se proponen en el plan de mejora no implican eliminación del ruido, sino la reducción o modificación de sus características perjudiciales, para ello el principio de aplicación será: Fuente, Transmisión y Receptor. En cuanto a la Fuente se refiere principalmente a máquinas y equipos emisores de los principales eventos acústicos; la transmisión se refiere a los límites entre la fuente y el receptor donde se propaga el ruido; y el receptor es el individuo, en el caso de riesgos laborales, sería el trabajador.

El principio de prevención se refiere a controlar el ruido en la fuente donde se genera este riesgo, así mismo se debe trabajar en la transmisión, si ello no es posible o razonablemente practicable se debe controlar el ruido en el receptor, siendo lo último que deba hacer ya que además debe prevalecer un plan de control colectiva a la individual.

Debido a que en la empresa no existe un estudio preliminar del ruido, el control de éste riesgo siempre se lo ha realizado desde el receptor, proporcionándole equipo de protección personal, y con ello pretender resolver el problema. El plan de mejora a proponerse

pretende dar otras alternativas viales para el control y reducción del ruido en la planta de alimentos balanceados en estudio.

Con la caracterización del ruido realizada en el capítulo 2, se tiene inicialmente una idea clara de lo que se necesita hacer, reducir el ruido en aproximadamente 6 dBA en el área de producción y de 2 dBA en el área de núcleos, con el fin de cumplir la norma.

La NTP 960 del INSHT es una norma que da la pauta para implementar un programa de medidas técnicas o de organización para controlar la exposición al ruido. Según esta norma es importante establecer los trabajadores más expuestos y estimar su nivel de exposición. No siempre será necesaria una medición precisa del nivel de exposición diario equivalente (LAeq,d) o del nivel de pico (Lpico), ya que en esta fase el objetivo es simplemente identificar el problema, de todas maneras con la caracterización acústica se puede ser más objetivos en controlar el problema o reducirlo, en este caso el ruido. El programa de control se debe llevar a cabo y documentarse cuando la exposición al ruido sobrepasa los límites umbrales, es muy importante para ello el conocimiento de las condiciones laborales e igualmente importante la programación de las acciones posibles que se van a poner en práctica. (INSHT, 2012)

Según la NTP 960, un plan de mejora pretenderá reducir el riesgo generado por el ruido a los niveles mínimos utilizando para ello los avances tecnológicos y los criterios de prevención que se dispone, no obstante, el aporte de la organización y de los trabajadores es de vital importancia para la implantación, ejecución y seguimiento del plan de control de exposición al ruido. Esta norma servirá de guía para la elaboración de la propuesta de plan de mejora

En la figura 12, se muestra el programa de medidas de control de exposición al ruido, propuesto por la NTP 960.

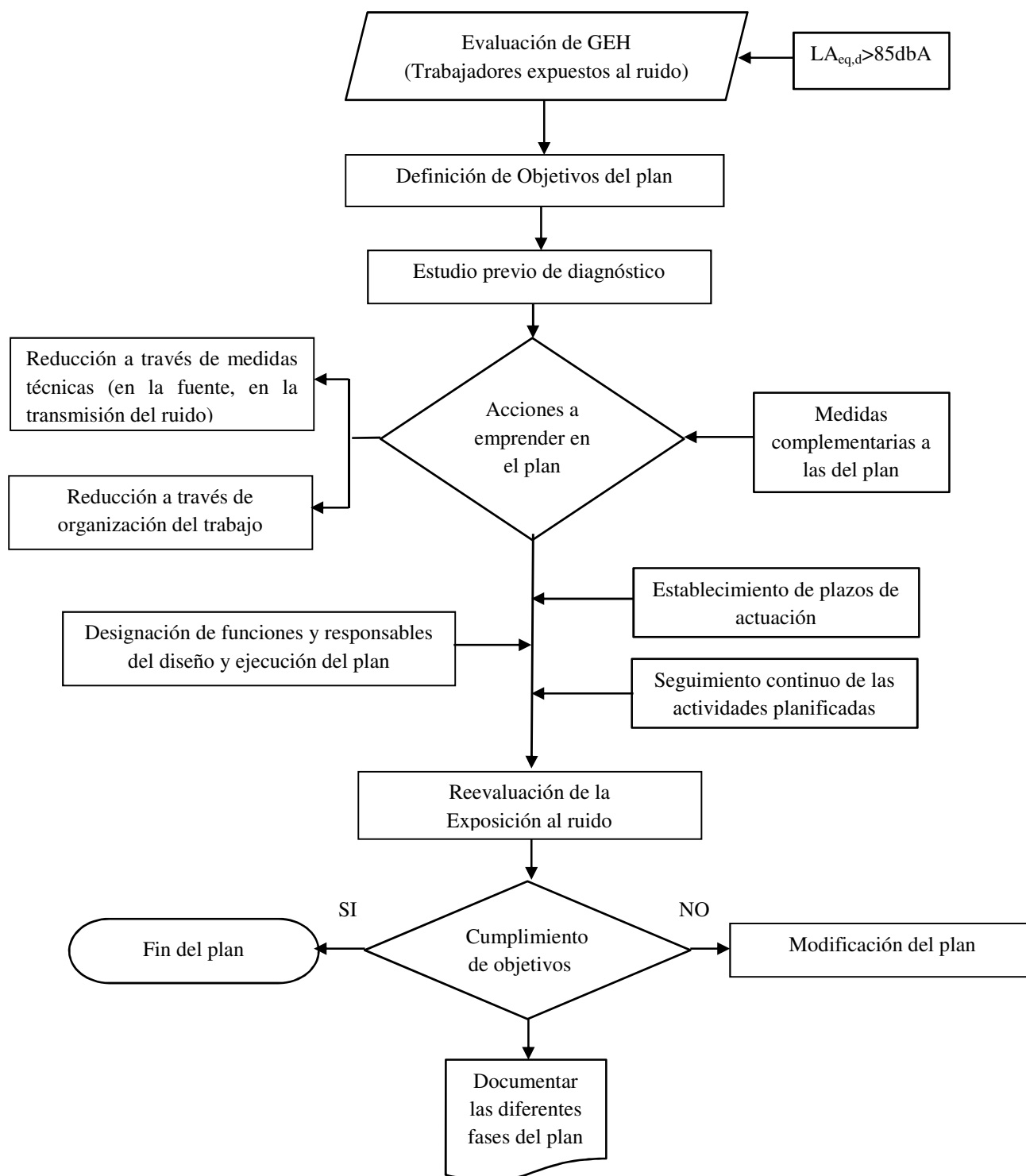


Figura 12: Diagrama guía de fases del plan de mejora a proponerse

Fuente: NTP 960 del INSHT, 2012

3.2 Objetivos del plan de mejora

- Proponer medidas técnicas para reducir y controlar la exposición al ruido.
- Proponer medidas de organización laboral para reducir y controlar la exposición al ruido.

3.3 Alcance del plan de mejora

Los trabajadores expuestos se mencionaron en la sección 2.7, identificando los GEH de Producción y de Núcleos. Al primer grupo pertenecen 10 trabajadores y al segundo, 2 trabajadores. Estos trabajadores representan el 46% del total de los trabajadores operativos, lo cual determina realizar, planificar y aplicar un plan de mejora para reducir los niveles de exposición en estos trabajadores. La exposición al ruido resultante es la expresada como nivel equivalente continuo diario, para el GEH de producción se tuvo un $L_{Aeq,d} = 90,6$ dbA y para el GEH se obtuvo un resultado de $L_{Aeq,d} = 85,8$ dbA, representando estos valores los niveles sonoros a los que están expuestos estos grupos de trabajadores en la jornada de 8 horas.

