



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

PLAN DE REDUCCIÓN DE IMPACTO ACÚSTICO DE LA EMPRESA
JAMES BROWN PHARMA UBICADA EN LA PARROQUIA DE PIFO

Autoras

Ana Daniela Andrade Vargas
Ana Isabel Peñaherrera Brown

2017



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

PLAN DE REDUCCIÓN DE IMPACTO ACÚSTICO DE LA EMPRESA JAMES
BROWN PHARMA UBICADA EN LA PARROQUIA DE PIFO

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos
para optar por el título de Ingeniera Ambiental en Prevención y Remediación.

Profesor guía

MBA. Luis Alberto Bravo Moncayo

Autoras

Ana Daniela Andrade Vargas

Ana Isabel Peñaherrera Brown

Año

2017

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con los estudiantes, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

Luis Alberto Bravo Moncayo

Ingeniero Acústico

C.I. 1711710606

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

“Declaro haber revisado este trabajo, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”

Santiago Daniel Piedra Burgos

Ingeniero Civil

C.I. 1715384150

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DE LAS ESTUDIANTES

“Declaramos que este trabajo es original, de nuestra autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

Ana Daniela Andrade Vargas

C.I. 1714540745

Ana Isabel Peñaherrera Brown

C.I. 1715570121

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos el apoyo y la motivación de nuestras familias, a la participación y a la ayuda de los trabajadores de JB y a la incondicional guía del Ing. Luis Bravo.

DEDICATORIA

Dedicamos esta tesis a las personas que nos cedieron su tiempo y su ayuda para que podamos concluir con esta etapa muy importante de nuestras vidas.

RESUMEN

El ruido, es un problema ambiental que se ha incrementado, debido a los procesos industriales. Para el bienestar del ser humano y la coexistencia con la fauna y flora en este mundo, es necesario mantener límites a la exposición y emisión de los niveles de presión sonora. Altos niveles de ruido traen como consecuencia: la pérdida irreversible de la audición o varias afectaciones psicológicas. El objetivo de esta investigación, es proponer medidas correctivas que reduzcan el ruido laboral y ambiental, para mejorar la calidad de vida de los pobladores, que limitan con la planta y de los trabajadores de la empresa. Los métodos utilizados para las mediciones de nivel de presión sonora fueron: en el exterior de la planta con el equipo de sonometría NTI audio XL2 para el ruido ambiental y las mediciones al interior se ejecutaron con el equipo de dosimetría *Cirrus Research plc doseBadge Reader* para el ruido laboral. Una vez obtenidos los datos de las mediciones, se realizó un análisis con ayuda del programa CadnaA de modelamiento de mapas de ruido y un análisis de la tasa de dosis, TWA (Time-weighted average) en decibeles que recibe cada trabajador dentro de la planta.

Los resultados calculados del nivel de presión sonora del ruido ambiental provienen de la maquinaria, que influye sobre el ruido en los límites prediales y estos son: el generador eléctrico de emergencia #1 que proporciona un promedio de 90,3 dB y el generador #2 un promedio de 92,0 dB; ambos se encienden automáticamente una vez a la semana durante un tiempo determinado. Por otro lado, la planta de tratamiento de aguas residuales emite un promedio de 67,0 dB y dos sistemas de ventilación con niveles de 66,2 y 71,1 dB respectivamente.

En el caso de ruido laboral los resultados están en relación a la dosimetría personal de los trabajadores y se determinó que dos trabajadores sobrepasan la tasa de dosis de 85,0 dB con una dosis de 85,2 y 89,0 dB.

Todos los resultados calculados han sido comparados con la normativa vigente del país, así se determinaron las propuestas que ayudaran con el cumplimiento de los límites máximos permisibles.

En conclusión, en la planta de James Brown Pharma se propone la implementación de acciones correctivas de ruido como barreras acústicas a los generadores eléctricos de emergencia, al caldero, a la planta de tratamiento de aguas residuales y silenciadores a los sistemas de ventilación de rejillas, debido a los altos niveles de presión sonora que emiten estas fuentes fijas. También se propone la buena práctica de uso de equipos de protección auditiva, controles de exposición al ruido y controles audio métricos para los trabajadores de la planta.

ABSTRACT

Noise is an environmental problem that has grown, due to industrialize activities. For the greater well-being of humans and the co-existence with fauna and flora in this world, it is necessary to comply with current legal regulations of maximum allowed limits of sound pressure level. High noise levels have consequences like: the irreversible hearing loss and several psychological problems. The objective of this research is to recommend corrective measures that will reduce occupational and environmental noise, to improve life quality of the inhabitants, which are surrounding the plant. The used methods for measuring the sound pressure levels were: in the the company exterior were taken with the use of NTI audio XL2 sonometry equipment and the measurements at the company interior were performed with the use of Cirrus Research plc dose Badge Reader dosimeter equipment. Once the results of the measurements were obtained, an analysis was made with the aid of the CadnaA software of noise maps modeling and an analysis of the TWA dose (Time-weighted average) in decibels that each worker is exposed to, inside the company.

The assessment of sound pressure levels from environmental noise were obtained from machinery that influences the boundaries of noise limits, and these are: the emergency electric generator #1 that produces an average of 90,3 dB and the generator #2 an average of 92,0 dB; both are automatically switched on once a week during a certain period of time. On the other hand, the wastewater treatment plant emits an average of 67,0 dB and the ventilation systems an average of 66,2 and 71,1 dB.

For occupational noise results, these were measured in relation with personal dosimetry from workers and it was determined that two workers exceeded the 85 dB dose rate with 85,2 and 89,0 dB.

Every assessment was compared with the current regulation of the country to determine proposals that will help with the compliance of the maximum allowed limits.

In conclusion, in James Brown Pharma it is recommended to implement corrective actions of noise, like acoustic barriers for the emergency electric generators, for the

boiler, for the wastewater treatment plant, and noise reduction to the grille fan window ventilation, because of the high sound pressure levels that these fixed sources release. The good practice of wearing hearing protective equipment, control of noise exposure, and audiometric controls for the workers from the plant is also recommended.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Confines estratégicos de la empresa	2
1.3. Instalaciones de la fábrica	2
1.4. Descripción de los procesos	4
1.5. Marco referencial	5
1.6. Objetivos	6
1.6.1. Objetivo general	6
1.6.2. Objetivos específicos	6
1.7. Alcance	7
1.8. Justificación	7
2. MARCO TEÓRICO	8
2.1. Marco legal	8
2.1.1. Constitución de la República del Ecuador R.O. N° 449 del 20 de octubre de 2008	8
2.1.2. Decreto ejecutivo 3516 Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente del Ministerio del Ambiente. R.O. Edición especial N°2 – marzo 31, 2003. Última modificación del marzo 29, 2017.	9
2.1.2.1. ANEXO 5: Niveles Máximos de Emisión de Ruido y Metodología de Medición para Fuentes Fijas y Fuentes Móviles	10
2.1.3. Ley de Gestión Ambiental suplemento del R.O. N° 418 del 10 de septiembre de 2004. Reformado el 22 de mayo del 2016.	11
2.1.4. Ley Orgánica de Salud. R.O. 423 – 22 de diciembre, 2006. Reformado el 18 de diciembre del 2015.	12
2.1.5. Decreto ejecutivo 2393 Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores R.O. 565 - 17 de nov de 1986. Reformado el 21 de feb del 2003	13
2.2. Características de la zona de estudio	14
2.2.1. Componente biofísico	14
2.2.2. James Brown Pharma S.A.	14
2.3. Conceptos teóricos	15
2.3.1. Sonido	15

2.3.2. Ruido	16
2.3.2.1. Tipos de ruido	16
2.3.2.2. Ruido Industrial	17
2.3.3. Medidas y curvas de nivel sonoro.....	18
2.3.4. Niveles de ruido	20
2.3.5. Sonometría	22
2.3.6. Dosimetría	23
2.3.7. Contaminación acústica.....	23
2.3.7.1. Exposición al ruido laboral	24
2.3.7.2. Efectos en la salud	25
2.3.7.3. Efectos económicos del ruido	26
2.3.8. Gestión del ruido.....	26
2.3.9. Sistemas de Información Geográfica.....	27
2.3.10. Mapas de ruido	27
2.3.10.1. Programa CadnaA	28
2.3.11. Acciones correctivas de ruido	29
2.3.12. Materiales de absorción.....	29
2.3.13. Equipos de protección auditiva	30
3. METODOLOGÍA	33
3.1. Determinación del lugar de estudio	33
3.2. Puntos de muestreo dosimetría.....	34
3.3. Dosímetro Cirrus Research plc doseBadge Reader	36
3.4. Puntos de muestreo sonometría	38
3.5. Sonómetro NTI AUDIO XL2	38
3.6. ARCMAP.....	39
3.7. Programa CadnaA	40
3.8. Cálculos a partir del índice acústico	41
3.9. Análisis estadístico del ruido	42
4. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN	42
4.1. Ruido ambiental	42
4.1.1. Mediciones Acústicas en el predio.....	42
4.1.2. Mediciones de emisión de ruido de la Infraestructura.....	43

4.1.3. Mediciones de maquinaria realizadas en el exterior	44
4.1.3.1. Mediciones alrededor del Caldero	44
4.1.3.2. Mediciones alrededor de la planta de tratamiento de aguas residuales	45
4.1.3.3. Mediciones alrededor del generador eléctrico #1 (Pequeño).....	46
4.1.3.4. Mediciones alrededor del generador eléctrico #2 (Grande).....	47
4.1.4. Mediciones alrededor de la maquinaria	48
4.1.5. Mediciones en el punto crítico de afectación	50
4.2. Ruido laboral.....	50
4.2.1. Protocolo de ingreso-salida y limpieza	51
4.2.2. Actividades de los operarios de maquinaria	52
4.2.3. Información de los trabajadores monitoreados	52
5. RESULTADOS	67
5.1. Sonometría	67
5.1.1. Mediciones acústicas en el predio	68
5.1.2. Mediciones de emisiones de la infraestructura	69
5.1.2.1. Mediciones alrededor del Caldero	70
5.1.2.2. Mediciones alrededor de la planta de tratamiento de aguas residuales	70
5.1.2.3 Mediciones alrededor del generador eléctrico #1 (Pequeño).....	71
5.1.2.4. Mediciones alrededor del generador eléctrico #2 (Grande).....	71
5.1.3. Mediciones alrededor de la maquinaria	72
5.1.4. Mediciones en el punto crítico de afectación	73
5.2. Dosimetría.....	73
6. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	75
6.1. Análisis de resultados de sonometría.....	75
6.1.1. Mediciones del predio.....	75
6.1.2. Mapas de Ruido (CadnaA)	76
6.1.2.1. Mapa de ruido #1	76
6.1.2.2. Mapa de ruido #2.....	79
6.1.2.3. Mapa de ruido #3.....	81
6.2. Análisis de resultados de dosimetría	83
6.2.1. Normativa vigente	83
6.2.2. Normativa vigente, TWA y porcentaje de dosis	84

6.2.3. Molestias auditivas al operar	84
6.2.4. Equipo de protección auditiva.....	85
6.2.5. Edad	86
6.2.6. Edad y TWA.....	87
6.2.7. Problemas auditivos	88
6.2.8. Edad y problemas auditivos.....	89
6.2.9. Años operando en el área designada	90
6.2.10. Años operando en el área, TWA y normativa vigente.....	91
7. PROPUESTA DE ACCIONES CORRECTIVAS PARA LA REDUCCIÓN DE RUIDO	92
7.1. Acciones correctivas para ruido laboral.....	92
7.1.1. Fuera de la fuente.....	92
7.1.2. De organización.....	96
7.2. Acciones correctivas para ruido ambiental	97
7.2.1. Barrera acústica a la planta de tratamiento de aguas residuales	97
7.2.2. Barrera acústica a los generadores eléctricos de emergencia	98
7.2.2.1. Generador #1.....	100
7.2.2.2. Generador #2.....	100
7.2.3. Implementación de silenciadores a sistemas de ventilación.....	101
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	103
8.1. Conclusiones	103
8.2. Recomendaciones	104
REFERENCIAS.....	107
ANEXOS	112

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

Desde la revolución industrial, se ha categorizado al ruido como un riesgo laboral, debido a la sustitución de mano de obra por maquinaria, causando alteraciones a la salud de los trabajadores expuestos. Las primeras evidencias, del daño auditivo constan en el régimen *Sanitatis Salernitanum*, en el año 1150, cuando apenas el ruido provenía de las actividades artesanales. En 1713 Bernardo Ramazzini escribió una obra, que explicaba la causa de la sordera en los trabajadores de minas de cobre, debido a los prolongados tiempos de exposición al ruido (Hernández y González, 2007).

A mediados del siglo XIX, el ruido ambiental ha crecido de una manera progresiva y exponencial, debida a: las actividades industriales, tráfico vehicular y otras actividades humanas, generando un problema para el medio ambiente. Las acciones para la reducción de la contaminación acústica, han sido menos prioritarias que otros tipos de contaminación como el aire o el agua (Ferran, 2003).

En febrero del año 2017, se concluyó el estudio de impacto ambiental de la planta James Brown Pharma. En el aspecto ambiental, de emisiones de ruido, la planta se ha propuesto las siguientes medidas, que son destinadas a la prevención, minimización y mitigación del impacto acústico:

- “Realizar mantenimientos trimestrales a los generadores de emergencia. Mantener registros de los mantenimientos realizados.”
- “Realizar monitoreo de ruido de forma semestral con laboratorios autorizados para dar cumplimiento con los parámetros establecidos por la autoridad ambiental.”
- “Realizar un mapa de ruido ambiental en el cual se identifiquen los valores de ruido de varios puntos alrededor de la empresa.”

- “Presentar en la Secretaría de Ambiente cada año, los formularios de monitoreo de ruido, aguas residuales y emisiones de gases, cumpliendo lo estipulado en la Norma Técnica Ambiental vigente.”

Debido a la tercera medida propuesta por el Estudio de Impacto Ambiental, se realizó como parte de este estudio, el mapa de ruido ambiental y adicionalmente se evaluó la exposición al ruido de los trabajadores. Además, se reconoció y se planteó soluciones, que benefician a los trabajadores y a los pobladores cercanos. Motivada la empresa James Brown Pharma S.A. por la importancia de los efectos del ruido tanto; en el ámbito ambiental como laboral apoyó a la realización de este estudio.

1.2. Confines estratégicos de la empresa

Misión: “Contribuir a la salud humana y pecuaria de del mercado local e internacional, ofreciendo productos de calidad, seguros y eficaces, cumpliendo con los requerimientos de los clientes, colaboradores y accionistas, respetando al ambiente y los valores corporativos.”

Visión: “Empresa con modelo de negocios enfocado en la satisfacción de sus clientes, con políticas definidas y métodos dinámicos de desarrollo de productos, que trabaja estratégicamente con sus proveedores y ha logrado enfrentar proactivamente las regulaciones vigentes.”

1.3. Instalaciones de la fábrica

- a. Entrada y guardianía: La planta cuenta, con un área de guardianía en la entrada, donde se encuentran dos personas de seguridad, que llevan un registro de todos los trabajadores que ingresan a la farmacéutica y un registro de las visitas externas.
- b. Parqueaderos: Existen dos áreas de parqueaderos, uno a disposición de los trabajadores del área administrativa y el otro para el resto de trabajadores y el

personal de visita. A finales del año 2017, se creará un área más de parqueaderos debido a una ampliación.

- c. Oficinas administrativas: Se encuentran ubicadas en la parte frontal de las instalaciones junto al parqueadero de los trabajadores administrativos.
- d. Comedor: James Brown Pharma cuenta con un comedor para el servicio de sus trabajadores. Los almuerzos son servidos a partir de las 12:00 hasta las 14:00 horas. El comedor está ubicado en la entrada de la planta al lado del área de guardianía.
- e. Planta de producción: Está dividida en sub-áreas: recepción, producción, almacenamiento, control de calidad, aseguramiento de calidad, etc.
- f. Taller de mantenimiento: En donde se lleva a cabo el chequeo preventivo de maquinarias y equipos.
- g. Área recreativa: Es un área destinada para la realización de deportes, ayuda al entretenimiento y socialización del personal, que influye en el desempeño de sus trabajadores.
- h. Bioterio: Lugar donde se realiza el manejo de animales de laboratorio.
- i. Bodega #1: Esta ubicada en la parte posterior de la planta, donde se recibe y se almacena toda la materia prima y los productos por despachar.
- j. Bodega #2: Está ubicada fuera de la planta de producción, frente a las oficinas administrativas. Es utilizada para el almacenamiento temporal de medicamentos caducados, hasta ser entregados al gestor de desechos peligrosos y de la misma manera es almacenada la maquinaria en desuso.
- k. Bodega #3: Está ubicada fuera del área de la planta de producción, a un costado de la bodega #2, es utilizada para el almacenamiento temporal de

desechos peligrosos y no peligrosos, para ser entregados a sus respectivos gestores.