Por consiguiente, las áreas de actuación es específicamente el área de producción. Se trabajará en las máquinas más ruidosas como la peletizadora, el molino, la mezcladora, y el silo pulmón de maíz.

3.4 Estudio de diagnóstico

En esta fase se pretende recolectar toda la información que permita acotar y justificar las posibles acciones aplicables para el plan de mejora. Es importante conocer las fuentes de ruido existentes, características de la infraestructura de la planta, la organización laboral, los trabajadores afectados. En esta fase son muy importantes todos los eventos acústicos importantes ya anteriormente identificados en las secciones 1.2 y 1.7, tales como el producido por los equipos como molino y peletizadora y la descarga de maíz a los silos pulmón.

La NTP 960 sugiere también tener en cuenta la productividad de la empresa, la organización de los puestos de trabajo y la variabilidad de las tareas de la empresa, características ya mencionadas en la sección 2.2.2. La identificación de estas características es esencial para detectar las situaciones que serán objeto de una reducción del ruido de forma prioritaria, de esta forma se tendrá presente por ejemplo las situaciones más ruidosas y más frecuentes.

3.5 Identificación de las fuentes preponderantes de ruido

La localización y caracterización de las fuentes de ruido serán importantes para evaluar el plan de mejora luego de ser implantadas las medidas y sugerencias parcial y totalmente. En base a los GEH identificados bastará con realizar mediciones simples aledañas a las fuentes fijas que existan en el lugar donde desarrollan sus actividades los trabajadores expuestos. Cuando se realice a se aplique una mejora en una fuente, lo ideal sería medir el nivel sonoro emitido solo por esa fuente, debido a que hay la posibilidad de interferencia, lo ideal sería realizar cualquier medición poniendo en funcionamiento sólo esa fuente, si esto no es posible por cuestiones de funcionamiento o producción, se puede recurrir a métodos que permitan obviar los ruidos ambientales, o a su vez, consultar si se tiene información del nivel sonoro equivalente de instalación o proporcionado por las fichas técnicas de equipos y maquinarias. Es lógico que toda la información obtenida o medida de niveles sonoros equivalentes deban ser congruentes con la evaluación de ruido determinada en el presente trabajo.

La interacción fuente-trabajador permite también guiar el plan de mejora para reducir la exposición al ruido en los GEH estudiados. En este sentido, será muy importante determinar las fuentes preponderantes de ruido y su influencia en la exposición de ruido en el trabajador. Según la NTP 960 recomienda realizar mediciones deteniendo una por una las fuentes de emisión, empezando por las preponderantes y evaluar la disminución de ruido, se considera que el tratamiento de una máquina es eficaz cuando al dejar de funcionar, la disminución de ruido está en el orden de 8 dBA.

3.6 Acciones a emprender: reducción del ruido a través de medidas técnicas

Las medidas técnicas a tomarse serán en la fuente y en la transmisión, pero debido a las necesidades de producción y al tiempo requerido para la implementación del plan de mejora, la primera medida técnica e inmediata a tomarse es el receptor mediante el uso obligatorio de equipo de protección personal, los tapones auditivos con niveles de reducción de ruido mayores a 20 dBA se pueden encontrar fácilmente en el mercado. Sin embargo, fuese importante validar la eficacia del protector con algún método, como por ejemplo realizando bandas de octava o utilizando el método H, M, L. Salvo se realice un estudio minucioso del uso del protector auditivo, se debe recomendar su uso durante las 8 horas de jornada laboral, pudiendo despojarse o dejar de usar los mismos solo cuando es el refrigerio en la mañana y la hora de almuerzo en la tarde.

3.6.1. Medidas técnicas en la fuente y en la transmisión

Las medidas técnicas en la fuente se refieren prácticamente a la adaptación de equipos y de procesos con el fin de que se vuelvan más silenciosos, en este caso no será práctico el cambio de equipos o partes de los mismos salvo se tenga un desbalanceo donde se necesite mantenimiento. Sin embargo, es importante llevar a cabo un importante estudio de la operación de las fuentes fijas de ruido para en lo posible encontrar de manera representativa todas las contribuciones de ruido en cada fuente. A continuación, y en base a lo recomendado por Associates in Acoustics (2016) se propone algunas consideraciones para controlar el ruido en las principales fuentes fijas como peletizadora o molino:

- Minimización de impactos en las máquinas, mediante equilibrio dinámico de los componentes móviles, mantenerlos en buen estado y lubricados. También aplica regulación y optimización de presión de impulso, o de entrada en sistemas neumáticos. El impacto de los pelets sobre la tolva también puede ser estudiada ya que puede ser factible la instalación de dispositivos que reduzca el golpe de los mismos con las partes metálicas.

- Adecuación en sistemas de flujo de fluidos principalmente en la enfriadora de pelets que presenta alta velocidad de flujo y traspasa energía vibratoria a las paredes y ductos.
- Bloqueo de ruido irradiado por superficies o paneles, que consiste en usar aislantes y amortiguadores para la vibración de los montajes de la máquina, o colocar refuerzos en los paneles grandes de la carcasa de la peletizadora.
- Reemplazo de partes de máquinas por alternativas bajo ruido, esto puede convertirse en una buena opción cuando se dispone de alternativas de repuestos donde el ruido sea minimizado en con el funcionamiento de la máquina, así pueden sustituirse engranajes, rodamientos, ventiladores, válvulas de control, compresores, bombas, entre otros.

Una propuesta muy viable y que de la misma manera se estaría trabajando sobre la fuente es directamente en el silo pulmón de maíz.

3.6.1.1 Instalación de una transición en la alimentación de maíz en el silo pulmón.

Tanto el silo pulmón de maíz, como el silo de soya tienen entrada directa del maíz por una tubería, la propuesta radica en instalas una transición al final de la tubería y antes de la entrada al silo. Este dispositivo posee una placa de teflón en el interior de este dispositivo y en conjunto pretenden reducir el flujo másico del maíz antes de la entrada del silo, para compensar la caída de flujo másico se sugiere la colocación de un deflector cónico antes de la entrada al silo, el cual permitirá regular y direccionar el flujo de maíz hacia el centro del silo, de tal forma que se evite el golpe de los granos de maíz con las paredes metálicas del silo. Luego de aplicar esta mejora se evaluará antes y después el nivel sonoro continuo equivalente generado por la operación de este silo y tiempo de llenado del mismo para ver si hay afectación en el flujo másico de llenado de maíz.

En el mercado local se encuentra estos dispositivos con el nombre de “transición para silos” y generalmente son fabricados y adaptados por metal mecánicas especializadas, la empresa de alimentos balanceados cuenta con un proveedor de estos dispositivos por lo

que esta mejora puede efectuarse de forma inmediata. La figura 13 presenta un bosquejo del estado actual y el cambio que pretende realizar esta propuesta.