1.4. Descripción de los procesos

- a. Recepción de materia prima: En esta área se realiza la recepción y el almacenamiento de toda la materia prima.
- b. Planificación de producto: En esta área, se especifica qué cantidad de materia prima es necesaria, para la elaboración de un producto específico, de aquí salen las órdenes de producción.
- c. Área de producción: Aquí se realizan las acciones necesarias para la transformación de la materia prima, en los productos requeridos. Los productos que se elaboran son los siguientes: cápsulas blandas, productos semisólidos como jaleas y productos líquidos.
 - I. Central de lavado: Se garantiza la limpieza de los equipos y utensilios, para la eliminación de contaminación.
 - II. Área de sopleteado de frascos: Se esteriliza los frascos y se elimina la contaminación del medicamento o producto.
 - III. Área de producción de cápsulas blandas: Forma de sellar una dosificación compuesta de polvos, pastas, soluciones, granulados, entre otros dentro de una gelatina blanda.
 - IV. Área de semisólidos: Se desarrollan fármacos heterogéneos, que se aplican de forma cutánea.
 - V. Área de jeringas pre llenadas: Para procesos automatizados el producto dentro de las jeringas es liberado fácilmente y son desechables.
 - VI. Área de productos líquidos: Se elaboran productos orales de tipo jarabe. Son soluciones con diferentes fines, normalmente componen saborizantes y se administran de forma oral.

- VII. Área de inyectables: Se produce un líquido o semilíquido, constituido por uno o más suplementos y se lo administra por vía subcutánea, intravenosa, etc.
 - VIII. Área de polvos solubles: Elaboración de suspensiones orales concentradas.
 - IX. Área de control de calidad: Garantiza la calidad y las especificaciones, de todo producto, que realiza la empresa. Para aprobar su distribución al mercado.
 - X. Área de empaque: Se empaquetan la totalidad de productos terminados y esperan un período de cuarentena, para ser trasladados a la bodega de almacenamiento.
- d. Fase de abandono y cierre: En el momento que la planta termina con sus operaciones, como parte del Estudio de Impacto Ambiental, la planta se encargará de las siguientes actividades como: desmontaje de equipos, readecuación de infraestructura y tratamiento de suelo contaminado.

1.5. Marco referencial

En la actualidad, el ruido es uno de los problemas que sufren las ciudades industrializadas. La planta James Brown Pharma fabrica productos veterinarios y de consumo humano, que, durante la fase de producción y mantenimiento, presentan altos niveles de ruido, debido a la manipulación de maquinaria y equipos. Cuando se reconoció, el riesgo del problema de ruido, se procedió a la implementación de propuestas reductoras de los niveles de presión sonora. Mediante el conocimiento cuantitativo de diferentes acciones y mediante el análisis de resultados, a partir del uso de los instrumentos de medición (Autoridad Ambiental con Alternativas de Desarrollo, 2007).

El tipo de suelo donde se encuentra ubicada la planta, está categorizado como tipo: Industrial 2, el problema radica en que, en la actualidad el sector está categorizado como tipo de suelo agrícola o residencial. De esta manera se evidenció que existe un problema de ordenamiento territorial en la zona.

Para la evaluación del ruido, se realizó un mapa sonoro, que consiste en un conjunto de mediciones o modelaciones de ruido, distribuidas en el espacio y en el tiempo (Suárez, 2006). El mapa de ruido, determina los sectores donde existe un mayor nivel de ruido y a partir de ahí, se plantearon acciones de reducción de ruido. Se utilizó un programa que predice la propagación del ruido, cuya utilización ayuda, a que el análisis sea más sencillo y para que se realicen modelamientos de gran extensión (Ministerio del Medio Ambiente, 2011). Uno de los programas que realiza estas funciones se llama *Computer Aided Noise Abatement (CADNAA)*. Al contrastar las mediciones, se tomaron en cuenta varios requerimientos básicos, tales como: el tipo de sonómetro que se utilizó, la calibración previa del equipo, la determinación de los puntos de muestreo, entre otros (Echeverri y González, 2011).

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Desarrollar un plan de reducción de niveles de presión sonora tanto en el exterior como en el interior, en el ámbito ambiental y laboral de la planta James Brown Pharma, mediante el uso de herramientas y programas de evaluación.

1.6.2. Objetivos específicos

- i. Realizar un mapa de ruido, mediante el uso de un sonómetro integrador y del programa de modelamiento CadnaA.
- ii. Determinar el nivel de presión sonora, durante la jornada laboral, de los trabajadores mediante el uso de dosímetros personales.
- iii. Proponer acciones correctivas para la reducción de ruido en las fuentes externas y a los operadores, mediante la identificación de áreas críticas de ruido.

1.7. Alcance

Con esta evaluación acústica, se aportaron soluciones que disminuyan el riesgo en la salud de los trabajadores, actuales y futuros de la planta y así mejorar su rendimiento. Además, se buscó la reducción de la afectación, que presentan los pobladores cercanos, por el ruido generado en la planta, y de esta manera mejorar la relación con sus vecinos.

Para la realización del mapa de ruido, se utilizó el programa CadnaA, con las mediciones acústicas que se hicieron, en la planta James Brown Pharma y se analizaron las áreas de mayor afectación. Con los datos obtenidos, se elaboró una propuesta de disminución de ruido, para la población limitante y a sus trabajadores.

Se monitoreó durante una jornada laboral completa, el ruido laboral de los puestos de trabajo, expuestos a riesgos auditivos. Las mediciones personales se abordaron durante el horario vespertino. El monitoreo de ruido ambiental, se realizó en varios puntos de muestreo, en donde existía mayor concentración de ruido.

1.8. Justificación

Este estudio planteó soluciones a la planta James Brown Pharma, al problema de ruido tanto ambiental como laboral, mediante la disminución del nivel de presión sonora. Por esta razón, se elaboró un mapa de ruido de la planta y se realizó mediciones de dosimetría personal a los trabajadores mayormente expuestos al ruido, para la implementación de propuestas de reducción de los niveles de presión sonora, según los datos obtenidos en este estudio.

La evaluación del impacto ambiental, de las industrias, de las infraestructuras y del transporte, empezaron a incorporar aspectos relacionados con el ruido. La gestión del ruido empezó a ganar importancia, desde las fases iniciales del diseño de los planes urbanísticos (CAEND, 2011). La empresa ha asumido el compromiso de gestión ambiental de sus actividades, y ha creado su propia política ambiental, que le proporciona un marco general, de actuación en el funcionamiento de sus objetivos y

metas. Por lo tanto, la empresa James Brown Pharma se comprometió durante la realización de su Estudio de Impacto Ambiental, a la identificación de la proyección del ruido, hacia los lugares poblados más cercanos y la reducción de la tasa de exposición al ruido en los trabajadores. Ante un análisis exhaustivo, de los niveles de ruido, se establecieron propuestas que no solo sean satisfactorias para los 150 empleados que trabajan en dicha empresa, sino también para los vecinos aledaños.

Se tomaron medidas que eliminen o reduzcan al mínimo la exposición al ruido, mediante la implementación de silenciadores o barreras acústicas con materiales absorbentes que se evalúan a partir del coeficiente de absorción, para la disminución de la propagación de ruido ambiental. Tanto la planta como los trabajadores, deberán cumplir con las propuestas planteadas en este estudio, para la prevención de problemas a la salud como algún daño auditivo o problemas psicológicos (Näf, 2013).

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Marco legal

El marco legal se cumple, debido a que es un requisito necesario para que la planta James Brown Pharma pueda operar. A continuación, se mencionan los principales artículos en relación a la contaminación acústica, en beneficio de los trabajadores, pobladores cercanos y del cuidado del medio ambiente.

2.1.1. Constitución de la República del Ecuador R.O. N° 449 del 20 de octubre de 2008.

- Título II: Derechos

“Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país,

la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.”

“**Art. 74.-** Las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades tendrán derecho a beneficiarse del ambiente y de las riquezas naturales que les permitan el buen vivir. Los servicios ambientales no serán susceptibles de apropiación; su producción, prestación, uso y aprovechamiento serán regulados por el Estado.”

- Título VII: Régimen del buen vivir

“**Art. 395.-** La Constitución reconoce los siguientes principios ambientales: (...)

2. Las políticas de gestión ambiental se aplicarán de manera transversal y serán de obligatorio cumplimiento por parte del Estado en todos sus niveles y por todas las personas naturales o jurídicas en el territorio nacional.”

2.1.2. Decreto ejecutivo 3516 Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente del Ministerio del Ambiente. R.O. Edición especial N°2 – marzo 31, 2003.

LIBRO VI: De calidad ambiental

- TÍTULO III: Del sistema único de manejo ambiental

“**Art. 224.-** De la evaluación, control y seguimiento. - La Autoridad Ambiental Competente, en cualquier momento podrá evaluar o disponer al Sujeto de Control la evaluación de la calidad ambiental por medio de muestreos del ruido ambiente y/o de fuentes de emisión de ruido que se establezcan en los mecanismos de evaluación y control ambiental.

Para la determinación de ruido en fuentes fijas o móviles por medio de monitoreos programados, el Sujeto de Control deberá señalar las fuentes utilizadas diariamente y la potencia en la que funcionan a fin de que el muestreo o monitoreo sea válido; la omisión de dicha información o su entrega parcial o alterada será penada con las sanciones correspondientes.”

“**Art. 225.-** De las normas técnicas. - La Autoridad Ambiental Nacional será quien expida las normas técnicas para el control de la contaminación ambiental por ruido, estipuladas en el Anexo V o en las normas técnicas correspondientes. Estas normas establecerán niveles máximos permisibles de ruido según el uso del suelo y fuente, además indicará los métodos y procedimientos destinados a la determinación de los niveles de ruido en el ambiente, así como disposiciones para la prevención y control de ruidos.

Son complementarias las normas sobre la generación de ruido industrial, la que será tratada por la autoridad competente en materia de Salud y en materia Laboral.”

“**Art. 226.-** De la emisión de ruido. - Los Sujetos de Control que generen ruido deberán contemplar todas las alternativas metodológicas y tecnológicas con la finalidad de prevenir, minimizar y mitigar la generación de ruido.”

2.1.2.1. ANEXO 5: Niveles Máximos de Emisión de Ruido y Metodología de Medición para Fuentes Fijas y Fuentes Móviles

- Introducción

“La presente norma técnica es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional.

La presente norma técnica determina o establece:

- XI. Los niveles máximos de emisión de ruido emitido al medio ambiente por fuentes fijas de ruido (FFR).
- XII. Los niveles máximos de emisión de ruido emitido al medio ambiente por fuentes móviles de ruido (FMR).
- XIII. Los métodos y procedimientos destinados a la determinación del cumplimiento de los niveles máximos de emisión de ruido para FFR y FMR.”

- Niveles máximos de emisión de ruido para FFR y FFM

“4.1.1 El nivel de presión sonora continua equivalente corregido, L_{Keq} en decibeles, obtenido de la evaluación de ruido emitido por una FFR, no podrá exceder los niveles que se fijan en la Tabla 1, de acuerdo al uso del suelo en que se encuentre.”

Tabla 1.

Niveles máximos de emisión de ruido para fuentes fijas de ruido.

NIVELES MÁXIMOS DE EMISIÓN DE RUIDO PARA FFR		
Uso de suelo	L _{Keq} (dB)	
	Periodo Diurno	Periodo Nocturno
	07:01 hasta 21:00 horas	21:01 hasta 07:00 horas
Residencial (R1)	55	45
Equipamiento de Servicios Sociales (EQ1)	55	45
Equipamiento de Servicios Públicos (EQ2)	60	50
Comercial (CM)	60	50
Agrícola Residencial (AR)	65	45
Industrial (ID1/ID2)	65	55
Industrial (ID3/ID4)	70	65
Uso Múltiple	Cuando existan usos de suelo múltiple o combinados se utilizará el L _{Keq} más bajo de cualquiera de los usos de suelo que componen la combinación. Ejemplo: Uso de suelo: Residencial + ID2 L _{Keq} para este caso = Diurno 55 dB y Nocturno 45dB.	
Protección Ecológica (PE) Recursos Naturales (RN)	La determinación del L _{Keq} para estos casos se lo llevara a cabo de acuerdo al procedimiento descrito en el Anexo 4.	

Tomado de (LEXIS, 2014).

“4.1.5 Es obligación de la FFR en usos de suelo PE y RN realizar un estudio del nivel de ruido ambiental existente en la zona. Este estudio debe establecer los niveles de ruido ambiental natural típicos (sin lluvias u otro ruido dominante ajeno al que existe naturalmente) para los periodos diurno y nocturno establecidos en esta norma.”

2.1.3. Ley de Gestión Ambiental suplemento del R.O. N° 418 del 10 de septiembre de 2004. Reformado el 22 de mayo del 2016.

- TÍTULO I: Ámbito y principios de la Gestión Ambiental

“Art. 1.- La presente Ley establece los principios y directrices de política ambiental; determina las obligaciones, responsabilidades, niveles de participación de los

sectores público y privado en la gestión ambiental y señala los límites permisibles, controles y sanciones en esta materia.”

2.1.4. Ley Orgánica de Salud. R.O. 423 – 22 de diciembre, 2006.

- LIBRO II: Salud y seguridad ambiental

“**Art. 95.-** La autoridad sanitaria nacional en coordinación con el Ministerio de Ambiente, establecerá las normas básicas para la preservación del ambiente en materias relacionadas con la salud humana, las mismas que serán de cumplimiento obligatorio para todas las personas naturales, entidades públicas, privadas y comunitarias.

El Estado a través de los organismos competentes y el sector privado está obligado a proporcionar a la población, información adecuada y veraz respecto del impacto ambiental y sus consecuencias para la salud individual y colectiva.”

“**Art. 111.-** La autoridad sanitaria nacional, en coordinación con la autoridad ambiental nacional y otros organismos competentes, dictará las normas técnicas para prevenir y controlar todo tipo de emanaciones que afecten a los sistemas respiratorio, auditivo y visual.

Todas las personas naturales y jurídicas deberán cumplir en forma obligatoria dichas normas.”

“**Art. 118.-** Los empleadores protegerán la salud de sus trabajadores, dotándolos de información suficiente, equipos de protección, vestimenta apropiada, ambientes seguros de trabajo, a fin de prevenir, disminuir o eliminar los riesgos, accidentes y aparición de enfermedades laborales.”

2.1.5. Decreto ejecutivo 2393 Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores R.O. 565 - 17 de nov de 1986.

- TÍTULO II: Condiciones generales de los centros de trabajo

Art. 53.- CONDICIONES GENERALES AMBIENTALES: VENTILACIÓN, TEMPERATURA Y HUMEDAD.

“4. 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 solo cuando resultaren técnicamente imposibles las acciones precedentes, se utilizarán los medios de protección personal, o la exposición limitada a los efectos del contaminante.”

Art. 55.- RUIDOS Y VIBRACIONES.

“6. Se fija como límite máximo de presión sonora el de 85 decibeles escala A del sonómetro, medidos (sic) en el lugar en donde el trabajador mantiene habitualmente la cabeza, para el caso de ruido continuo con 8 horas de trabajo. No obstante, los puestos de trabajo que demanden fundamentalmente actividad intelectual, o tarea de regulación o de vigilancia, concentración o cálculo, no excederán de 70 decibeles de ruido.”

“7. 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 siguiente tabla:”

Tabla 2.

Los distintos niveles sonoros con sus correspondientes tiempos de exposición permitidos.

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

Adaptado de (Industrias Ecuador, 1994).

2.2. Características de la zona de estudio

2.2.1. Componente biofísico

El sector El Rosal, ubicado en la parroquia Pifo, tiene un suelo de formación volcánico, en donde predomina la Cangagua u Holoceno, en el que existe una mezcla variable entre: arena, limo y arcilla, con presencia de estratificaciones de pómez y lapilli. También presenta una formación de Chiche o Pleistoceno, que está compuesto de capas de arena gruesa y cenizas. La zona tiene una pendiente que varía del 2 - 5%. Tiene una altura que varía entre los 2500 - 2560 m.s.n.m. (Capservs Medios, 2015). El clima de la zona es templado y lluvioso, y consta de dos estaciones, verano de junio a diciembre e invierno de enero a mayo.

2.2.2. James Brown Pharma S.A.

El Sr. James Brown Sweeney llegó al Ecuador en el año de 1947, participó en el proyecto de colonización angloamericana. Su propósito fue, ser agricultor y ganadero en la zona tropical del Ecuador, pero con el tiempo se dio cuenta, que existía una gran deficiencia en el mercado local de fármacos veterinarios. Por esta razón, en 1971 fue

distribuidor oficial para el Ecuador de la Compañía Anchor, localizada en E.E.U.U. y nació así la compañía James Brown Pharma Productos Veterinarios. En 1977, la planta industrial inició sus operaciones en la localidad de Puenbo.

En 1990 se inició las exportaciones a Bolivia, Venezuela, República Dominicana, Perú, Panamá; Guatemala y Costa Rica con los que se posicionaron entre los líderes del mercado en el año 2001.

En el año 2003 la empresa, recibió la certificación ISO 9001:2000. Y en el año 2005 recibió la Certificación de Buenas Prácticas de Manufactura. En el año 2007 empezaron a comercializar la línea humana de fármacos y cambiaron su razón social a James Brown Pharma S.A. En el año 2012 la empresa creó la división de productos veterinarios para mascotas. En el año 2017 se realizó un Estudio de Impacto Ambiental, para llevar a cabo el cumplimiento de la normativa ambiental vigente. Además, cuenta con certificados de calidad de Buenas Prácticas de Manufactura y la certificación internacional ISO 9001-2008. En los últimos años se realizó, una importante inversión en cuanto a la ampliación y remodelación de las plantas de producción en Pifo y adquisiciones de nuevos equipos, con el objetivo de mantener y garantizar productos de calidad.