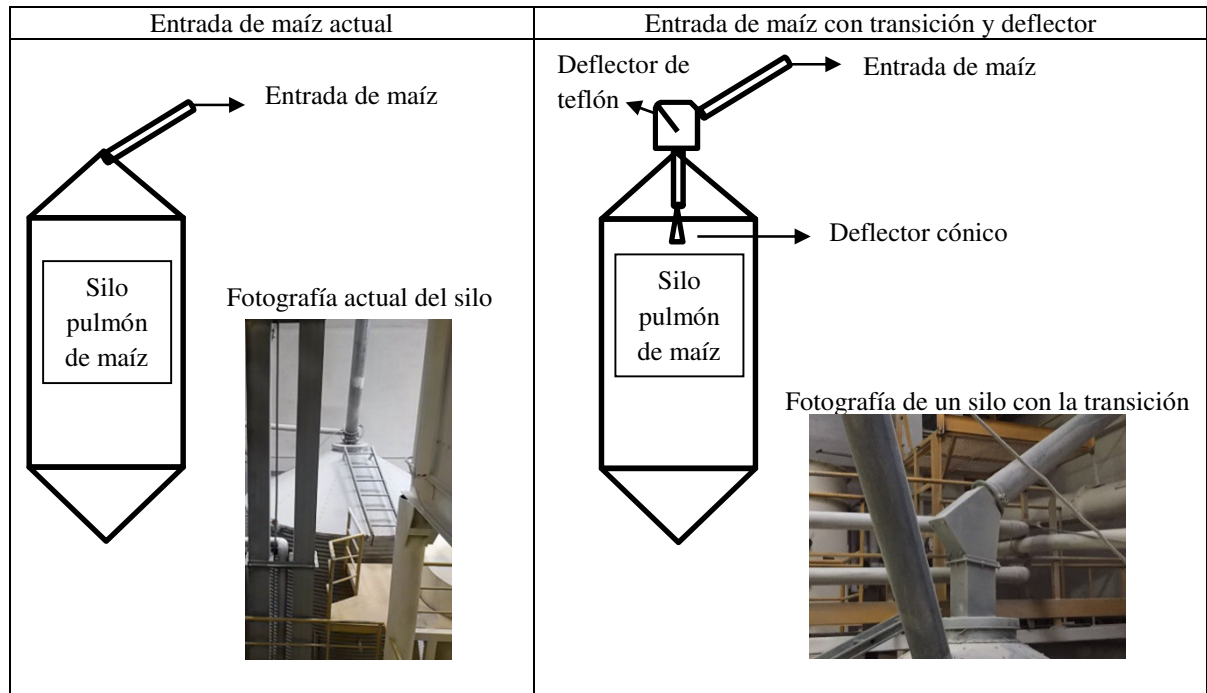


Figura 13: Estado actual y propuesta para la instalación de una transición en la entrada de maíz de los silos pulmón

Las demás alternativas a proponerse como medidas técnicas tendrán su accionar en la transmisión del ruido.

3.6.1.2 Insonorización mediante recubrimiento de tolva de pelets.

Esta medida técnica actuará en la transmisión del ruido que se da en la tolva de producto terminado (González, Salazar, & Cabrera, 2008) en la peletizadora cuando estos caen desde la zaranda. En la figura 14 se muestra una fotografía de la tolva, la cual va a ser recubierta por un material que absorba y aísole el ruido generado por el movimiento de los pelets en la tolva. Generalmente los materiales absorbentes funcionan bien para atenuar ruidos de alta frecuencia.

La selección del material para recubrimiento se realizará en base a sus propiedades de absorción y de aislamiento, en este caso donde la tova será recubierta del material, será muy importante su factibilidad de aplicación.



Figura 14: Tolva de la peletizadora donde se genera ruido con el movimiento interior de los pelets

Como punto de partida y en base al estudio realizado por González, Salazar y Cabrera (2008) se puede establecer algunos tipos de materiales tradicionales para aplicaciones industriales en el caso de aislamiento acústico. La tabla 19 presenta los resultados de este estudio para 8 tipos de materiales, donde se obtuvieron los coeficientes de reducción de ruido para los mismos.

Tabla 19. Resumen de los resultados de atenuación de materiales aislantes

RESUMEN DE ATENUACIÓN		
No	MATERIAL	NRC
1	Superlon I	0,069
2	Sonoacustic T. Cubos	0.069
3	Sonoacustic T. Pirámides	0,093
4	Sonoacustic T. Ondas	0,138
5	Sonoacustic T. Domos	0,148
6	Superlon II	0,177
7	Poliuretano densidad 60	0,320
8	Caucho eva	0,368

Fuente: González, Salazar, & Cabrera (2008)

3.6.1.3 Acondicionamiento acústico en el cuarto de enfriamiento de pelets

En el área donde está situada la peletizadora se encuentra un enfriador de pelets en un compartimiento bajo nivel, en donde se genera también ruido. En esta medida se propone de realizar un acondicionamiento acústico de las paredes de este compartimiento. La figura 15 presenta en fotografía el área donde se realizará esta propuesta.

De la misma manera, como referencia se utiliza la tabla 16, por lo que inicialmente se sugiere utilizar paneles de caucho eva para cubrir las paredes de este recubrimiento.



Figura 15: Compartimiento bajo nivel donde funciona el enfriador de pelets

Al revisar la oferta en el mercado de otros aislantes con iguales o mejores características se puede tener más de una opción, de igual forma se encuentran materiales otros materiales además de espumas de polietileno y poliuretano, así por ejemplo se tiene buenos aislantes acústicos como melaminas, fibra de vidrio, lana mineral, entre otros. También hay materiales mixtos o compuestos por dos o más materiales. El análisis del costo puede ser determinante.

3.6.1.4 Aislamiento acústico por medio de una cabina para la peletizadora.

La figura 16 muestra el cuerpo de funcionamiento de la peletizadora la cual posee dos motores y cuyo funcionamiento conjunto con los demás dispositivos genera ruido, la importancia de construir una cabina de aislamiento acústico radica en que a unos tres metros se encuentran laborando continuamente gran parte del GEH de Producción.

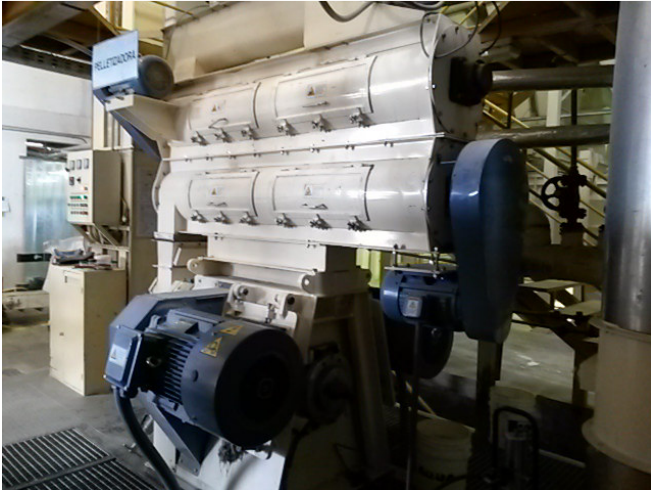


Figura 16: Cuerpo de la peletizadora para ser encapsulado

Esta propuesta consiste en levantar una cabina que aisle acústicamente los motores de la peletizadora, pero que permita operar este equipo normalmente, inclusive para tareas de mantenimiento. Las paredes de la cabina, al igual que en el punto anterior, pueden ser recubiertas de caucho eva, espuma de polietileno, espuma de poliuretano, fibra de vidrio y/o lana mineral. Esta propuesta estaría alineada con el cumplimiento del numeral 3 del artículo 55 del D.E 2393.

3.7 Reducción del ruido a través de organización del trabajo

El conjunto de medidas a tomarse a continuación consiste en actuar sobre las condiciones y la organización laboral actual, de tal forma que mientras los niveles de ruido sean los evaluados en el presente estudio, es decir, estén sobre norma, se pueda reducir la exposición al ruido permitiendo que el trabajador permanezca menos tiempo en las áreas de exposición.

Los cambios que se puedan realizar en la organización deben ser planificados y programados de tal forma que no afecten la operación productiva de la empresa por lo que el liderazgo del jefe de producción y del coordinador de seguridad son importantes.