2.3. Conceptos teóricos

2.3.1. Sonido

El sonido, un fenómeno físico, ocurre cuando las partículas presentan una alteración mecánica en un medio elástico, que es producido por la vibración de un elemento y que provoca una sensación auditiva. El medio por el que se transmiten, las vibraciones, es normalmente por el aire y es en forma de ondas sonoras. Estas ondas hacen vibrar la membrana del tímpano, cuando se introduce por el pabellón del oído, pasan por el oído medio hasta llegar al oído interno, donde estimulan las terminales del nervio auditivo transportando los impulsos neuronales al cerebro (Segués, 2007). Para un mejor entendimiento, Fernández (2000), explica las ondas acústicas de la siguiente manera:

“La sucesión de compresiones y enrarecimientos que provoca la onda acústica al desplazarse por el medio hace que la presión existente fluctúe en torno a su valor de equilibrio; estas variaciones de presión actúan sobre la membrana del oído y provocan en el tímpano vibraciones forzadas de idéntica frecuencia, originando la sensación de sonido. Un oído humano normal sólo puede convertir en sensación sonora variaciones de presión que oscilen con una frecuencia entre 16 y 20.000 Hz y cuya amplitud supere el denominado umbral de audición y no exceda el de sensación de dolor.”

2.3.2. Ruido

El ruido es un sonido indeseado, que perjudica la salud física y psíquica. Para caracterizarlo se utilizan las variables de presión en un punto, la potencia de la fuente y la intensidad (Fernández, 2000).

2.3.2.1. Tipos de ruido

Existen diferentes tipos de ruido, y su distinción ayuda a la selección de equipos y a la duración del monitoreo de ruido ambiental:

- a. Ruido continuo: Es producido por maquinaria, que opera sin ninguna interrupción de manera estándar, como sistemas de ventilación, bombas, máquinas de procesos y de manufactura. Un equipo sonoro manual, es suficiente para la determinación del nivel de ruido durante pocos minutos.
- b. Ruido intermitente: Ocurre cuando el nivel de ruido incrementa o decrece rápidamente, normalmente cuando la maquinaria opera mediante ciclos o cuando existen flujos momentáneos, de vehículos o de aeronaves. Cuando pasa una unidad vehicular o aérea se llama evento o suceso.
- c. Ruido Impulsivo: Es el ruido producido por impactos o explosiones de manera breve.

- d. Tonos en el ruido: Son producidos por máquinas con partes rotativas o por desequilibrios o impactos repetitivos, que generan vibraciones por superficies hacia el aire.
- e. Ruido de baja frecuencia: Tiene energía acústica significativa, en un rango de frecuencia de 8 a 100 Hz. Generalmente es producido por maquinaria grande, con motores a diésel, como los generadores de electricidad y calderos. Se propaga en todas las direcciones y es más difícil de amortiguar (Faridi, 2013).

2.3.2.2. Ruido Industrial

El ruido industrial, depende de la fuente y de las actividades antrópicas. Este tipo de ruido, se divide en dos: en ruido ambiental y en ruido laboral. El ruido laboral, está relacionado con el ruido interno, los aspectos que afectan la salud auditiva y psicológica de los trabajadores. Se buscan soluciones, para garantizar el confort de los mismos. El ruido ambiental se relaciona con el ruido exterior y la afectación con los vecinos de la zona industrial. Su riesgo es alto, debido a los procesos mecanizados, que generan fuertes niveles de ruido continuos. Los problemas de salud, son producidos por actividades de varios procesos industriales, como minería, en canteras, ingeniería pesada, construcciones grandes de ingeniería, máquinas con potentes motores de combustión, sistemas de ventilación, entre muchos otros. El ruido industrial, varía en intensidad y frecuencia por lo que existen múltiples fuentes, y cada fuente tiene sus propias características de operación, potencia, periodo y características de situación como altura, distancia de elementos, cerramientos y presencia de barreras acústicas (Andana Comunicación, 2014). Las técnicas correctivas o preventivas son las siguientes:

- Medidas en la fuente
- Medidas fuera de la fuente
- Medidas organizativas

2.3.3. Medidas y curvas de nivel sonoro

- Decibelio: Para la determinación de si un sonido es más fuerte que otro, la magnitud física está representada por la unidad de medida de presión en Pascales. Esta magnitud es muy grande, para indicar lo que el oído puede captar, a pesar de que se utilizan submúltiplos. El oído puede detectar, entre los 20 μPa a 20 Pa. Para el cálculo de escalas a partir de la sensibilidad auditiva se utiliza una medida logarítmica llamada Belio. Es una medida, no lineal en la que también se utiliza un submúltiplo llamado decibelio y determina el nivel de presión sonora.

La presión de referencia normalmente es de 20 μPa , por lo que las mediciones se las realiza en el aire. Dentro del agua, la presión de referencia será de 1 μPa . Debido a que en un medio líquido los niveles de presión acústica son 26 dB más que en el aire (Domingo, 2010, pp. 13-14).

- a. Curvas Isofónicas: También llamadas curvas de igual sonoridad, representan los niveles de presión sonora con el mismo sonido, para diferentes frecuencias del espectro audible. Todos los puntos sobre la curva, ya sea en diferentes frecuencias, tendrán la misma sensación de sonoridad. Las curvas han sido denominadas como las curvas Fletcher-Munson, como se muestra en la figura 1.

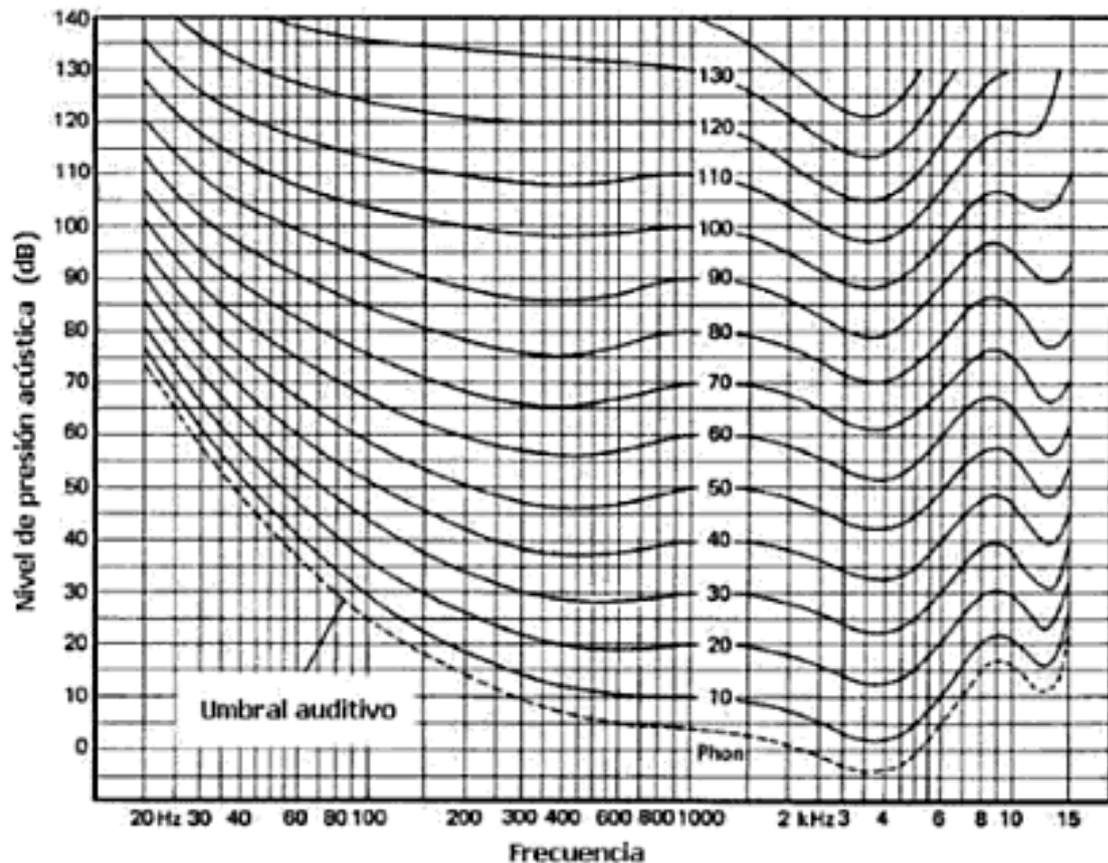


Figura 1. Curvas isofónicas

Tomado de (Acústica y Sonido, 2014).

- b. Ponderación: Mientras que los dB del nivel de presión sonora, describen el fenómeno físico, los dB ponderados describen los niveles de sonoridad existentes, con el fin de comparar los datos reales de campo a lo que realmente oyen los humanos. Surgen filtros de ponderación frecuencial, para los medidores acústicos, para saber cuáles curvas isofónicas ponderar para el sonido medido y cuál frecuencia debe cambiar. Existen cuatro curvas de ponderaciones: la A (para niveles de sonoridad de menos de 55 fonios), la B (entre 55 y 80 fonios), la C (más de 80 fonios) y la D, para ruido de aviones (Casado, 2011). Las curvas de las ponderaciones se pueden ver en la figura 2, que se muestra a continuación:

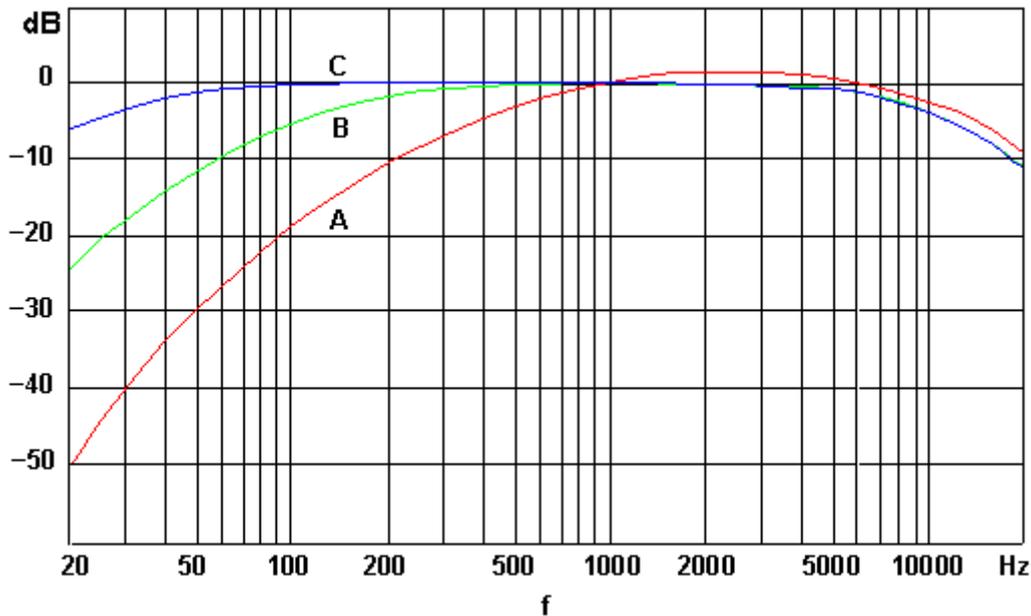


Figura 2. Curva de ponderación
Tomado de (Miyara, 2013).

2.3.4. Niveles de ruido

- a. Nivel de presión sonora (L o NPL): Puede expresarse con ponderación A debido a que es la más habitual para estudios medioambientales. Se lo calcula en un determinado tiempo de estudio, para que analice los valores máximos y mínimos, L_{Amax} y L_{Amin} . El nivel aporta variaciones en las mediciones, que ayudan a un posterior análisis. Ver ecuación 1.

$$NPL = 20 \log(p/p_0) \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde,

p es la presión acústica, percibida en el punto de medición,

p_0 es la presión de referencia.

- b. Nivel de presión sonora continuo equivalente (LAeq, LCEq, LAeq): También denominado ruido total. Es la representación de la energía sonora, que es percibida por un receptor, durante un intervalo de tiempo determinado, utiliza la red de ponderación A, y su ecuación es (TULSMA, 2017):

$$Leq = 10 \log(\sum(p^2/p_0^2)/n) \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde,

n es el número de muestreos realizados.

También se expresa de esta manera:

$$Leq = 10 \log(\sum(L_i/10)/n) \quad (\text{Ecuación 3})$$

Donde,

L_i es todos los niveles de presión sonora, en un punto de muestreo.

- c. Ruido residual: También llamado ruido ambiental, es un nivel de ruido bastante constante y bajo. Es categorizado por la falta de influencias antrópicas. Es el ruido que, en cierta posición, los sonidos específicos en consideración son suprimidos. De acuerdo con la ISO 1996.2:2007 si el ruido residual es mayor que el nivel de presión sonora no hay necesidad de que se realice una corrección, (Murphy y King, 2014, pp. 36-37).
- d. Nivel de ruido específico (Le_A , Le_C , Le_{AI}): Es el ruido que será generado y emitido por una fuente fija o móvil. Se lo calcula a partir del NPL y la corrección por ruido residual (K_A , K_C , K_{AI}), primero se calcula K , como se puede ver en la ecuación 4:

$$K = -10 \log(1 - 10^{-0.1(\Delta)L}) \quad (\text{Ecuación 4})$$

Donde,

(Δ) es el ruido total promedio, menos el ruido residual promedio.

De esta manera, se calcula el ruido específico con las siguientes ecuaciones:

$$Le_A = LAeq - K_A \quad (\text{Ecuación 5})$$

$$Le_C = LCEq - K_C \quad (\text{Ecuación 6})$$

$$Le_{AI} = LA_{Ieq} - K_{AI} \quad (\text{Ecuación 7})$$

- e. Nivel de Presión Sonora Continua Equivalente Corregido (LKeq): Se obtiene a partir del contenido energético en frecuencia bajas (k_{BF}) y de características de impulsividad (k_{IMP}). Este nivel de presión sonora, es el que no podrá exceder los límites permisibles de la normativa regulatoria. En caso de que se excedan, deberán tomarse medidas correctoras.

$$k_{BF} = Le_C - Le_A \quad (\text{Ecuación 8})$$

$$k_{IMP} = Le_{AI} - Le_A \quad (\text{Ecuación 9})$$

$$LKeq = Le_A + k_{BF} + k_{IMP} \quad (\text{Ecuación 10})$$

Los valores obtenidos de bajas frecuencias y de impulsividad, se obtienen a partir de las siguientes especificaciones: si k_{BF} y k_{IMP} son menores a 10 no hay corrección, si comprende un valor entre 10 a 15 se le aumenta 3 dB, y si el valor resultante es mayor a 15 se le aumentará 6 dB (TULSMA, 2017).

2.3.5. Sonometría

Existen dos tipos de sonómetros: los generales que miden y generan instantáneamente el nivel de presión sonora, en decibeles de un determinado ambiente sonoro, mientras que por otro lado existen los sonómetros integrados y promediadores, que no solo calculan el nivel de presión sonora, sino que también proporcionan varios parámetros, como el nivel de presión sonora equivalente, nivel de presión sonora con promedio temporal lento o rápido y en algunos equipos el nivel de exposición sonora. Su ventaja es que tienen la capacidad de pasar todos los datos de las mediciones, a un computador y además genera algunos análisis con frecuencias (Burbano y Flores, 2009).

Los sonómetros también se clasifican según su exactitud, en la medida del sonido. El creador de esa clasificación es el estándar internacional IEC 615, que los divide en sonómetros de tipo: 0, 1 y 2, desde el más preciso, al menos preciso. Además, la clasificación no solo existe para los sonómetros, sino que también los calibradores

tienen la misma clasificación. Van desde los más precisos a menos precisos, según la capacidad que tienen para mantener un nivel de ruido estable y así obtener resultados más precisos al momento de la realización de las mediciones (Burbano y Flores, 2009).

2.3.6. Dosimetría

La dosimetría consiste en la medición de la dosis que recibe una persona expuesta al ruido, durante un determinado tiempo. Esta medición se realiza mediante la implementación de dosímetros personales, en este estudio se utilizó el dosímetro *Cirrus Research plc doseBadge Reader*. Generalmente este método, se utiliza para la medición de la exposición al ruido, en centros de trabajo, pero también existen estudios realizados para la medición de la tasa de dosis que recibe una persona dentro de un vehículo o la dosis de ruido que recibe una persona durante 24 horas, en su rutina diaria. El dosímetro calcula automáticamente, la dosis acumulada que recibe el portador del micrófono y a su vez, calcula el porcentaje de exposición (García, 2004). Con los resultados obtenidos, se realizan las comparaciones con la normativa vigente de cada país, para la determinación de si cumple o no con los niveles máximos exposición sonora.

2.3.7. Contaminación acústica

A lo largo de la historia, se ha manifestado al ruido como un problema social en todo el mundo. En la antigüedad, el ruido era principalmente generado por las actividades humanas preindustriales, sin efectos negativos sobre la salud y el medio ambiente. Con el transcurso del tiempo, la industrialización ha generado, un aumento exponencial en el ruido ambiental y en el laboral (Sanz y Garrido, 2003).

El ruido es un sonido que genera discomfort acústico, dependiendo del tipo de frecuencia en el que se encuentra y es el causante de varias enfermedades. En la actualidad, el desarrollo en las ciudades, ha causado un gran incremento en el nivel de presión sonora, generando a la ciudadanía un bajo nivel de calidad de vida. La

Organización Mundial de la Salud determinó que el nivel máximo permisible para una persona es de 65 dB (Sanz y Garrido, 2003).

Debido a que el ruido es un problema global, se está enfatizando más en la elaboración de medidas correctivas, mediante el análisis de mapas acústicos, que determinan los lugares más críticos de niveles de ruido. Una de las principales causas de la contaminación acústica, es el ruido industrial, el aumento del tráfico vehicular y el movimiento aéreo (Sanz y Garrido, 2003).

2.3.7.1. Exposición al ruido laboral

Una prolongada exposición al ruido, genera problemas auditivos graduales e irreversibles y se perciben en el transcurso de algunos años, durante la misma exposición de ruido en la jornada laboral. El ruido afecta a los trabajadores de mineras, industrias, construcciones, aeronáuticas, entre otras.

El ruido laboral es controlado mediante equipos de protección auditiva, barreras acústicas o silenciadores. Además, en empresas donde existen altos niveles de ruido, es fundamental la realización de controles médicos periódicos, para que se analice la capacidad de audición de cada trabajador, mediante audiometría. Si existiera el caso de que un empleado supere un 15% de incapacidad, la empresa se ve obliga de retirar inmediatamente a dicho trabajador, de la exposición al ruido, y debe proporcionar una ayuda económica (Merino, Zapata y Kulka, 2006).

Existen leyes laborales, medidas de control de ruido, equipos de protección y, aun así, con todos estos elementos siguen existiendo casos críticos de trabajadores que se ven expuestos a niveles altos de ruido. Uno de los problemas es la falta de métodos de control, en las áreas de trabajo. Con un control adecuado de: certificados de calidad de equipos, registros de mantenimiento, buen uso del equipo auditivo según el nivel de ruido recibido y capacitación a los trabajadores sobre los efectos del ruido en la salud, se logrará una reducción del riesgo de los problemas auditivos.

2.3.7.2. Efectos en la salud

La exposición prolongada al ruido, tiene como consecuencia varios problemas de salud, no solo relacionados a la pérdida de audición, sino que también generan problemas de estrés, mareos, vértigo, insomnio, fatiga, entre otros. A partir de 80 dB se crea la molestia auditiva, que trae como consecuencia varios problemas a largo plazo. El ruido genera alteraciones nerviosas, en el cerebro y aumenta la adrenalina, causando un cambio en la conducta humana. Se han demostrado datos de que el 50% de la población mayor a 65 años, sufren de problemas auditivos como la sordera debido a la sobreexposición al ruido laboral. Los problemas auditivos de personas mayores de 45 años, son más propensos, debido a que, desde esta edad empieza a existir un envejecimiento del oído interno, llamado presbiacusia. Pero la sobreexposición al ruido, puede dejar sensible la parte interna del oído y dar lugar a cualquier otra patología acústica (Restrepo, 2011, p 57).

La presbiacusia es la enfermedad definida como la pérdida de audición, en altas frecuencias debido al envejecimiento. Es causada por una degradación de la cóclea, que genera un descenso en la curva audiométrica y empieza a afectar a los pacientes a partir de los 40 años. El sonido se identifica, según su frecuencia y su intensidad en Hertz y decibeles respectivamente (Pedraza y Delgado, 2008, p 91).

La fatiga auditiva es una alteración que se produce en el sistema auditivo, debido a la duración de exposición e intensidad. Este problema no llega a un nivel de lesión y se puede recuperar la capacidad auditiva con reposo, evitando al máximo la exposición a ruido (Näf, 2013).

La hipoacusia es ocasionada debido a una exposición elevada de ruido, a una intensidad alta durante un tiempo determinado. Dependiendo del tiempo de exposición, aumenta la pérdida de audición en intervalos de frecuencias bajas. Es catalogada como una enfermedad profesional y en el caso de que exista algún trauma acústico, se le denomina accidente acústico, por la falta de cumplimiento de todas las medidas necesarias de seguridad (Näf, 2013). La hipoacusia es una enfermedad irreversible, que empeora con el tiempo y en personas de avanzada edad, se suma la pérdida auditiva por presbiacusia.

El trauma acústico, es ocasionado por ruidos muy intensos y generan tal presión que dañan al tímpano o fracturan los huesecillos. También genera una sordera inmediata y en ocasiones es temporal o se puede recuperar de forma total (Näf, 2013).

La influencia del ruido industrial hacia los trabajadores, es el resultado de la presentación de varias molestias, como: náuseas, sorderas y vértigos. La Organización Mundial de la Salud informó, que el ruido laboral es un gran problema de salud pública, que se vive en la actualidad debido a los graves efectos que produce. Las enfermedades que sufren los trabajadores, que están expuestos al ruido industrial son: la pérdida de audición neurosensorial, fatiga acústica, disminución de la sensibilidad auditiva, trauma acústico, hipoacusia y presbiacusia (Restrepo, 2011).

2.3.7.3. Efectos económicos del ruido

El ruido no solo causa problemas en la salud, sino que también genera costos económicos. Las grandes industrias y generadores de ruido, tienen poco interés sobre el coste del ruido y sobre los efectos de la salud. Dentro de algunos años, vivir en una ciudad industrializada, tendrá un costo mayor que en una ciudad en desarrollo, debido a los altos costos de inversión en medidas de reducción de ruido, tales como la insonorización de las viviendas. Las medidas de reducción de ruido, tienen un alto costo de inversión y dependen de la intensidad del sonido y del lugar de propagación. Las acciones correctivas generan un beneficio en este ámbito, tanto para las industrias como para los ciudadanos (Sanz y Garrido, 2003).

2.3.8. Gestión del ruido

Es una prioridad la realización de una adecuada gestión, que consiste en la determinación de medidas de control y reducción de ruido, mediante el cumplimiento de la legislación vigente y de medidas de prevención. En la actualidad, el ruido es un problema que afrontan los pobladores de ciudades urbanas e industriales. La exposición a altos niveles de ruido, durante mucho tiempo trae como consecuencia varios problemas a la salud y al bienestar de las poblaciones. Con el apoyo de las

Naciones Unidas, se incluye una política de gestión de ruido, basada en que el responsable de la fuente de ruido debe hacerse cargo de los gastos asociados con la contaminación acústica. Esto incluye, programas de medición, evaluación y métodos de reducción y prevención. La gestión del ruido, debe basarse en normativas nacionales o internacionales, para la determinación de medidas de control, según los efectos del ruido en la salud de la población expuesta. Un componente de prioridad dentro de la gestión del ruido, es la elaboración de mapas de ruido para la evaluación de la contaminación acústica existente (Maya, Correa y Gómez, 2010).

2.3.9. Sistemas de Información Geográfica

Un sistema de información geográfica (SIG), es la unión de información digital y de herramientas informáticas tales como: programas para su posterior estudio y análisis. Un SIG, es un sistema en el cual, la información es georreferenciada mediante un sistema de coordenadas, generalmente UTM (Universal Transversal de Mercator). Es una herramienta que ayuda a la organización, almacenamiento y análisis de varios datos mediante la georreferenciación. Un SIG de un lugar determinado, ayuda a proporcionar información ambiental o socioeconómica, para estudios de ordenamiento territorial o evaluaciones de impactos ambientales (Sarría, 2006).

2.3.10. Mapas de ruido

Los mapas de ruido, son una herramienta efectiva que determinan los niveles de ruido, que existen en una ciudad o en un lugar determinado. Estos mapas se realizan mediante la medición de varios puntos de muestreo, para luego ser ingresados a un programa, a través de un proceso de interpolación geoespacial. Los puntos de muestreo, se eligen de manera aleatoria o en función del conocimiento de los lugares, donde existe mayor contaminación acústica, dentro del área de estudio. La visualización de estos mapas, es apta para la comprensión de cualquier ciudadano, debido a que los niveles de presión sonora, son distribuidos mediante una leyenda de colores. Otra característica útil de la implementación de mapas de ruido, es la visualización de la propagación del ruido en el entorno, hasta que lugar determinado

afecta el ruido, generado por una fuente fija. De esta manera se determinan, cuáles son las zonas donde existe un mayor nivel de ruido y cuáles son las zonas más silenciosas. Además, la información proporcionada, es de gran ayuda para la implementación de acciones correctivas, en los lugares de mayor afectación. Se determina también el porcentaje de personas que, se encuentran afectadas en dicha área (Sanz y Garrido, 2003). Esta medida debe ser implementada, de manera obligatoria en las ciudades, para la generación de un mayor control sobre la contaminación acústica ambiental y la reducción de los efectos negativos que afectan a la población.

2.3.10.1. Programa CadnaA

CadnaA (Computer Aided Noise Abatement) es un programa, que hace simulaciones sobre las emisiones de ruido en una ciudad o en un área geográfica determinada y define el alcance de la propagación del ruido. Este programa realiza una simulación del lugar de estudio, de una manera rápida y económica. Ayuda a la definición de estrategias, que mejoran en la contaminación acústica, usando diferentes tipos de métodos, dependiendo del nivel de presión sonora existente. CadnaA calcula y presenta los niveles de ruido ambiental, define la propagación del ruido y la implementación de medidas para la reducción de la contaminación acústica. Además, realiza cálculos de los niveles de ruido en cualquier sitio, en zonas dispuestas en cuadrículas horizontales o verticales o en cuadrículas que envuelven toda la fachada de una infraestructura. Dentro del programa se establecen varias normas nacionales e internacionales para la realización de los cálculos (Datakustik, 2014). Para este proyecto el programa facilitó los cálculos de propagación del sonido en el exterior de la planta por medio de mapas de ruido. Y así plantear propuestas de control de los niveles de contaminación acústica (Suárez, 2006). Este programa presenta los resultados en vista horizontal, vertical y en 3D. Para la realización de las simulaciones, se ingresan al programa mapas topográficos del sector en *shapefiles* o en AutoCad. De esta manera se ingresa no solo la topografía, sino que también las edificaciones, curvas de nivel, tráfico vehicular de vehículos livianos y pesados. Estos programas de modelamiento de ruido, no solo sirven para ver la afectación, en determinados lugares de estudio, sino que también ayudan a la realización de una planificación urbanística,

del crecimiento futuro y de la determinación de la cantidad de población expuesta a dicha contaminación (Pinto y Moreno, 2008).

2.3.11. Acciones correctivas de ruido

El TULSMA indica que, por ley, se hacen las siguientes medidas para la atenuación del ruido: “La fuente emisora deberá proceder a las medidas de atenuación de ruido aceptadas generalmente en la práctica de ingeniería, a fin de alcanzar el cumplimiento con los valores estipulados en esta norma. Las medidas podrán consistir, primero, en la reducción del nivel de ruido en la fuente, y segundo, mediante el control en el medio de propagación de los ruidos desde la fuente hacia el límite exterior o lindero del local en que funcionará la fuente” (TULSMA, 2015). También de acuerdo con el artículo 226 del TULSMA las entidades generadoras de ruido deben contemplar toda alternativa que prevenga, mitigue o minimice el ruido.

2.3.12. Materiales de absorción

Una forma de control de ruido, es mediante la implementación de materiales absorbentes que reducen la reflexión del ruido. El material adsorbente disminuye de manera notable, el ruido que es reflejado, a personas que están en el lugar donde se genera el ruido.

El nivel de presión sonora, disminuye mediante materiales porosos, que absorben gran cantidad de la energía acústica emitida. Esto ocurre debido a que, las ondas de ruido chocan contra este material, e ingresan en los poros del mismo haciendo que las fibras del material vibren y así reduzcan la intensidad del ruido generado, especialmente en frecuencias altas. Los materiales de absorción, son implementados en techos o en las paredes. Cada material tiene un coeficiente de absorción, dependiendo de sus características y se determina mediante intervalo de 0 a 1, ausencia de absorción y adsorción total respectivamente. La frecuencia en la que está emitida el ruido, también tiene relación sobre el coeficiente de absorción, dependiendo de si está emitido en una frecuencia media, alta o intermedia (Näf, 2013). A

continuación, se presenta la tabla 3, en la que se observa el coeficiente de absorción de cada material, dependiendo del tipo de frecuencia al que está expuesto.

Tabla 3.

Coeficientes de absorción de acuerdo a material de construcción.

Coeficiente de Absorción	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Fibra de vidrio (50kg/m ³)						
espesor 25 mm	0,08	0,25	0,65	0,85	0,80	0,75
espesor 50 mm	0,17	0,50	0,70	0,90	0,85	0,80
Ladrillo visto	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,07
Hormigón	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03
Vidrio en ventana						
espesor 3 mm	0,35	0,25	0,18	0,12	0,07	0,04
espesor 6 mm	0,10	0,08	0,04	0,03	0,02	0,02
Ventana abierta	1	1	1	1	1	1

Adaptado de (Näf, 2013).

2.3.13. Equipos de protección auditiva

Los protectores de audición, deben utilizarse cuando no se ha corregido el ruido, desde la fuente emisora o en la transmisión. Debido a la comparación de costos entre las soluciones, se opta por la utilización de los equipos de protección auditiva. De acuerdo con las mediciones del nivel de presión sonora se elige el equipo de protección auditiva más adecuado como por ejemplo tapones auditivos u orejeras. Los tapones se introducen, en el canal auditivo externo y de esta manera lo cierra herméticamente. Las orejeras cubren completamente el pabellón auditivo y presentan un arnés, entre cada casquete para mayor fijación (Rubio y Rubio, 2005, p 261). Según el Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores, el equipo de protección es indispensable en toda operación que exceda el nivel de 85 dB para evitar futuros problemas a la salud.

Para la implementación adecuada del equipo de protección, es necesaria la identificación de varias características. Las siguientes características son: comodidad del personal, compatibilidad entre el equipo de protección auditiva con el uniforme

requerido, para cada área de trabajo, sensibilidad en la piel frente alergias (FREMAP, 2016).

A continuación, se mencionan las especificaciones de los equipos de protección auditiva que se utilizan en la planta de James Brown Pharma:

- a. Orejeras protectoras para los oídos 3M optime H7A: Son orejeras que se utilizan hasta los 101 dB de presión sonora y reducen hasta 27 dB de exposición, están hechos de acero inoxidable, para mejor resistencia. Comprenden insertos de espuma y almohadillas, que son cómodos para largos periodos de uso. La forma de la orejera, es diseñada para dar una mayor comodidad al momento de usarlas. Solo tienen una talla y se puede visualizar el modelo en la figura 3:



Figura 3. Orejeras protectoras para los oídos 3M optime H7A
Tomado de (3M, 2017).

- b. Orejeras protectoras para los oídos 3M optime H10A: Estas orejeras cumplen las mismas especificaciones de diseño y de comodidad mencionadas en las orejeras H7A. Estas orejeras se utilizan hasta los 105 dB de exposición de presión sonora y reducen hasta 30 dB de exposición (3M, 2017). El modelo H10A se lo visualiza en la figura 4:



Figura 4. Orejeras protectoras para los oídos 3M optime H10A
Tomado de (3M, 2017).

- c. Tapones reutilizables con cordón (24dB) 3M-1270: Son tapones fabricados con materiales hipo alérgicos. Son fáciles para su limpieza y uso. Comprende una superficie lisa y su estructura comprende tres falanges para una fácil adaptación a los canales auditivos. Son de color naranja, para control de su uso en las distintas áreas de trabajo. Su atenuación llega hasta los 24 dB si los tapones están correctamente colocados (Tapones 3M 1270 y 3M 1271, 2009). El modelo de los tapones reutilizables se muestra en la figura 5:



Figura 5. Tapones reutilizables con cordón (24dB) 3M-1270
Tomado de (Tapones 3M 1270 y 3M 1271, 2009).

Los aspectos más importantes son: el peso, la presión, el tipo y las preferencias del trabajador acorde a la disponibilidad. Para su uso, es recomendado que el personal siempre lleve a la mano el equipo, aunque los periodos de uso sean cortos.

El ambiente de trabajo y las actividades que se realizan, también influyen de acuerdo a qué tipo de equipo de protección es necesaria su utilización. En ambientes de altas temperaturas y con humedad o en áreas que exista presencia de material particulado,

es mejor la utilización de tapones reutilizables. En áreas que se manipulen sustancias que puedan adherirse a la piel es preferible el uso de las orejeras. Finalmente, por la facilidad de colocación resulta que en trabajos de corta duración o que sea intermitente se utilicen las orejeras.

Existen varias recomendaciones de uso y de mantenimiento, que mejoran la funcionalidad y la duración de los protectores auditivos:

- Deben ser limpiados y mantenidos periódicamente, sobre todo en ambientes con exposición a sustancias y material particulado.
- Deben manipularse con manos limpias.
- Son de uso exclusivamente personal, en caso de que no sea posible, se deberá limpiar y cambiar de almohadillas.
- No se debe manipular el equipo, ni modificarlo de manera que se reduzca su eficacia.
- Usar en los momentos de la jornada que se requiera (FREMAP, 2016).

3. METODOLOGÍA

3.1. Determinación del lugar de estudio

La zona de estudio, está ubicada en la provincia de Pichincha, parroquia Pifo en la Av. Interoceánica Km 23 1/2 sector el Rosal. Lugar donde se encuentra ubicada la planta James Brown Pharma y donde el uso de suelo está categorizado como zona Industrial tipo 2. El terreno tiene un predio de 9890 m². Limita al sureste con el hostel “Casa de la Primavera” que está dividida por una cerca viva, al suroeste limita con plantaciones agrícolas, al noroeste limita con varias viviendas separadas por una distancia de 80 metros de terreno y al noreste con terrenos baldíos. Las coordenadas se muestran en la tabla 4 y en la figura 6:

Tabla 4.

Coordenadas UTM predio James Brown Pharma.

Coordenadas	X	Y
Punto 1	794446,44	9976210,84
Punto 2	794579,21	9976320,75
Punto 3	794667,85	9976177,3
Punto 4	794557,27	9976078,92



Figura 6. Ubicación geográfica de la planta James Brown Pharma.

Adaptado de (Google Earth, 2017).