3.7.1 Rotación diaria del GEH de producción y Núcleos.

La tabla 15 muestra los valores de tiempo máximo permisible para el nivel sonoro equivalente continuo presente en las áreas de producción y de núcleos. Si recordamos la organización laboral, en el área de producción laboran 10 trabajadores de los cuáles 5 tienen puestos fijos y no rotan por largos períodos de tiempo, estos son el montacarguista, 2 de etiquetado y los dos encargados de la peletizadora. El montacarguista puede alternarse con el de igual posición del área de recepción de materia prima de tal forma que trabaje mitad de jornada en producción y la otra mitad en el área de recepción de materia prima. Es necesario un plan de capacitación para que los encargados de la peletizadora tengan relevo, de tal forma que también se pueda reducir su permanencia en el área de producción. De igual forma los encargados de etiquetado deben tener la posibilidad de rotación con otras áreas como por ejemplo los de limpieza y previa capacitación y planificación coordinada con el jefe de producción.

Respecto a los restantes 5 trabajadores, es posible la rotación con otras áreas durante la jornada laboral, si bien resulta práctico ya que trabajadores de las áreas de limpieza, bodega y recepción de materia prima y mantenimiento están capacitados para realizar las tareas del área de envasado, y viceversa. En otras palabras, la rotación que realizan cada 15 días se tendría que realizar a diario a la mitad de la jornada de trabajo a las 11H00. Esta rotación implica mejor organización y el trabajo en equipo para no afectar la continuidad de las tareas.

Los trabajadores del área de núcleos tienen un tiempo máximo permisible de 7,2 horas por lo que será más práctico organizarse internamente entre los dos trabajadores de ésta área para que cada uno de ellos realice las operaciones de abastecimiento en bodega en una hora determinada o en distintas operaciones de tal forma que cumplan al menos 45 min de trabajo fuera del área de Núcleos.

3.7.2 Llenado de los silos de maíz antes de iniciar producción y en la hora de almuerzo

En esta medida técnica se propone que los silos de maíz sean llenados fuera del horario de producción con el fin de reducir la exposición al ruido en los trabajadores, como se ha

mencionado anteriormente normalmente se tiene una frecuencia de llenado de dos veces por jornada, tal como se mencionó en la sección 1.2, el llenado puede tardar entre 50 a 60 min, por lo que se recomienda que esta operación se realice de 6H00 a 7H00 y de 13H00 a 14H00, con esto se elimina el aporte en la exposición de ruido que genera el llenado de los silos de maíz.

Según la organización laboral de la planta, el encargado de controlar el llenado de silos es el supervisor de producción, el control se realiza mediante monitoreo de nivel desde un panel de control, o por monitoreo del consumo energético del molino, el cual disminuye cuando el nivel del silo sea bajo. Para disponer un llenado del silo de maíz, la operación la efectúa desde los silos principales los cuales se encuentran en un área fuera de la planta industrial, por ello el ruido generado por esta operación no afectaría a este trabajador.

En base a la tabla 1, en la formulación de los productos se tiene un promedio del 60% de participación de maíz en los balanceados para aves que son los de mayor producción, siendo la capacidad del silo pulmón de maíz de 30 toneladas, la frecuencia de llenado de los silos seguiría siendo 2 veces por jornada mientras la producción se mantenga por las 100 ton diarias o 575 toneladas semanales considerando que se trabaja de lunes a viernes de 7H00 a 17H00 y los sábados de 7H00 a 13H00.

3.7.3 Diseño e implantación de un lugar silencioso junto al área de producción.

Debido a que los trabajadores del área de producción tienen la posibilidad de descanso de hasta 5 minutos cada hora, es preciso la colocación de un lugar silencioso tipo cabina dentro del área de producción donde puedan desplazarse para aislarse del ruido por esos minutos. Hay un bebedero de agua donde por lo general recurren en esos minutos por lo que sería conveniente acondicionarlo acústicamente para que sea utilizado por los trabajadores. Debido a que son pocos los minutos disponibles para esto, no se recomienda el retiro del equipo protección auditiva individual ya que existiría la posibilidad del uso inadecuado del mismo.

3.8 Medidas complementarias

Si bien la empresa tiene implantado el uso de protección auditiva individual, debe ser esto de carácter obligatorio en el área de producción puesto que el ruido caracterizado sobrepasa los niveles permitidos. Conociendo los trabajadores expuestos, se debería capacitar y dar un seguimiento del uso adecuado del equipo de protección individual, verificando que el mismo sea el adecuado y cumpla con el nivel de reducción de ruido deseado. Esta medida debería considerarse y utilizarse solo como complementaria a la protección colectiva y al control del ruido en la fuente y en la transmisión. Incluso si algunas medidas técnicas o de organización ya fuesen ejecutadas, no puede dejar de usarse hasta realizar una nueva evaluación del ruido, igualmente debe considerarse que el uso de protección auditiva individual no es garantía para no estar expuestos al ruido ya que su eficacia puede ser disminuido por diversos factores. (INSHT, 2012)

El tipo de protección auditiva individual que se usa en la planta es tipo tapón, los datos y cálculo de atenuación se puede observar en el Anexo D. Se validó la atenuación de este protector con el método de bandas de octava comparando con el nivel de ruido más alto generado en este caso por el funcionamiento conjunto del molino y del silo de maíz. Se obtuvo un nivel de presión sonora efectiva de 65,8 dBA por lo cual se constata el buen funcionamiento de este equipo de tapón auditivo para el tipo y nivel de ruido presente en la planta.

El control en la salud de los trabajadores se verá reflejado en las audiometrías, las cuales deben ser desarrolladas con mayor frecuencia, por criterio de prevención deben realizarse semestralmente para los trabajadores de producción y núcleos, esto hasta implementar las medidas propuestas en el plan de mejora y realizar una nueva evaluación del ruido, posteriormente se podría considerar que sean anualmente tal recomienda el D.E 2393.

CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se caracterizó la exposición al ruido en los trabajadores de la planta de alimentos balanceados en estudio, verificando que el GEH de producción recibe una dosis de 2,2 veces y el GEH de Núcleos una dosis de 1,1 veces de lo debería recibir según el D.E. 2393. De igual forma, según esta normativa se puede decir que el ruido generado por las principales fuentes fijas, sobrepasa el valor límite (85 dBA) en frecuencias medias y altas de 1000 a 8000 Hz.
- La evaluación de los niveles de ruido en los trabajadores de la planta de alimentos balanceados permite decir que los niveles equivalentes continuos de ruido prácticamente exceden del valor normal permitido por el D.E 2393 (85 dBA), para el GEH de producción es de 90,6 dBA con incertidumbre expandida bilateral de $\pm 5,5$ dBA y para el GEH de Núcleos es de 85,8 dBA con incertidumbre expandida bilateral de $\pm 3,5$ dBA.
- Se propuso un plan de mejora para reducir la exposición al ruido en los trabajadores de producción y de núcleos, el mismo está desarrollado en base a medidas técnicas y de organización.