3.2. Puntos de muestreo dosimetría

Se identificaron los puestos de trabajo susceptibles al ruido laboral, mediante la implementación del método de muestreo por conveniencia. Es una técnica de muestreo no probabilístico, donde los sujetos de estudio son seleccionados, debido a la accesibilidad e interés para el investigador (Ochoa, 2015).

A partir de esta técnica, se identificaron los trabajadores expuestos y las fuentes que mayor ruido generan dentro de la planta, tales como maquinarias y equipos. Estas mediciones de dosimetría se realizaron a un total de 12 trabajadores con diferentes cargos y exposición al ruido. El equipo utilizado fue el dosímetro marca *Cirrus Research plc doseBadge Reader*.

A continuación, se muestra en la tabla 5, las máquinas que son utilizadas por los operadores seleccionados para la determinación del nivel de presión sonora.

Tabla 5.

Principal maquinaria generadora de altos niveles de ruido.

MÁQUINA	MARCA	TIPO	MODELO
Envase de semisólidos	UNIPAC	<i>Silver 50</i>	<i>Jolly 50</i>
Envasado de polvo	GUTIERREZ	-	S-115-G
Fabricación de cápsulas blandas	SKY	SOFT GEL	SS-100T
Fabricación de gelatina	-	-	Capacidad 400L
Fabricación de semisólidos	DRAIS	-	ALFA-LAVAL UP76
Autoclave	NACIONAL	-	-
Fumigación y limpieza	EKATO	-	Estándar
Lavado de frascos en Biológicos	LOTORTO	-	EL-23
Codificadora	HAPA	DEF-310	-
Lavado de frascos	BAUSCH STROBEL	FAW 1002	-
Etiquetadora	TECNIPAC	SERVICE 2000 PMR	-

3.3. Dosímetro Cirrus Research plc doseBadge Reader

El *doseBadge* es un dosímetro de ruido personal, sin cables para mediciones de exposición al ruido. El *doseBadge* es un instrumento de dos canales que mide, graba y calcula los parámetros esenciales para el cumplimiento de las normas sobre el ruido en el trabajo. Estas variables son: LAeq, LCpeak y LEP, LAWG, TWA y también el porcentaje de dosis. Junto con todos esos valores globales, el *doseBadge* almacena un historial, o perfil de ruido, durante la medición, para ambos canales. El *doseBadge* resiste en los ambientes más hostiles y de riesgo (Cirrus Research, 2017).

Se evaluó el nivel de ruido que reciben los trabajadores dentro de la planta James Brown Pharma. Las actividades dentro de la jornada laboral varían, por lo que se utilizó el método directo, que cubre la totalidad de un tiempo considerado (Gil y Luna, 2015). Para las mediciones se utilizó dos micrófonos del dosímetro a un total de 12 trabajadores. Se evaluó a dos trabajadores por día, con distintos cargos y actividades. La medición se realizó durante toda la jornada laboral del trabajador (8 horas). De esta manera, con estos datos obtenidos se hizo una comparación con la normativa vigente, para la determinación del cumplimiento de los niveles máximos permisibles del Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores. A continuación, en la tabla 6, se desglosan los cargos monitoreados dentro de la empresa:

Tabla 6.

Trabajadores monitoreados con dosimetría.

Nº	Fecha	Cargo
1	21-03-2017	Operadora de envase de semisólidos
2	21-03-2017	Operadora de empaque en envase semisólidos
3	22-03-2017	Operador de envasado de polvo
4	22-03-2017	Operador de fabricación de cápsulas blandas
5	28-03-2017	Operador de fabricación de gelatina
6	28-03-2017	Operador de fabricación de semisólidos
7	06-04-2017	Operador Autoclave
8	06-04-2017	Operador en manufactura de fumigación y limpieza
9	11-04-2017	Operadora de lavado de frascos en Biológicos
10	11-04-2017	Operadora Empaque Codificación
11	12-04-2017	Operadora Lavado de frascos en Veterinarios
12	12-04-2017	Operador de Etiquetadora

El procedimiento a seguir para la realización de las mediciones son las siguientes:

1. Cargar las baterías y los micrófonos del equipo.
2. Presionar la tecla "Cal" apuntando al foco azul del micrófono para calibrar.
3. Presionar la tecla "Run" apuntando al foco azul del micrófono para que empiece a medir.
4. Colocar los micrófonos en el hombro de cada trabajador.

5. La medición empieza a las 8:00 am y termina a las 16:00 pm.
6. Para detener la medición se presiona la tecla “*Stop*” apuntando al foco azul del micrófono.
7. Luego se presiona la tecla “*Read*” apuntando al foco azul del micrófono para visualizar las mediciones realizadas.
8. Conectar el equipo mediante un cable USB a la computadora y se descargan todos los datos obtenidos mediante el programa *Dlink*.
9. Finalmente se analizan todos los datos obtenidos.

3.4. Puntos de muestreo sonometría

El monitoreo de los puntos de muestreo se determinó de acuerdo a las diferentes fuentes de ruido que se produce en la empresa. Primero se realizaron las mediciones acústicas en el predio en sus cuatro limitaciones. Dos mediciones donde está ubicado la casa-hostal, dos al este y una en los dos límites restantes, siendo en total 6 mediciones, con 10 repeticiones de 15 segundos cada una.

Segundo, se realizaron mediciones de emisión de ruido de la infraestructura de la planta, en total 15 puntos de muestreo con 3 repeticiones de 15 segundos.

Tercero, se midió la emisión de ruido de las fuentes fijas en el interior y exterior de la planta. En total se realizó la medición a 9 máquinas, a 1 metro de distancia a cada lado de la fuente, por 3 repeticiones de 15 segundos cada una.

Por último, se midieron 3 puntos en el punto crítico de afectación de la casa-hostal “Casa de la Primavera” por 3 repeticiones cada una por 15 segundos.

3.5. Sonómetro NTI AUDIO XL2

El sonómetro es un analizador acústico que combina: un medidor de nivel sonoro de alta gama, un potente analizador de audio, un analizador acústico integral y un micrófono de medición. Además, cuenta con una memoria externa a través de una

tarjeta SD que graba todas las mediciones realizadas y se transfiere mediante un USB al computador. Es un sonómetro utilizado para diferentes tipos de mediciones tales como: actividades de monitoreo acústico, control de ruido industrial, seguridad, salud ocupacional y medio ambiente (NTI Audio, 2017). En este estudio se utilizó un sonómetro de tipo 1.

El procedimiento a seguir para la realización de las mediciones es el siguiente:

1. Cargar equipo.
2. Calibrar equipo.
3. Presionar la tecla “*Run*” para empezar a medir.
4. Una vez realizada la medición presionar la tecla de “*Save Test*”.
5. Determinar el nombre del punto de medición realizado.
6. Continuar con los siguientes puntos de medición.
7. Una vez terminado de medir se descargan los datos conectado el equipo a una computadora mediante un cable USB.
8. Abrir “*storage*” los datos de “*log*” y “*report*” en Excel y guardarlos como formato .xls.
9. Realizar el análisis de todos los datos obtenidos.

3.6. ARCMAP

Es un programa de información geográfica que ayuda a georreferenciar ubicaciones, donde se introducen los datos de mapas bases o imágenes reales de un lugar determinado (Ersi, 2016). Se utilizó el *shapefile* de la parroquia de Pifo para ubicar las coordenadas exactas de la planta y los puntos de muestreo. A continuación, se en listas los pasos realizados en ArcMap para la importación de la información necesaria para este estudio:

1. Importar *shapefile* de límites parroquiales y de las curvas de nivel de la zona de estudio.
2. Utilizar la herramienta *Buffer* sobre la parroquia de Pifo para extender 5 km a la redonda.
3. Utilizar la herramienta *Clip* sobre el polígono para agrupar los *shapefiles*.

4. Estos *shapefiles* se exportarán al programa CadnaA para realizar el mapeo de ruido.

3.7. Programa CadnaA

Se realizó una capacitación sobre la utilización de este programa los días 14 y 15 de diciembre del 2016, durante 8 horas diarias en la Universidad de Las Américas, en la que se abarcaron temas relacionados con la configuración del modelo, los métodos de cálculo y la presentación de los resultados. A continuación, se enumera la metodología usada en el programa de modelamiento de mapas:

1. Importar archivo *Shapefile* creado desde *ArcMap 10*.
2. Recortar el área de estudio por medio de un polígono auxiliar.
3. Importar imagen de *Google Earth* desde CadnaA mediante herramienta *Bitmap*.
4. Ubicar: Edificaciones, vegetación, calles auxiliares y parqueaderos de la zona de estudio.
5. Determinar la altura de los objetos creados.
6. Ajustar los objetos creados a curvas de nivel.
7. Ingresar parámetros al programa tales como niveles máximo permisibles y normativa industrial ISO 9613.
8. Modificar flujo de vehículos en cada carretera mediante conteo vehicular de 15 minutos para promediar con un conteo de 24 horas del día de un estudio vehicular del Distrito Metropolitano de Quito.
9. Ingresar el valor LAeq de las mediciones realizadas alrededor de la infraestructura, dentro de la misma, maquinaria exterior y puntos fuera del predio con la herramienta "Emisor superficial vertical".
10. Introducir receptores para cada "Emisor superficial vertical" y ajustarlos a la altura para que coincida el nivel de ruido del emisor.
11. Ingresar el conteo de vehículos de la zona de estudio en la carretera y en las calles auxiliares.
12. Una vez introducidos los datos requeridos, utilizar la opción "Calcular".
13. Calcular la malla una vez finalizado el ingreso de datos.

3.8. Cálculos a partir del índice acústico

Con los datos obtenidos de las mediciones con el sonómetro, se procedió a la ejecución de los siguientes pasos, para la determinación del ruido específico con baja frecuencia e impulsividad, que posteriormente fueron introducidos al programa de modelamiento de ruido.

- Cálculos para ruido ambiental en la infraestructura y maquinaria:

1. Promedio aritmético por cada punto de medición.

- Cálculos para ruido ambiental en el predio:

- a) RUIDO TOTAL

1. Diferencia entre L_{Amax} y L_{Amin} .

- 1.1. Marcar con rojo el valor que exceda el promedio de $L_{max}-L_{min}$.

2. Validación de muestras.

- 2.1. En caso de que supere el valor de 4, eliminar las mediciones en rojo más altas hasta tener el valor de 4.

3. Promedios logarítmicos de Ruido Total.

- b) RUIDO RESIDUAL

1. Diferencia entre L_{Amax} y L_{Amin} .

- 1.1. Marcar con rojo el valor que exceda el promedio.

2. Validación de muestras.

- 2.1. En caso de que supere el valor 4, eliminar las mediciones en rojo más altas hasta tener el valor de 4.

3. Promedios logarítmicos de Ruido Residual.

4. Corrección por ruido residual (K).

- c) RUIDO ESPECÍFICO

1. Ruido total menos el valor de K (L_e).

2. Corrección por baja frecuencia.

3. Corrección por impulsividad.

4. Nivel Corregido.

3.9. Análisis estadístico del ruido

Para la interpretación de los cálculos se utilizó el programa estadístico SPSS *Statistics*. Se realizaron gráficas y tablas en donde se representa la información de dosimetría. El programa generó una tabla de variables donde se ingresó cada dato recolectado y se editó el tipo de medida de cada variable. Los análisis que se interpretaron fueron los siguientes: medias, frecuencias, porcentajes, figuras, máximos y mínimos. A continuación, en la tabla 7, se presentan la lista de variables.

Tabla 7.

Vista de variables en el programa SPSS Statistics.

	Nombre	Tipo	Anchura	Decimales	Etiqueta	Valores	Perdidos	Columnas	Alineación	Medida	Rol
1	NÚMERO	Numérico	8	0		Ninguna	Ninguna	6	Centrado	Escala	Entrada
2	CARGO	Numérico	40	0	Cuál es su carg...	{1, Operado...	Ninguna	33	Centrado	Nominal	Entrada
3	EDAD	Numérico	8	0	Cuál es su edad?	{1, 20-25}...	Ninguna	4	Centrado	Ordinal	Entrada
4	PROBLEMA	Numérico	39	0	Tiene problema...	{1, Sí}...	Ninguna	8	Centrado	Nominal	Entrada
5	MOLESTIAS	Numérico	2	0	Siente molestia...	{1, S}...	Ninguna	8	Centrado	Nominal	Entrada
6	EPA	Numérico	40	0	Utiliza EPA?	{1, Tapones...	Ninguna	14	Centrado	Nominal	Entrada
7	TIEMPO.O...	Numérico	7	2	Cuantos años h...	{1,00, meno...	Ninguna	7	Centrado	Ordinal	Entrada
8	TWA	Numérico	8	1	TWA	Ninguna	Ninguna	5	Centrado	Escala	Entrada
9	NIVEL.MAXI...	Numérico	8	0	Nivel máximo e...	Ninguna	Ninguna	8	Centrado	Escala	Entrada
10	DOSIS.EST...	Numérico	8	0	% Dosis estim...	Ninguna	Ninguna	8	Centrado	Escala	Entrada
11	NIVEL.DE...	Numérico	8	1	Nivel de pico	Ninguna	Ninguna	11	Centrado	Escala	Entrada
12	NORMATIVA	Numérico	8	0	Cumple con la ...	{1, S}...	Ninguna	8	Centrado	Ordinal	Entrada

4. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

4.1. Ruido ambiental

4.1.1. Mediciones Acústicas en el predio

Las mediciones de ruido se realizaron alrededor del límite del predio. En total se midieron 6 puntos de muestreo. En la normativa vigente es necesario como mínimo 5 repeticiones, por esta razón se realizaron 10 repeticiones en caso de que existieran una o más mediciones que no validen las muestras. A continuación, en la figura 7, se

visualizan los puntos de cada punto de medición realizado, enlistados desde la letra A hasta la letra F:



Figura 7. Puntos de medición en el predio.

Adaptado de (Google Earth, 2017).

4.1.2. Mediciones de emisión de ruido de la Infraestructura

Estas mediciones se realizaron alrededor de la infraestructura de la farmacéutica James Brown Pharma. En total se realizaron 15 puntos de muestreo, enlistados desde la letra H hasta la V. De acuerdo a la metodología de la normativa nacional se realizaron las mediciones a 1 metro de distancia de la infraestructura para que se evite la dispersión en los resultados. Para la elección de los puntos de medición se tomó en cuenta los sectores en donde existía un alto nivel de ruido generado por alguna maquinaria. Los puntos de medición realizados se visualizan en la figura 8:



Figura 8. Puntos de mediciones en infraestructura.

Adaptado de (Google Earth, 2017).

4.1.3. Mediciones de maquinaria realizadas en el exterior

Una vez realizadas las mediciones alrededor de la infraestructura de la farmacéutica, se realizaron también mediciones alrededor de maquinarias que se encuentran en el exterior. Las cuales son: caldero, planta de tratamiento de aguas residuales, generador eléctrico #1 y generador eléctrico #2. Las mediciones se realizaron alrededor de cada lado de la máquina a 1 metro de distancia. En total se determinaron 4 puntos de medición por cada máquina. Cada maquinaria mencionada está especificada a continuación:

4.1.3.1. Mediciones alrededor del Caldero

El caldero está ubicado al este del terreno de la planta James Brown Pharma, junto a las oficinas de mantenimiento y está rodeado por rejas, los puntos de muestreo están categorizados de la siguiente manera: P.aa, P.ab, P.ac y P.ad. Su ubicación se muestra en la figura 9:



Figura 9. Puntos de mediciones alrededor del caldero.

Adaptado de (Google Earth, 2017).

4.1.3.2. Mediciones alrededor de la planta de tratamiento de aguas residuales

La planta de tratamiento de aguas residuales está ubicada al norte del terreno de la planta James Brown Pharma, en diagonal a las bodegas y su infraestructura de protección está compuesta por rejas. A continuación, en la figura 10, los puntos de muestreo: P.ba, P.bb, P.bc y P.bd están ubicados de la siguiente manera:

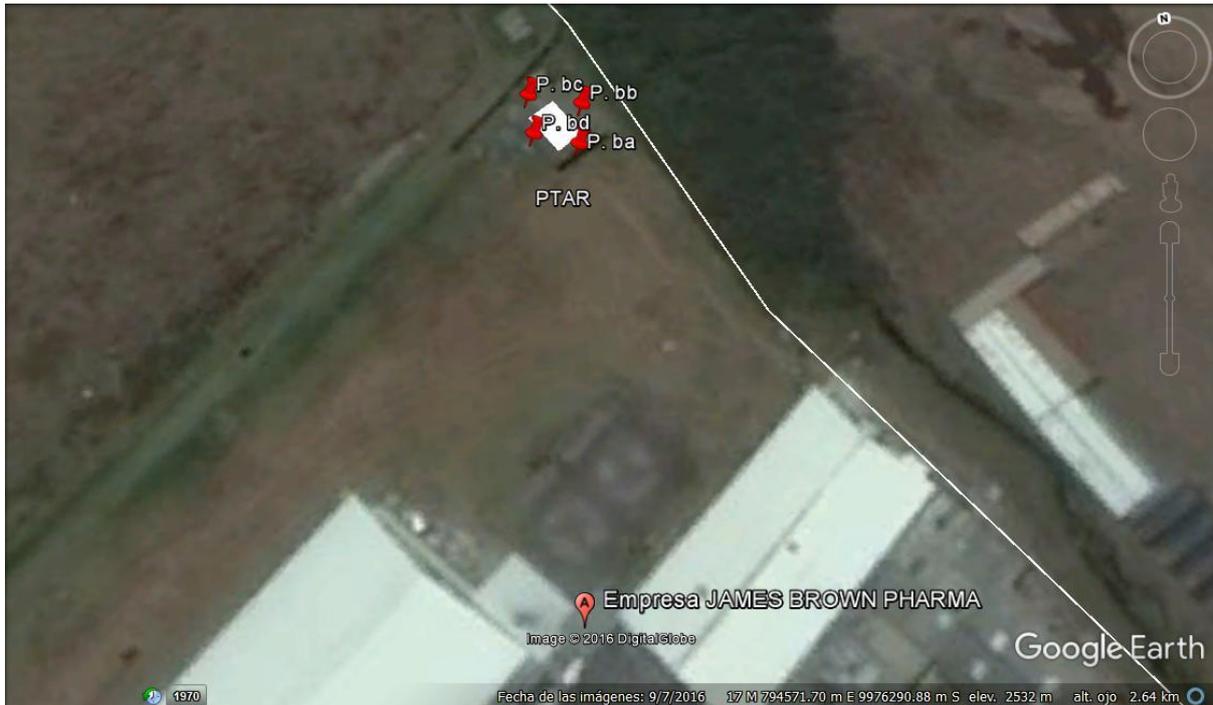


Figura 10. Puntos de mediciones alrededor de la PTAR.

Adaptado de (Google Earth, 2017).

4.1.3.3. Mediciones alrededor del generador eléctrico #1 (Pequeño)

El generador eléctrico #1 está ubicado al sureste del terreno de la planta James Brown Pharma, entre el parqueadero #2 y las oficinas de mantenimiento. El generador marca PERKINS está parcialmente cerrado por una infraestructura de cemento con ventanales y puerta de rejas. Se enciende automáticamente los días viernes a las 10:00 am durante 25 min. Los puntos de muestreo se los ubicaron como se muestra en la figura 11 y los puntos están representados con las siguientes letras: P.pa, P.pb, P.pc y P.pd:



Figura 11. Puntos de medición alrededor del generador #1.

Adaptado de (Google Earth, 2017).

4.1.3.4. Mediciones alrededor del generador eléctrico #2 (Grande)

El generador eléctrico #2 marca JHON DERE está ubicada al oeste del terreno de la planta James Brown Pharma, cerca de la planta principal de la empresa. El generador está completamente cerrado por una infraestructura de cemento y en lado del punto de medición P.gd se encuentra una ventana con rejas. Se enciende automáticamente los días viernes a las 7:30 am durante 15 min. Los puntos de muestreo se los ubicaron alrededor de la infraestructura, nombrados con las siguientes letras: P.ga, P.gb, P.gc y P.gd, como se muestra en la figura 12:



Figura 12. Puntos de medición alrededor del generador #2.

Adaptado de (Google Earth, 2017).

4.1.4. Mediciones alrededor de la maquinaria

Las mediciones de las maquinarias se realizaron en el interior de la farmacéutica. Se efectuaron 4 puntos de medición alrededor de cada máquina, pero en algunos casos se midieron solo 3 o 2 puntos, debido a que en los otros extremos existía algún impedimento para la ejecución de la medición. Con los datos de sonometría de esta maquinaria, se verificó la necesidad de la realización de mediciones con dosimetría a ciertos trabajadores. En total se midió el nivel de presión sonora a 5 máquinas, que son las siguientes: autoclave, fabricante de cápsulas blandas, codificadora, etiquetadora y lavadora de frascos en biológicos. A continuación, en la figura 13 se visualiza el plano donde se encuentran ubicadas las 5 máquinas y están representadas en color rojo:



Figura 13. Mediciones a las maquinarias en el interior de la planta

4.1.5. Mediciones en el punto crítico de afectación

Como punto crítico de afectación se midió en la casa-hostal llamada “Casa de la Primavera” que está ubicada al sureste de la fábrica, como se muestra en la figura 14. Este fue el único punto crítico que se determinó, debido a que en las otras limitaciones solo se encuentran terrenos baldíos y sembríos. En total se midieron 3 puntos de muestreo. Se hicieron 2 mediciones a 3 metros de distancia desde la casa y 1 en el balcón del tercer piso de la casa.



Figura 14. Mediciones de punto crítico de afectación.

Adaptado de (Google Earth, 2017).

4.2. Ruido laboral

La dosimetría se realizó a 12 trabajadores que presentan distintos cargos, realizan diferentes actividades, están en mayor contacto con la fuente de ruido y que representan a los operadores continuos y/o ayudantes. Se realizaron 2 mediciones diarias durante las 8 horas de jornada laboral. Como se muestra en la figura 15 los operadores portaron el micrófono del dosímetro sobre el hombro y sobre la ropa de trabajo o sobre el overol esterilizado.



Figura 15. Operador portando el micrófono DoseBadge Cirrus Research plc

4.2.1. Protocolo de ingreso-salida y limpieza

El protocolo de ingreso a las áreas de fabricación empieza con el cambio a ropa de trabajo que cuenta con el siguiente equipo de protección: botas de seguridad, cofia, guantes, gafas, pantalón, camiseta, mascarilla y tapones auditivos reutilizables con cordón (24dB) 3M-1270 u orejeras protectoras para los oídos 3M optime H7A. Una vez con el equipo puesto se ingresa a las áreas de trabajo completamente desinfectadas. Al momento que se empieza con la utilización de las máquinas se cambian la ropa de trabajo a un overol industrial. Al salir de las áreas de fabricación, tanto a la hora de almuerzo como al momento de finalizar la jornada se cambian a su ropa personal.

El protocolo de limpieza es un procedimiento que se realiza en todas las áreas de operación antes y después de su uso. Es un proceso que normalmente lo realizan los mismos operarios de cada área mediante el uso de materiales y equipos desinfectantes.

4.2.2. Actividades de los operarios de maquinaria

Los operadores que entran al área esterilizada de la planta, tienen que seguir un orden de actividades diariamente durante su jornada laboral como se muestra en la figura 16:



Figura 16. Diagrama de actividades de los operarios de la maquinaria.

4.2.3. Información de los trabajadores monitoreados

Se seleccionó a un grupo de trabajadores, que están ubicados en las áreas de mayor afectación de ruido dentro de la planta. A los operadores que portaron el micrófono de dosimetría se les realizó varias preguntas respecto a sus actividades diarias e información base sobre el ruido. A continuación, se muestra la tabla 8 de resumen de información recolectada de cada operador.

Tabla 8.

Información base de operarios.

Nº	Cargo	Edad	Actividades	Problema auditivo	Molestias al operar	Uso de EPA
1	Operadora de envase de semisólidos	36	Operador de máquina, control óptico y control de peso	Recientemente con oído inflamado	Sí	Tapones reutilizables con cordón (24dB) 3M-1270
2	Operadora de empaque en envase semisólidos	42	Armado de cajas y empaque de producto	Disminución auditiva del oído izquierdo	Sí	No
3	Operador de envasado de polvo	21	Prepara y envasa el polvo	No	Sí	Orejas protectoras para los oídos 3M optime H7A
4	Operador de fabricación de cápsulas blandas	42	Limpieza del área, preparación de materia prima, pesaje, corta y sellado de cápsulas	No	Sí	Orejas protectoras para los oídos 3M optime H7A
5	Operador de fabricación de gelatina	30	Operador de máquina, control óptico y control de peso	No	No	Orejas protectoras para los oídos 3M optime H7A
6	Operador de fabricación de semisólidos	31	Operar máquina, moler, mezclar materia prima	No	No	Orejas protectoras para los oídos 3M optime H7A
7	Operador Autoclave	48	Esterilizar frascos, abrir y cerrar autoclave con taladro mecánico	No	Sí	Orejas protectoras para los oídos 3M optime H7A

Nº	Cargo	Edad	Actividades	Problema auditivo	Molestias al operar	Uso de EPA
8	Operador en manufactura de fumigación y limpieza	27	Fumigación y limpieza	Dolor	Sí	Orejas CLIMAX 24
9	Operadora de lavado de frascos en Biológicos	27	Moviliza frascos y opera máquina	No	Sí	Orejas protectoras para los oídos 3M optime H7A
10	Operadora Empaque Codificación	26	Operar máquina, embalar y empacar	No	No	No
11	Operadora Lavado de frascos en Veterinarios	47	Moviliza frascos, opera máquina, esteriliza tapones	No	Sí	Orejas protectoras para los oídos 3M optime H7A
12	Operador de Etiquetadora	24	Moviliza frascos y opera máquina	No	No	No

A continuación, se desglosa la información principal de los 12 trabajadores que incluye la información consultada a cada operario, imágenes y observaciones.

- Trabajador Nº1: Operador de Envase de Semisólidos

El cargo de operador de envase sólidos lo realizan dos personas. Su actividad consiste en la manipulación de la máquina *UNIPAC Silver 50*, que envasa producto semisólido (cremas). Empiezan con la limpieza del área, organizan y trasladan el producto para su posterior envase, luego preparan la máquina. La preparación consiste en la calibración de la dosificación según el gramaje que se desea envasar. Finalmente se enciende la máquina y comienza su operación, además realizan un control óptico del producto terminado.

La operadora monitoreada con el micrófono del dosímetro *Cirrus Research plc doseBadge* utiliza los tapones auditivos reutilizables que le proporciona la empresa. La segunda operadora no utiliza el equipo de protección auditiva debido a que perdió el equipo.

A continuación, en la figura 17 se muestra la operadora en su área de trabajo y con la vestimenta completa, al momento de la calibración de la máquina de envase de semisólidos.



Figura 17. Operadora en el área de envase semisólido.

- **Trabajador N°2: Operadora de empaque en envase semisólidos**

El cargo de operador de empaque en envases sólidos lo realizan 4 personas, la persona con el dosímetro se encontraba ubicada al frente de la banda transportadora, por donde pasa el producto semisólido ya envasado desde la máquina envasadora de cremas marca UNIPAC. La banda conecta dos áreas, un área donde se encuentra la máquina operando y la otra donde está el personal de empaque. En el área de empaque las actividades que se realizan son: armado de los empaques primarios, recibimiento del producto, envasado del producto semisólido y sellado.

La afectación de ruido en esta área es generada por la misma máquina envasadora de semisólidos y por la banda transportadora, porque existe un espacio abierto donde está ubicada la banda. Los trabajadores de esta área no usan equipo de protección auditiva.

En la siguiente figura 18, se muestra la operadora de empaque, en su lugar de trabajo, con su vestimenta de acuerdo al área. También se visualiza el orificio que conectan las dos áreas mediante la banda transportadora.



Figura 18. Operador en área de empaque con conexión al área de envase de semisólidos mediante banda transportadora.

- **Trabajador N°3: Operador de envasado de polvo**

En esta área operan dos trabajadores, que se encuentran en contacto con la máquina envasadora de polvos marca GUTIERREZ. Los operadores realizan limpieza del área antes del inicio de operación de la máquina. Posterior a eso se realiza la calibración de la máquina y se realiza la preparación del polvo y pesaje, que luego va a ser envasado en su empaque primario.

El operador que portó el dosímetro usa las orejeras protectoras para los oídos 3M optime H7A como equipo de protección auditiva, que solo utiliza cuando la máquina está en funcionamiento.

En la figura 19, se visualiza al operador de envasado de polvo con la vestimenta completa al momento de la calibración de la máquina, para su posterior funcionamiento.



Figura 19. Operador calibrando la máquina GUTIERREZ.

En la figura 20, se visualiza el producto preparado anteriormente que va a ser envasado por la máquina GUTIERREZ.



Figura 20. Producto inicial para ser envasado.

- **Trabajador N°4: Operador de fabricación de cápsulas blandas**

En esta área operan dos trabajadores, que se encuentran en contacto con la máquina SKY SOFT GEL, fabricadora de cápsulas blandas, ambos realizan limpieza exhaustiva del área, mediante el uso de un soplete a presión de vapor y aire. Posteriormente realiza la calibración de la maquinaria para la fabricación del producto final, según el gramaje. No realiza pausas la máquina y está encendida aproximadamente durante cinco horas de producción.

Los operadores utilizan protección auditiva solamente cuando realizan la limpieza del área con el soplete. Durante la operación de la máquina no utilizan la protección, porque las orejeras le producen molestias al operador. El operador no resiste largos periodos de trabajo con las orejeras, debido a la presión que generan sobre la cabeza.

A continuación, la figura 21, fue tomada al momento en el que se realizaba la limpieza del área de la fabricación de cápsulas blandas para continuar con la operación de la máquina.



Figura 21. Área de fabricación de cápsulas blandas.

En la siguiente figura, número 22, al operador de la máquina fabricadora de cápsulas blandas, se le realizaban las preguntas personales como datos de sus actividades y percepción del ruido.



Figura 22. Obtención de información personal del operador de área.

- **Trabajador N°5: Operador de fabricación de gelatina**

Dos trabajadores se encargan de la operación de la máquina fabricadora de gelatina y realizan el control óptico de la misma. Ejecutan diferentes actividades para la fabricación de gelatina como la calibración de la máquina y movilización del producto. La máquina opera durante cuatro a cinco horas continuas, dependiendo de la cantidad de materia prima.

El operador que portó el dosímetro utiliza protección auditiva cuando realiza la limpieza del área con el soplete y cuando opera la máquina. Esporádicamente utiliza las orejeras protectoras para los oídos 3M optime H7A, en especial cuando comienzan las molestias auditivas.

En la figura 23, se muestra la explicación al operador, sobre el cuidado y el uso del micrófono de dosimetría personal.



Figura 23. Operador del área de fabricación de gelatinas.

- **Trabajador N°6: Operador de fabricación de semisólidos**

El trabajador se encarga de la operación de la máquina DRAIS para la fabricación del producto semisólido. Realiza actividades como la molienda y el mezclado del producto, como también el control de la temperatura.

La máquina opera durante dos a tres horas, tiempo que utiliza la protección auditiva que son las orejeras protectoras para los oídos 3M optime H7A.

A continuación, en la figura 24, se visualiza el momento que el trabajador está haciendo el control óptico del producto fabricado.



Figura 24. Área de fabricación de semisólidos.

- Trabajador N°7: Operador Autoclave

Dos operadores se encargan de la realización de la esterilización de los frascos mediante el uso del equipo de Autoclave marca NACIONAL en el área de producción de humanos. Estos frascos son utilizados para el envase del producto final.

El Autoclave funciona durante toda la jornada laboral y al momento que más ruido genera es cuando se abre y se cierra el autoclave debido al uso de un taladro mecánico para la remoción de los pernos. Este proceso ruidoso se lo realiza cada hora. El operador utiliza orejeras de protección auditiva 3M optime H7A, mientras que el ayudante no utiliza equipo de protección auditiva.

En la figura 25, se muestra al operador del área de autoclave, luego de abrir la máquina con el uso del taladro mecánico, al momento de sacar los frascos ya esterilizados.



Figura 25. Operador del autoclave en el área de trabajo.

- **Trabajador N°8: Operador en manufactura de fumigación y limpieza**

Dos operadores se encargan de la fumigación y de la limpieza del área de manufactura de veterinarios. Utilizan tres diferentes equipos y normalmente están encendidos los tres equipos al mismo tiempo, y estos son; agitador EKATO, bomba de trasvase y fumigador a presión. El operador que usó el dosímetro siente molestias cuando opera, aun cuando usa las orejeras *Climax 24*.

A continuación, en la figura 26, el operador se encuentra movilizando la maquinaria con la que hace la limpieza de las áreas de fabricación.



Figura 26. Equipos de limpieza y de fumigación.

- **Trabajador N°9: Operadora de lavado de frascos en Biológicos**

Dos operadoras trabajan en el área de lavado de frascos en la sección de biológicos y sus actividades son el manejo de la máquina marca LOTORTO, la introducción y la extracción de frascos ya sea de plástico o de vidrio. Finalmente ubican los frascos en bandejas para su posterior movilización.

La operadora que portó el dosímetro utiliza orejeras protectoras para los oídos 3M optime H7A.

En la figura 27 se visualiza el momento en el que se le realizaban las preguntas personales a la operadora después de que se concluyan con la operación de la máquina lavadora de frascos.



Figura 27. Área de lavado de frascos en biológicos.

- Trabajador N°10: Operadora Empaque Codificación

La operadora de la máquina codificadora marca HAPA DEF-310 en la sección de empaque realiza diferentes actividades como: la operación de la máquina, embalado y empaque. Dos personas se encuentran muy próximas a la máquina codificadora mientras operan otra maquinaria. La operadora no utiliza equipo de protección auditiva. Trabaja toda la jornada diaria frente a la máquina.

En la siguiente figura, número 28, se visualiza la ubicación del operador frente a la máquina codificadora y cuando se le explicó el uso y el cuidado del micrófono.



Figura 28. Operador de la máquina de codificación en su área de trabajo.

- **Trabajador N°11: Operadora Lavado de frascos en Veterinarios**

Dos operadores trabajan en el área de lavado de frascos en la sección de veterinarios con el uso de la máquina BAUSCH STROBEL, realizan actividades como: movilización de frascos, esterilización de frascos, operación de la máquina y esterilización de las tapas.

La operadora que usó el equipo de dosimetría utiliza las orejeras protectoras para los oídos 3M optime H7A, por la razón de que estos no se le caen como los tapones reutilizables y de esta manera no contamina los frascos recién esterilizados.

En la figura 29, se visualiza la máquina de lavado de frascos antes de su operación.



Figura 29. Maquinaria para lavado de frascos en área de veterinarios.