4.2 Recomendaciones

- Implementar las medidas de prevención y corrección propuestas en el plan de mejora, que deberán estar acompañadas de un estudio de costos de las mismas.
- Caracterizar el nivel de ruido con un espectro de frecuencias y por separado para cada máquina cuando las otras fuentes de ruido se encuentren apagadas para comparar con las medidas realizadas en el presente trabajo.
- Incorporar el plan de mejora propuesto dentro del programa de seguridad de la empresa, el cual contemple información y formación sobre riesgos físicos donde está incluido el ruido. El programa debe ser evaluado y documentado en conjunto con el comité paritario y el coordinador de seguridad.
- Realizar una nueva caracterización y evaluación del ruido una vez ejecutadas las propuestas del plan de mejora y cuando haya cambios en las fuentes de ruido de la planta, como por ejemplo cuando se instalen o se modifiquen equipos y maquinarias consideradas como fuentes de ruido o cuando se modifiquen procesos que impliquen episodios de ruido considerables.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Achutan, C., & RL, T. (2007). Noise exposures during potato processing and manufacture of animal feed. *Journal of agricultural safety and health*, 367-364.
- Aguirre, E. (2011). Mapa de riesgos de seguridad e higiene industrial para una planta de alimentos balanceados. En E. Aguirre, *Mapa de riesgos de seguridad e higiene industrial para una planta de alimentos balanceados* (pág. 79). Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Associates in Acoustics, Inc, BP International Limited and the University of Wollongong. (16 de Marzo de 2016). *Ruido-Medición y sus Efectos*. Obtenido de <http://www.ohlearning.com/Files/Student/JC22%20v1-0%2009Apr10%20W503%20Manual%20del%20estudiante%201.pdf>
- Casado, M. (2011). Redes de ponderación acústica. León, España: Escuela de Ingenierías. Departamento de Teoría do Sinal e Comunicacóns. (s.f). *Aspectos básicos del Sonido y el Ruido*. Obtenido de Curso de control y prevención de la contaminación acústica: http://gcastro.webs.uvigo.es/PFC/Capitulo_uno.htm
- Gómez, M., Jaramillo, J., Luna, Y., Martínez, A., Velásquez, M., & Vásquez, E. (2012). Ruido industrial: efectos en la salud de los trabajadores expuestos. *Revista CES Salud Pública Volúmen 3*, 175-176.
- González, H., Salazar, E., & Cabrera, C. (2008). Cálculo del coeficiente de reducción de ruido (NRC), de materiales, utilizando una cámara de isonorización. *Scientia et Technica, No 38*, 119-124.
- Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS). (1986). Decreto Ejecutivo 2393. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). (1991). NTP 270: Evaluación de la exposición al ruido. *NTP 270: Evaluación de la exposición al ruido. Determinación de niveles representativos*. España.
- INSHT. (Octubre de 2003). *Centros para el control y Prevención de Enfermedades*. Obtenido de Ruido ocupacional: http://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/2004-101_sp/checklists/ruido.html
- INSHT (2012). NTP 950: Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (I): tipos de estrategias. *NTP 950: Incertidumbre de la medición*. España: INSHT.

- INSHT (2012). NTP 951: Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (II): tipos de estrategias. *NTP 951: Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (II): tipos de estrategias*. España: INSHT.
- INSHT. (2012). NTP 960. *Ruido: Control de la exposición (I). programa de medidas técnicas o de organización*. España.
- López, A., Fajardo, G., Chavolla, R., Mondragón, A., & Robles, M. (2000). Hipoacusia por ruido: Un problema de salud y de conciencia pública. *Rev Fac Med UNAM Vol.43 No.2* , 451-42.
- Medina, Á., Velásquez, G., Giraldo, L., Henao, L., & Vásquez, E. (2013). Sordera ocupacional: una revisión de su etiología y estrategias de prevención. *CES: Salud Pública*, 116-124.
- Ministerio del Ambiente. (2015). Acuerdo Ministerial No. 028. Quito, Ecuador: Registro Oficial.
- Moreno, R., Anay, M., & Rivero, D. (2006). Pesquisa auditiva en trabajadores expuestos al ruido industrial. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, 22 (3).
- Procuraduría Ambiental y del ordenamiento territorial del D.F. (s.f). *Biblioteca virtual de desarrollo sostenible y salud ambiental*. Obtenido de Contaminación por ruido y vibraciones: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd65/ruido02.pdf>
- Secretaría de Ambiente-Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. (2014). *Normas técnicas para la aplicación de la ordenanzas metropolitanas-Ordenanza 404*. Quito: Concejo Metropolitano.
- Suter, A. (2001). Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo*, 16.
- Tolosa, F., & Badenes, F. (2008). *Ruido y salud laboral*. España: Mutua Balear.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- American National Standards Institute. (2007). *ANSI S1.25: Specification for Personal Noise Dosimeters*. Washington, D.C: American National Standards Institute.
- Calle, L., & Freddy, R. (2009). Diseño de silos cuadrados con chapa de pared trapecial para almacenamiento de productos granulares, pulverulentos mediante una hoja de cálculo. Quito, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana .
- Casella España. (25 de Enero de 2016). *Casella España*. Obtenido de <http://casella-es.com/higiene-industrial-ruido/>
- Casella España. (14 de Marzo de 2016). *Casella-Sonómetro Integrador*. Obtenido de <http://casella-es.com/postvbarticulos/serie-cel-600/>
- INSHT. (6 de Marzo de 2006). Exposición de los trabajadores al ruido. España: Ministerio de trabajo e Inmigración.
- Instituto de Salud Pública de Chile. (2012). Guía preventiva para los y trabajadoras expuestos al ruido. Chile: Departamento de Salud Ocupacional.
- Instituto de Salud Pública de Chile. (Agosto de 2014). Metodologías para obtener la Dosis de Ruido Diaria (DRD). Chile: Ministerio de Salud.
- PCE Instruments. (17 de Marzo de 2014). *Sonómetro integral de la serie CEL-620*. Obtenido de <http://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/instrumento-de-ruido/sonometro-cel-620.htm>
- Verdú, V., & Martínez, J. (2013). Evaluación in situ del nivel de exposición sonora de los trabajadores de la empresa SMATTEX S.A. Gandía, España: Universidad politécnica de Valencia.

ANEXOS

ANEXO A

Resultados de las mediciones realizadas proporcionados por el equipo

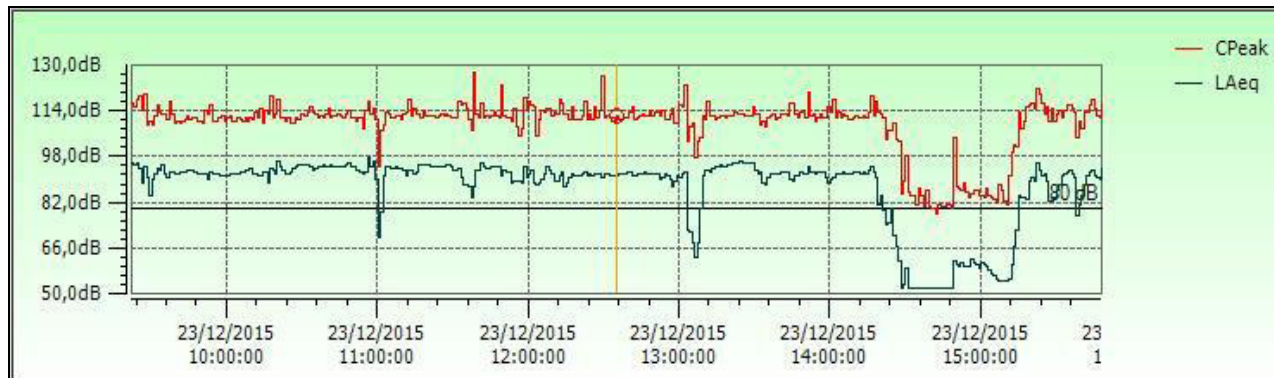
Casella CEL Ltd.