- Trabajador N°12: Operador de Etiquetadora

Hay dos operadores que trabajan con la máquina etiquetadora TECNIPAC SERVICE 200 PMR, realizan actividades como: operación de la máquina, calibración de la misma y movilización frascos ya etiquetados. En el área se encuentran cuatro operadores muy próximos a la máquina. El operador que portó el dosímetro, no utiliza equipo de protección auditiva.

En la figura 30, se visualiza al operador realizando las diferentes actividades que completan el etiquetado de frascos.



Figura 30. Operador de la máquina etiquetadora de frascos.

5. RESULTADOS

5.1. Sonometría

A continuación, en la figura 31 se muestra el plano de la planta James Brown Pharma con la ubicación de la infraestructura principal, de las fuentes fijas generadoras de ruido y el punto crítico de afectación “Casa de la Primavera”.

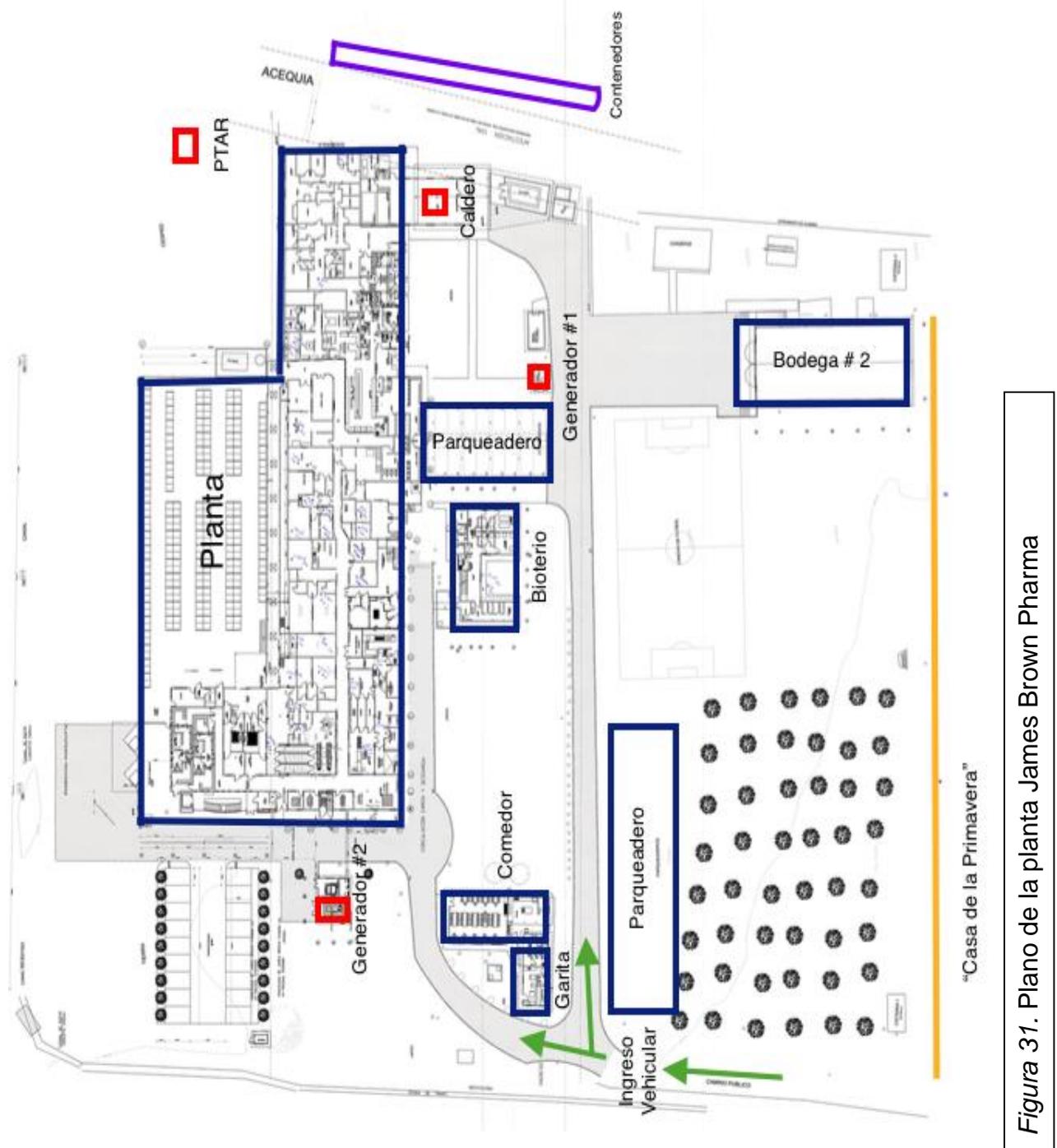


Figura 31. Plano de la planta James Brown Pharma

5.1.1. Mediciones acústicas en el predio

Primero se realizaron los cálculos logarítmicos de: NPL, LAeq, ruido residual, nivel de ruido específico y LK_{eq}, los cuales están explicados en el Capítulo de Marco Teórico. Para la determinación del ruido total se ejecutaron 10 repeticiones durante aproximadamente 10 minutos en cada punto. Para la determinación del nivel corregido también se calculó el ruido específico que fue calculado a partir de la diferencia entre ruido total y la corrección por ruido residual.

El ruido residual o ambiental fue medido en un lugar sin interferencia del ruido proveniente de la planta o de vehículos. Como resultado se obtuvo un valor de 35,9 dB a partir de un promedio logarítmico.

Los valores a continuación, como se muestran en la tabla 9, fueron medidos durante la jornada diurna de la planta, y cuando los generadores eléctricos de la planta no se encontraban encendidos. Debido a que la maquinaria permanece encendida durante las 24 horas, como requisito del funcionamiento de los laboratorios, no se realizaron mediciones nocturnas y se establecen los mismos resultados para ambos periodos.

Tabla 9.

Resultados de monitoreo

PUNTO	HORA (Inicio/Final)	LAeq (dB) RUIDO TOTAL	LCeq (dB)	LAeq (dB)	LAeq (dB) RUIDO ESPECÍFICO	NIVEL CORREGIDO
A	8:34/8:45	47,0	63,7	51,0	46,7	52,7
B	10:21/10:30	39,8	61,4	43,5	37,5	43,5
C	10:46/10:52	59,6	64,5	60,5	59,6	59,6
D	10:55/11:06	57,7	65,1	58,4	57,7	57,7
E	11:09/11:16	49,7	61,3	51,3	49,6	52,6
F	11:55/12:01	47,8	60,6	51,7	47,5	50,5

5.1.2. Mediciones de emisiones de la infraestructura

Las 15 mediciones fueron realizadas con el sonómetro marca NTI alrededor de la infraestructura de la farmacéutica, como se muestra en la figura 8. Además, se hicieron 4 mediciones alrededor de cada una de las fuentes fijas ubicadas en el exterior de la planta. A continuación, en la tabla 10, se detallan los resultados obtenidos de los puntos de la H a la V, con los promedios algebraicos de cada uno, que luego fueron ingresadas al programa de modelamiento de mapas de ruido.

Tabla 10.

Resultados de monitoreo de infraestructura.

Punto	Hora (Inicio/Final)	LAeq (dB) Promedio
H	14:26/14:28	65
I	14:31/14:33	60,6
J	14:34/14:36	64,4
K	14:42/14:44	55,7
L	14:45/14:47	58,7
M	14:48/14:51	61,8
N	14:52/14:55	62,8
O	14:58/14:59	53,9
P	15:02/15:05	58,2
Q	15:06/15:08	42,3
R	15:11/15:12	69,9
S	15:14/15:17	59,1
T	15:19/15:21	66,2
U	15:23/15:24	71,1
V	15:26/15:28	68,5

5.1.2.1. Mediciones alrededor del Caldero

Los 4 puntos de muestreo realizados a cada lado del caldero, se encuentran enlistados en la tabla 11, que especifica la hora que se realizó la medición y el nivel de presión sonora continuo equivalente con ponderación A, ya promediado de las 10 repeticiones realizadas.

Tabla 11.

Resultados de monitoreo de caldero.

Punto	Hora (Inicio/Final)	LAeq (dB) Promedio
AA	12:46/12:49	76.4
AB	12:52/12:54	72.4
AC	12:55/12:56	69.2
AD	12:56/12:57	73.3

5.1.2.2. Mediciones alrededor de la planta de tratamiento de aguas residuales

En la PTAR, los 4 puntos de muestreo realizados se enlistan en la tabla 12, que especifica la hora de medición y el promedio del nivel de presión sonora continuo equivalente con ponderación A.

Tabla 12.

Resultados de monitoreo de PTAR.

Punto	Hora (Inicio/Final)	LAeq (dB) Promedio
BA	13:43/13:45	67.5
BB	13:45/13:47	67.7
BC	13:47/13:49	66.7
BD	13:49/13:51	66.4

5.1.2.3 Mediciones alrededor del generador eléctrico #1 (Pequeño)

El Generador eléctrico #1 tiene más de 30 años operando en la planta en caso de emergencias eléctricas. Para control y mantenimiento el generador se enciende automáticamente los días viernes a las 10:00 am durante 25 min. Los 4 puntos de muestreo se encuentran enlistados en la tabla 13, que especifica la hora que se realizó la medición y el promedio del nivel de presión sonora continuo equivalente.

Tabla 13.

Resultados de monitoreo de Generador #1.

Punto	Hora (Inicio/Final)	LAeq (dB) Promedio
PA	8:15/8:17	93,6
PB	8:17/8:18	78,9
PC	8:19/8:21	93,9
PD	8:21/8:23	94,8

5.1.2.4. Mediciones alrededor del generador eléctrico #2 (Grande)

El Generador eléctrico #2 tiene 6 años operando en la planta en caso de emergencias eléctricas. Para control y mantenimiento el generador se enciende automáticamente los días viernes a las 7:30 am durante 15 min. Los 4 puntos de muestreo se enlistan en la tabla 14, que especifica la hora que se realizó la medición y el promedio del nivel de presión sonora continuo equivalente con ponderación A.

Tabla 14.

Resultados de monitoreo de Generador #2.

Punto	Hora (Inicio/Final)	LAeq (dB) Promedio
GA	8:02/8:04	91,3
GB	8:05/8:07	99,1
GC	8:07/8:09	79,2
GD	8:10/8:11	98,7

5.1.3. Mediciones alrededor de la maquinaria

Se realizaron las mediciones con el sonómetro NTI, a las máquinas que necesitaron verificación para la realización de dosimetría, que están ubicadas en el interior de la farmacéutica y en sus laboratorios. Se realizaron mediciones alrededor de cada maquinaria. Para la obtención de un valor final de emisión de ruido se realizó un promedio algebraico de todos los puntos de monitoreo realizados, en ciertos casos solamente se promediaron 2 o 3 puntos de muestreo, mas no los 4 principales, debido a algunos impedimentos. A continuación, en la tabla 15, se detalla la maquinaria, la hora de la medición y los resultados de LAeq en decibeles.

Tabla 15.

Resultados de monitoreo a maquinarias.

Máquina	Hora (Inicio/Final)	LAeq (dB) Promedio
Autoclave	13:24/13:31	94,5
Etiquetadora	14:07/14:15	77,3
Capsulado	9:38/9:49	86,1
Codificadora	9:54/10:01	78,9
Lavado de frascos	11:34/11:40	84,7

5.1.4. Mediciones en el punto crítico de afectación

Como punto crítico de afectación se determinó a la casa-hostal “Casa de la Primavera” que limita con la farmacéutica. Estos resultados fueron ingresados al programa CadnaA para su posterior análisis. A continuación, en la tabla 16, se presentan los promedios logarítmicos obtenidos de los 3 puntos de monitoreo.

Tabla 16.

Resultados de monitoreo punto crítico.

Punto	Hora (Inicio/Final)	LAeq (dB) Promedio
WA	12:25/12:27	46,6
WB	12:27/12:29	46,7
WC	12:31/12:33	50,1

5.2. Dosimetría

Las mediciones de dosimetría se realizaron desde el 21 de marzo del 2017 al 12 de abril del 2017 a un total de 12 trabajadores. Las mediciones se hicieron durante la jornada laboral de 8 horas diarias. Se obtuvieron variables como el nivel medio de presión sonora con ponderación A para 8 horas (TWA), el nivel máximo recibido y el porcentaje de dosis estimada (Dosis % Est.) de TWA. El porcentaje de dosis estimada es el porcentaje del nivel medio en relación con un valor fijo definido por el tiempo y el nivel relativo que corresponde al límite de 85 dB, dado que este valor es al 100% a lo largo de las 8 horas de trabajo. A continuación, en la tabla 17, se muestran las variables obtenidas de cada operador.

Tabla 17.

Resultados de dosimetría de cada operador.

Nº	Cargo	TWA dB(A)	Nivel Máximo recibido (dB)	Dosis % Est. (de TWA)
1	Operadora de envase de semisólidos	80.1	90	53
2	Operadora de empaque en envase semisólidos	71.5	84	16
3	Operador de envasado de polvo	79.9	108	49
4	Operador de fabricación de cápsulas blandas	85.2	100	101
5	Operador de fabricación de gelatina	79.1	94	44
6	Operador de fabricación de semisólidos	76.2	90	30
7	Operador Autoclave	80.1	103	51
8	Operador en manufactura de fumigación y limpieza	89	105	174
9	Operadora de lavado de frascos en Biológicos	78.7	90	41
10	Operadora Empaque Codificación	79.9	90	49
11	Operadora Lavado de frascos en Veterinarios	76.7	88	33
12	Operador de Etiquetadora	73.1	84	20

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

6.1. Análisis de resultados de sonometría

6.1.1. Mediciones del predio

Los valores obtenidos de las mediciones realizadas con el equipo sonométrico NTI en el predio serán comparadas con la normativa vigente en el país. En este caso la norma técnica es establecida por el Ministerio del Medio Ambiente que establece los límites permisibles de ruido ambiente para fuentes fijas de acuerdo con el tipo de suelo. Para la planta el tipo de suelo está categorizado como Industrial 2. En la siguiente tabla, número 18, se muestra el análisis de cumplimiento de normativa durante el periodo diurno y nocturno, con el nivel corregido de nivel de presión sonora.

Tabla 18.

Cumplimiento de normativa nacional para fuentes fijas de ruido.

PUNTO	HORA (Inicio/Final)	NIVEL CORREGIDO (dB)	PERIODO DIURNO de 7:01 a 21:00 65 dB	PERIODO NOCTURNO de 21:01 a 7:00 55 dB
A	8:34/8:45	52,5	Bajo la norma	Bajo la norma
B	10:21/10:30	43,5	Bajo la norma	Bajo la norma
C	10:46/10:52	59,6	Bajo la norma	<i>Sobre la norma</i>
D	10:55/11:06	57,7	Bajo la norma	<i>Sobre la norma</i>
E	11:09/11:16	52,6	Bajo la norma	Bajo la norma
F	11:55/12:01	50,5	Bajo la norma	Bajo la norma

Como se puede ver en la tabla 18, el punto C excede con un 8,4% y el punto D con un 4,9% al límite del periodo nocturno que corresponde a 55 dB. En el punto C la medición fue realizada cerca de la PTAR que se encuentra ubicada al noreste del terreno y diagonal a las bodegas. La planta de tratamiento presenta un nivel sonoro de 67,1 dB que afecta directamente a las mediciones en el punto C.

El punto predial D se encuentra ubicado al este de la infraestructura y se encuentra próximo a dos sistemas de ventilación que son la fuente generadora del nivel de ruido, haciendo que este punto predial sobrepase el límite máximo permisible. Los puntos T y U son los puntos de medición realizados a los sistemas de ventilación y tienen un nivel de presión sonora de 66,2 dB y 71,1 dB respectivamente. Es importante mencionar que ambos puntos prediales se encuentran ubicados en el mismo límite predial, en el que solamente existen terrenos baldíos aledaños y el único ruido generado en este límite es generado por la PTAR y los dos sistemas de ventilación.

El resto de puntos prediales cumplen con la normativa vigente que establece el ente regulador. En especial los puntos E y F que se encuentran ubicados en el mismo límite predial a lado del terreno de la casa-hostal “Casa de la Primavera”.

6.1.2. Mapas de Ruido (CadnaA)

Los resultados obtenidos a partir de las mediciones de infraestructura y de las fuentes fijas ubicadas en el exterior fueron ingresados al programa CadnaA. En este caso el área de estudio fue el sector El Rosal donde está ubicada la farmacéutica James Brown Pharma y la carretera Vía Interoceánica.

Con la implementación de varias herramientas del programa se ingresaron los datos como niveles de ruido (LAeq), tráfico vehicular, edificaciones cercanas, curvas de nivel, etc. Se visualizó de manera específica la propagación del ruido que existe en dicha área de estudio mediante diferentes mapas de nivel sonoro. A continuación, se presentan los mapas de ruido realizados en este estudio:

6.1.2.1. Mapa de ruido #1

En la figura 32 se visualiza que existe un alto impacto acústico generado por la carretera Interoceánica con un valor mayor a 75 dB, la carretera no solo incrementa el nivel de presión sonora en la planta, sino que también afecta a la casa-hostal “Casa de la Primavera”. Las vías secundarias afectan con un nivel de ruido mayor a 65 dB.

En el modelamiento se observa que alrededor de la planta promedia un nivel de ruido mayor a 55 dB cumpliendo con la normativa vigente. Existen zonas alrededor de la planta que tienen un color rojo, que corresponde a un nivel de ruido mayor a 60 dB. Este nivel de ruido en estas zonas de la planta, son generados por la maquinaria ubicada en el exterior.