Informe sobre CEL-35X

Modelo Instrumento CEL-350

Número serie	3248653	Pa2Hrs	4,06
Fecha y hora inicial	23/12/2015 8:22:16	%Dosis (Q3 C=85)	401,33%
Duración	07:48:55 HH:MM:SS	Cal (antes) SPL	114 dB
Fecha y hora final	23/12/2015 16:11:11	Sobrecarga	No
LAeq	92 dB	Dosis proy (Q3 C=80 T1=0)	1570,3%
LCpeak	127,7 dB		
Lepd (Proj.)	92 dB		
Lex8h (Proj.)	92 dB		
Notas			



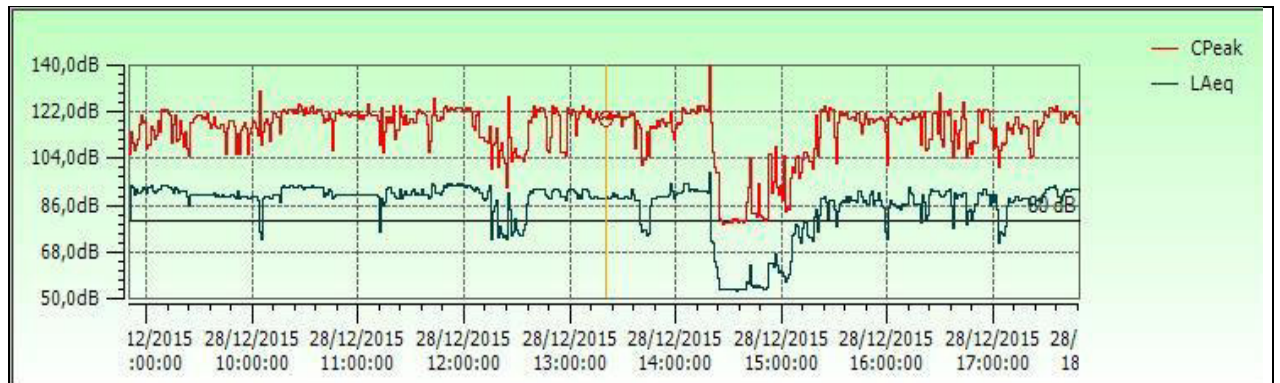
Casella CEL Ltd.



Informe sobre CEL-35X

Modelo Instrumento CEL-350

Número serie	3248653	Pa2Hrs	3,44
Fecha y hora inicial	28/12/2015 8:50:08	%Dosis (Q3 C=85)	340,14%
Duración	07:48:00 HH:MM:SS	Cal (antes) SPL	114 dB
Fecha y hora final	28/12/2015 16:38:08	Sobrecarga	No
LAeq	89,8 dB	Dosis proy (Q3 C=80 T1=0)	956,1%
LCpeak	139,8 dB		
Lepd (Proj.)	90,3 dB		
Lex8h (Proj.)	90,3 dB		
Notas			



Casella CEL Ltd.



Informe sobre CEL-35X

Modelo Instrumento CEL-350

Número serie	3248653	Pa2Hrs	3,51
Fecha y hora inicial	29/12/2015 8:58:42	%Dosis (Q3 C=85)	346,37%
Duración	07:48:00 HH:MM:SS	Cal (antes) SPL	114 dB
Fecha y hora final	29/12/2015 16:46:42	Sobrecarga	No
LAeq	89,9 dB	Dosis proy (Q3 C=80 T1=0)	973,6%
LCpeak	134,6 dB		
Lepd (Proj.)	90,4 dB		
Lex8h (Proj.)	90,4 dB		

Notas



Casella CEL Ltd.

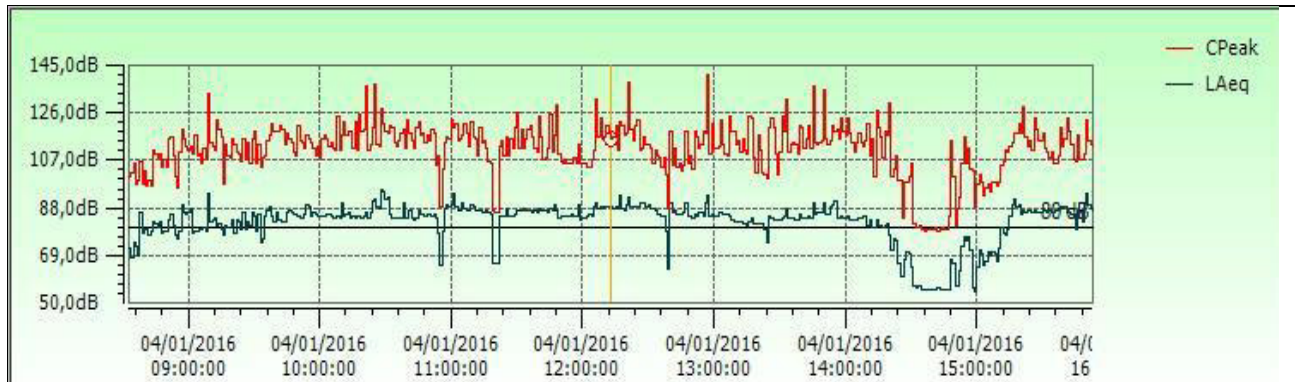


Informe sobre CEL-35X

Modelo Instrumento CEL-350

Número serie	3248653	Pa2Hrs	1,09
Fecha y hora inicial	04/01/2016 8:32:58	%Dosis (Q3 C=85)	107,94%
Duración	07:48:51 HH:MM:SS	Cal (antes) SPL	114,01 dB
Fecha y hora final	04/01/2016 16:21:49	Sobrecarga	No
LAeq	85,7 dB	Dosis proy (Q3 C=80 T1=0)	370,8%
LCpeak	141 dB		
Lepd (Proj.)	85,7 dB		
Lex8h (Proj.)	85,7 dB		

Notas

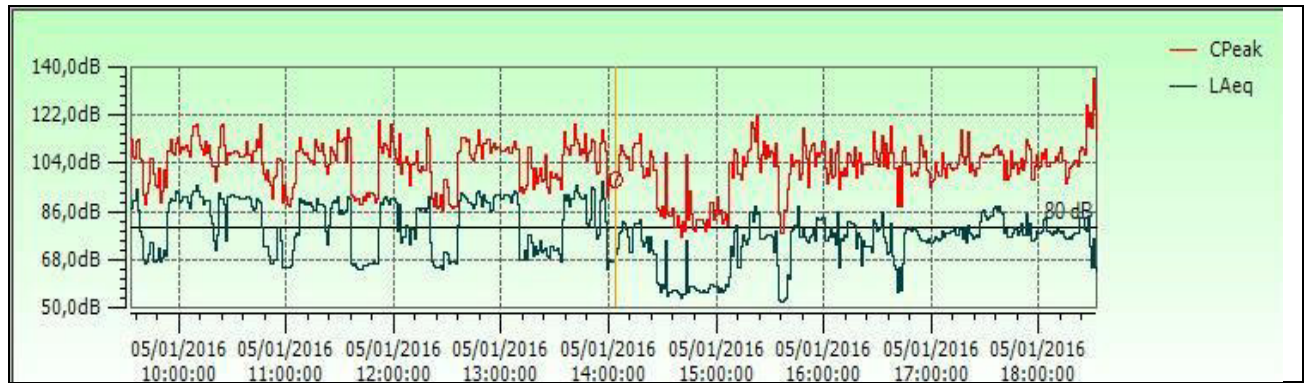


Casella CEL Ltd.



Informe sobre CEL-35X

Modelo Instrumento	CEL-350		
Número serie	3248653	Pa2Hrs	1,35
Fecha y hora inicial	05/01/2016 8:33:25	%Dosis (Q3 C=85)	133,48%
Duración	07:48:00 HH:MM:SS	Cal (antes) SPL	114,01 dB
Fecha y hora final	05/01/2016 16:21:25	Sobrecarga	No
LAeq	85,7 dB	Dosis proy (Q3 C=80 T1=0)	375,2%
LCpeak	135,7 dB		
Lepd (Proj.)	86,2 dB		
Lex8h (Proj.)	86,2 dB		
Notas			



Casella CEL Ltd.

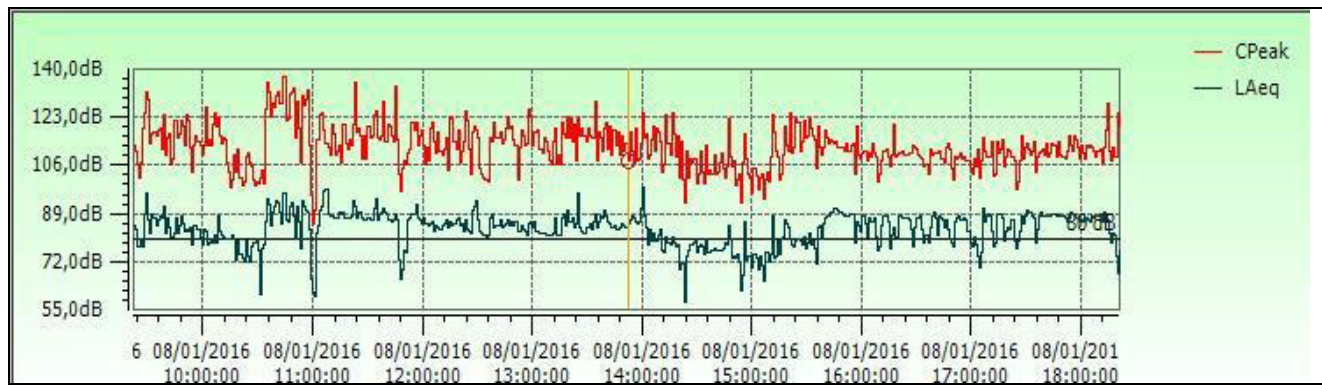


Informe sobre CEL-35X

Modelo Instrumento **CEL-350**

Número serie	3248653	Pa2Hrs	1,57
Fecha y hora inicial	08/01/2016 8:22:09	%Dosis (Q3 C=85)	155,35%
Duración	07:48:00 HH:MM:SS	Cal (antes) SPL	114,01 dB
Fecha y hora final	08/01/2016 16:10:09	Sobrecarga	No
LAeq	86,4 dB	Dosis proy (Q3 C=80 T1=0)	436,7%
LCpeak	137,2 dB		
Lepd (Proj.)	86,9 dB		
Lex8h (Proj.)	86,9 dB		

Notas



ANEXO B

Certificado de calibración del dosímetro

CASELLA 

Certificate of Conformity and Calibration

Instrument Model:- CEL-350IS	Microphone Type:- CEL-252
Serial Number 3248653	Serial Number 43916
Firmware revision V1.14	
Instrument Class/Type:- 2	As Received: 114.2
	As Adjusted: 114.0
Test Conditions:-	Test Engineer:- Ken Umbeer
22 °C	Date of Issue:- April 29, 2015
67.7 %RH	Date Due:- April 29, 2016
1012.2 mBar	

**Declaration of conformity:-**

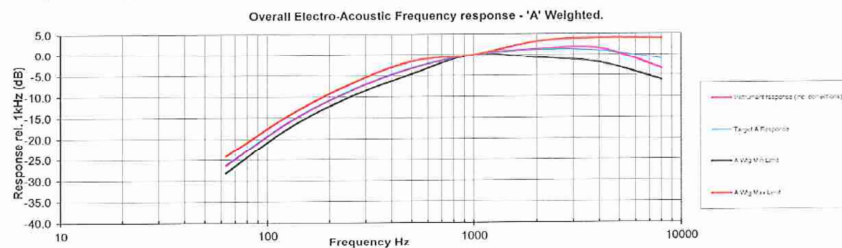
This test certificate confirms that the instrument specified above has been successfully tested to comply with the manufacturer's published specifications, which is designed to meet the requirements of EN 61252:2002 and ANSI S1.25:1991. Tests are performed using equipment traceable to NIST in accordance with Casella's ISO 9001:2008 quality procedures. This product is certified as being compliant to the requirements of the CE Directive.

Test Summary:-

Self generated Noise test	All Tests Pass
Frequency weightings A/C/Z	All Tests Pass
Level Linearity tests	All Tests Pass
Response to short duration signals	All Tests Pass
Response to unipolar pulses	All Tests Pass
Overload indicator	All Tests Pass
Time weightings tests	All Tests Pass
C-weighting peak response	All Tests Pass
Acoustic Tests (<i>Please see below</i>)	All Tests Pass

Combined Electro-Acoustic Frequency Response - A Weighted**IEC 61252 Section 7.2, - Frequency Weighting.**

The following A-Weighted frequency response graph shows this instruments overall frequency response based upon the application of multi-frequency pressure field calibrations. The microphones Pressure to Free field correction coefficients are applied to pressure response. Reference level taken at 1kHz.



Casella CEL
Regent House, Walseley Road,
Kempston, Bedford
MK42 7JY
United Kingdom
Phone: +44 (0) 1234 841100
Fax: +44(0) 1234 841400
E-mail:
info@casellameasurement.com
Web: www.casellameasurement.com

Casella CEL, Inc. a subsidiary of IDEAL Industries, Inc.
415 Lawrence Bell Drive
Unit 4
Buffalo
NY 14221
USA
Toll Free: (800) 366-2056
Tel (716) 276-3040 Fax: (716) 276-3043
E-mail: info@casellausa.com
Web: www.casellausa.com

ANEXO C

Medición de ruido en bandas de octava en la peletizadora y en el molino-silo de maíz

ÁREA: PRODUCCION-MOLINO Y SILO DE MAIZ



Modelo Instrumento CEL-620B

No. Sesión 81

Fecha y hora inicial 15/03/2016 11:06:43

LAE 113,5 dB

Duración 00:01:00 HH:MM:SS

Respuesta Random

LAeq 95,8 dB

Fecha y hora final 15/03/2016 11:07:43

LCpeak con hora 111.2 dB (15/03/2016 11:07:23)

Duración pausado 00:00:00 HH:MM:SS

Lepd (Proy.) 95,8 dB

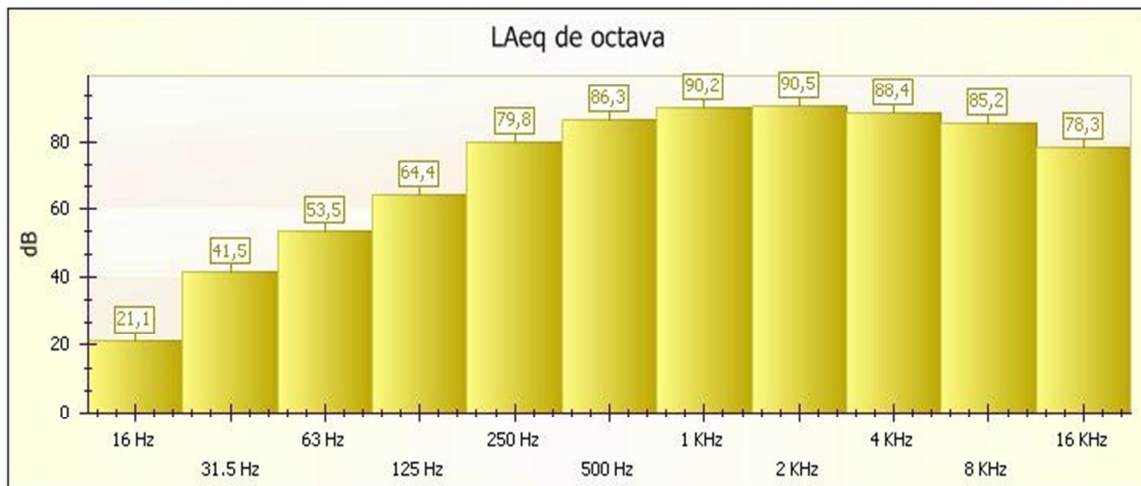
Cal (antes) fecha 14/03/2016 10:04:54

Lex8h (Proy.) 95,8 dB

Cal (antes) SPL 114 dB

LCeq 96,5 dB

Notas

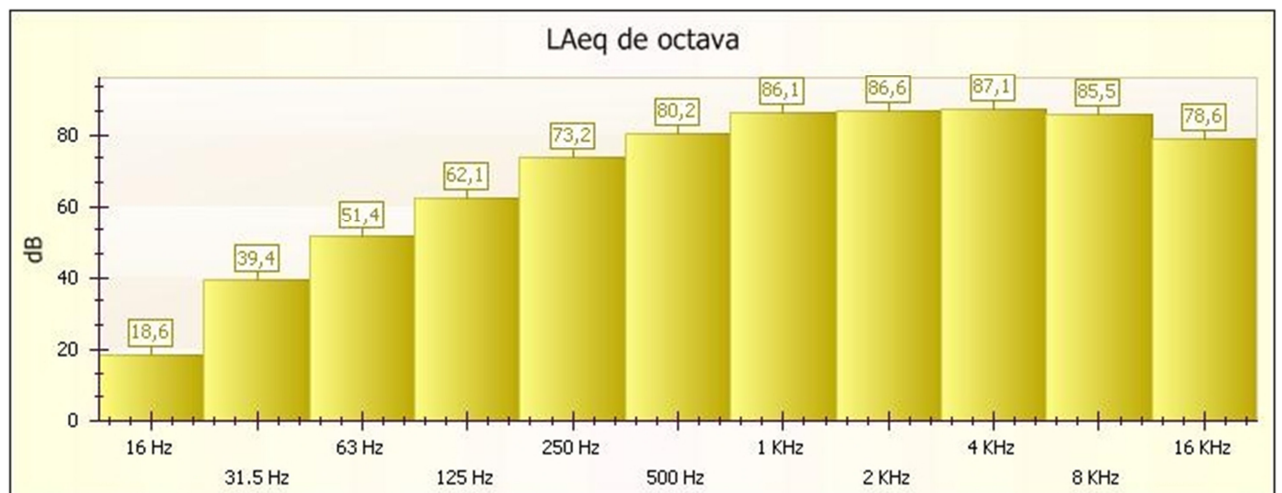




ÁREA: PRODUCCIÓN- MOLINO

Modelo Instrumento CEL-620B

No. Sesión	83	LAE	110,6 dB
Fecha y hora inicial	15/03/2016 11:04:14	Respuesta	Random
Duración	00:01:00 HH:MM:SS	Fecha y hora final	15/03/2016 11:05:14
L _{Aeq}	92,8 dB	Duración pausado	00:00:00 HH:MM:SS
L _{Cpeak} con hora	108.3 dB (15/03/2016 11:05:02)	Cal (antes) fecha	14/03/2016 10:04:54
L _{epd} (Proy.)	92,8 dB	Cal (antes) SPL	114 dB
L _{ex8h} (Proy.)	92,8 dB		
Notas			




ÁREA: PRODUCCIÓN-PELETIZADORA
Modelo Instrumento CEL-620B

No. Sesión 84

Fecha y hora inicial 15/03/2016 12:14:37

LAE 111,2 dB

Duración 00:01:00 HH:MM:SS

Respuesta Random

LAeq 93,8 dB

Fecha y hora final 15/03/2016 12:15:37

LCpeak con hora 109.8 dB (15/03/2016 12:15:09)

Duración pausado 00:00:00 HH:MM:SS

Lepd (Proy.) 93,8 dB

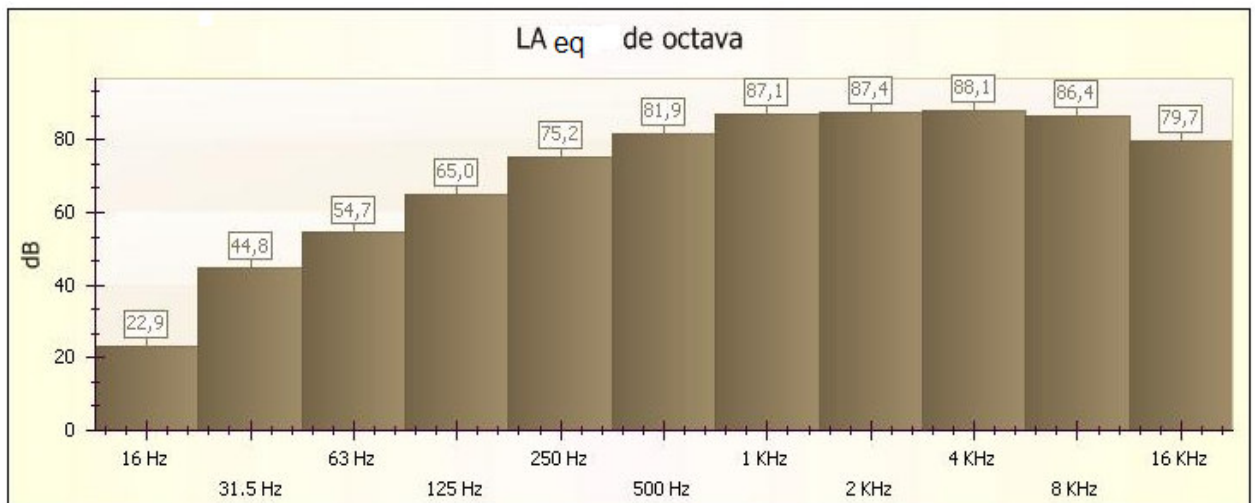
Cal (antes) fecha 14/03/2016 10:04:54

Lex8h (Proy.) 93,8 dB

Cal (antes) SPL 114 dB

LCeq 95,7 dB

Notas



ANEXO D

Cálculo del nivel de presión sonora efectiva con los tapones auditivos que se usa normalmente en la planta

FILA 1= Niveles de presión sonora de la máquina de mayor nivel de ruido

FILA 2= Datos del protector auditivo

FILA 3= Datos del protector auditivo

FILA 4= FILA 2-FILA 3

FILA 5= FILA 1-FILA 4

FILA	Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000	GLOBAL
1	LAeq (dBA) Fuente Fija Silo-Molino	64,4	79,8	86,3	90,2	90,5	88,4	85,2	95,7 dBA
2	Atenuación del protector (dBA)	30,2	30,7	31,4	31,5	35,2	37,8	43,9	
3	Desviación estándar (dBA)	3,8	3,3	3,1	4	3,4	4,7	4,5	
4	Protección Asumida del protector (dBA)	26,4	27,4	28,3	27,5	31,8	33,1	39,4	
5	LAeq (dBA) Efectivo	38	52,4	58	62,7	58,7	55,3	45,8	65,8 dBA