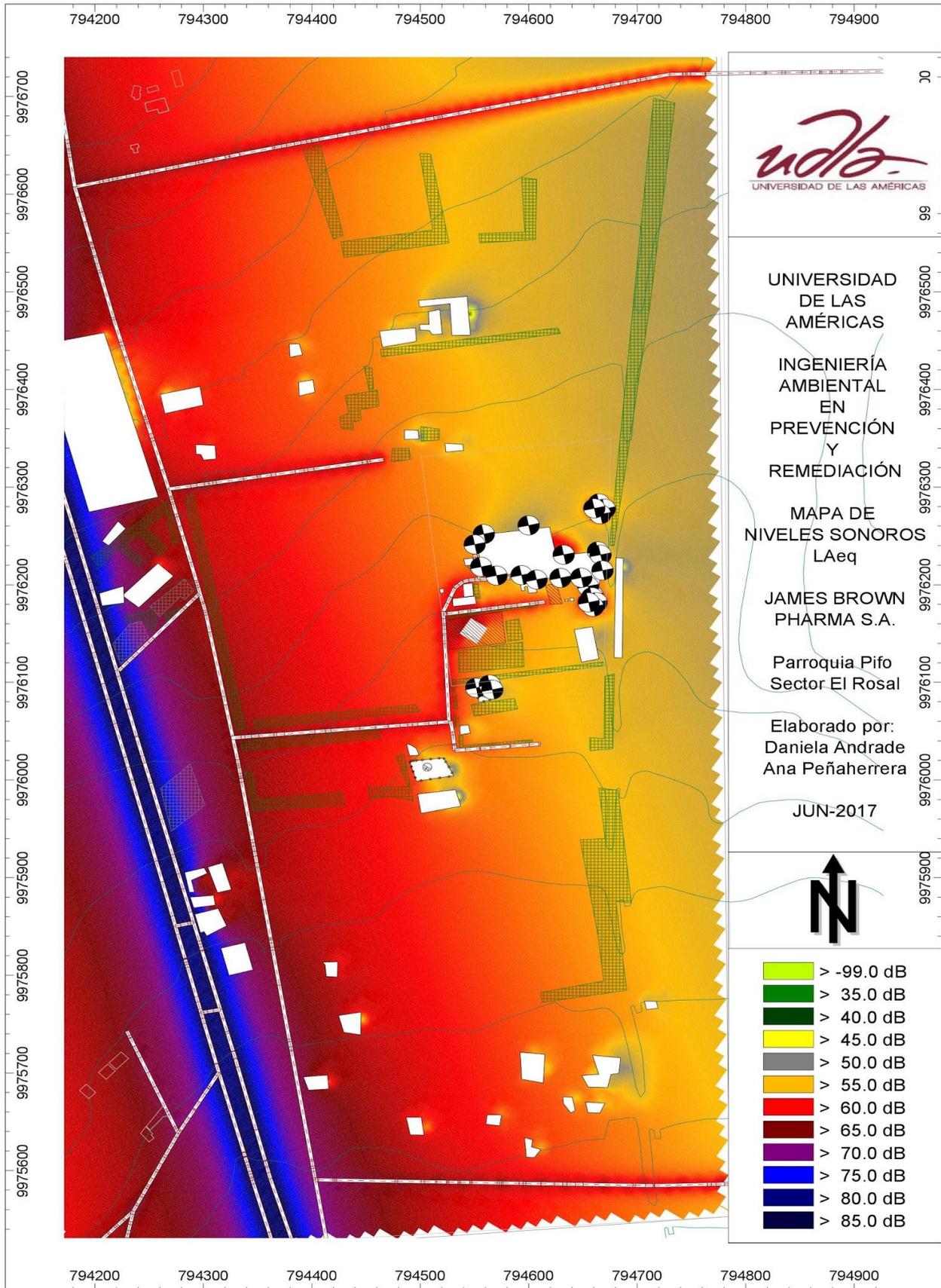


Figura 32. Mapa de ruido del sector El Rosal durante el periodo diurno.

6.1.2.2. Mapa de ruido #2

En la figura 33 se visualiza el mapa de ruido de la planta y las edificaciones más cercanas. Además, se presenta como las vías de acceso incrementan el ruido en el sector de estudio debido al ingreso de vehículos livianos y pesados, como también 4 puntos dentro del terreno de la planta que superan las emisiones de ruido de 60 dB. Estos niveles altos de ruido dentro de la planta son emitidos por la planta de tratamiento de aguas residuales, que emite un promedio de 67,1 dB y por el caldero que emite un nivel de ruido promedio de 72,8 dB. Los puntos de infraestructura medidos son el punto T con 66,2 dB, el punto U con un nivel de 71,1 dB y por último el punto R con un nivel de ruido de 69,9 dB, estos puntos generan más ruido que los demás debido a que existe maquinaria de ventilación y maquinaria de extracción de vapores ubicados en el exterior de la infraestructura. A continuación, se observa la figura 33 los sectores antes mencionados donde existe un alto nivel de presión sonora.

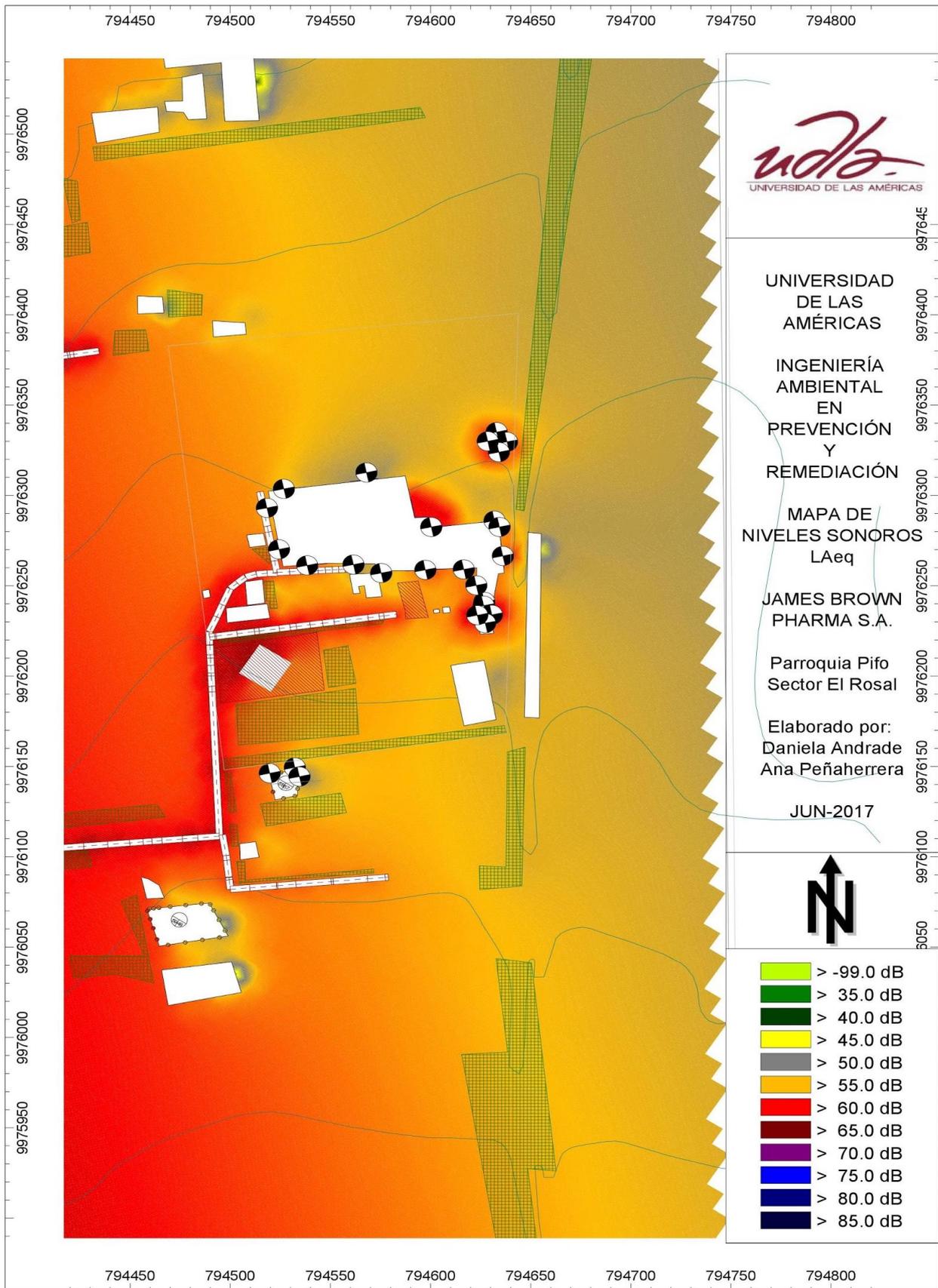


Figura 33. Mapa de ruido de la planta James Brown Pharma, durante el periodo diurno.

6.1.2.3. Mapa de ruido #3

En la figura 34 se observa el impacto acústico que producen los generadores eléctricos de emergencia cuando están encendidos. El generador #1 emite un nivel de ruido promedio de 90,3 dB, y el generador #2 emite un ruido promedio de 92,1 dB. La comparación entre la figura 32 y 33, se visualiza como la distribución del ruido aumenta en dirección hacia el sur de la planta. Mientras están apagados los generadores, el nivel de ruido en el terreno aledaño de la casa-hostal tiene un promedio de ruido de 47,8 dB. Al momento que se encienden los generadores el nivel sube un 30%, y da como resultado un nivel de ruido mayor a 60 dB en el punto crítico de afectación de la “Casa de la Primavera”.

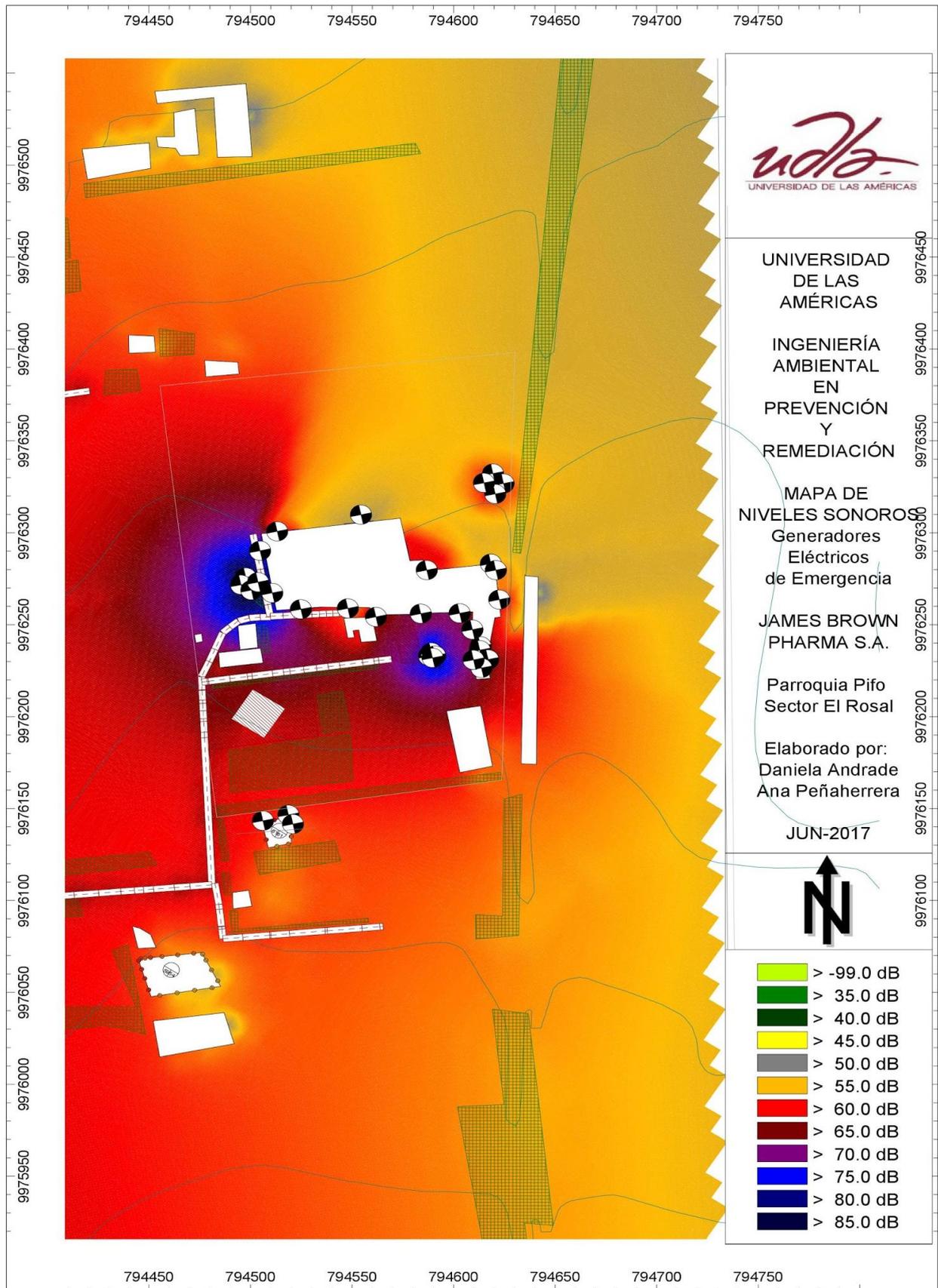


Figura 34. Mapa de ruido de la planta James Brown Pharma con generadores eléctricos encendidos, durante el periodo diurno.

6.2. Análisis de resultados de dosimetría

Para el análisis de resultados de dosimetría se usó el programa estadístico SPSS *Statistics*, con los resultados del equipo de dosimetría y con las preguntas de información personal a los operadores (Véase, Anexo 1). Se analizaron las diferentes variables mediante frecuencia, porcentajes, tablas y figuras. Además, se realizaron comparaciones entre variables para la obtención de otro tipo de resultados.

6.2.1. Normativa vigente

Con todos los resultados obtenidos en dosimetría se realizó una comparación con la normativa vigente. Según la normativa el nivel medio de presión sonora con ponderación A para 8 horas es máximo 85 dB. Se evidenció que dos operadores sobrepasan este límite que da como resultado un 16,7% de incumplimiento en la normativa y el resto de operadores da un total del 83,3% que cumplen. El 75% de los operadores están próximos a los límites máximos permisibles. A continuación, se muestran los resultados de la figura 35.

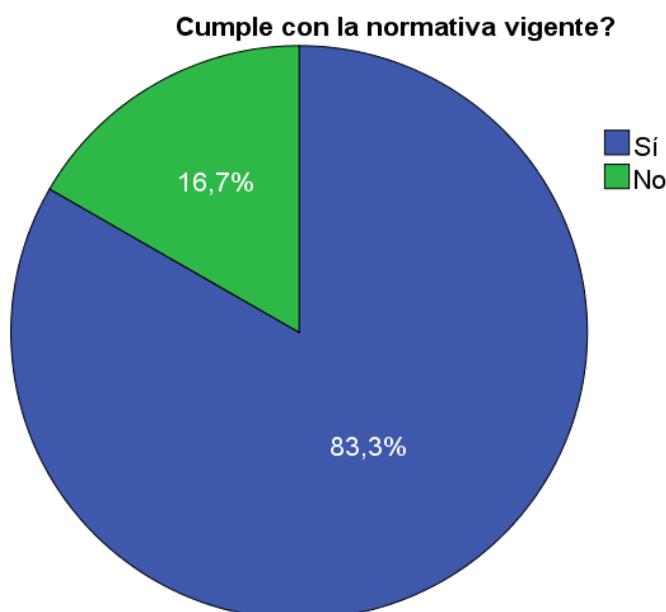


Figura 35. Porcentaje de cumplimiento normativa vigente.

6.2.2. Normativa vigente, TWA y porcentaje de dosis

De acuerdo con la tabla 19, dos operadores no cumplen con la normativa vigente. El operador de fabricación de cápsulas blandas que está al límite del nivel permisible con un TWA de 85,2 dB y el que pasa el límite de normativa es el operador de manufactura de fumigación y limpieza con una dosis de TWA de 89,0 dB. Según los resultados obtenidos se evidenció que tres operadores están sobre los 80 dB y otros tres operadores próximos a los 80 dB.

Tabla 19.

Valores de TWA y de porcentaje de dosis con el cumplimiento de normativa.

	TWA	Dosis estimada de TWA	Cumple con la normativa vigente?	
			Sí	No
			< 85 dB	> 85 dB
Cuál es su cargo?				
Operador de envase de semisolidos	80,1	53	X	-
Operadora de empaque en envase semisolidos	71,5	16	X	-
Operador de envasado de polvo	79,9	49	X	-
Operador de fabricacion de capsulas blandas	85,2	101	-	X
Operador de fabricacion de gelatina	79,1	44	X	-
Operador de fabricacion de semisolidos	76,2	30	X	-
Operador Autoclave	80,1	51	X	-
Operador en manufactura de fumigacion y limpieza	89,0	174	-	X
Operadora de lavado de frascos en Biologicos	78,7	41	X	-
Operadora Empaque Codificacion	79,9	49	X	-
Operadora Lavado de frascos en Veterinarios	76,7	33	X	-
Operador de Etiquetadora	73,1	20	X	-

6.2.3. Molestias auditivas al operar

Se les preguntó a los trabajadores sobre su percepción frente a la audición (Véase Anexo 1), de si sienten alguna molestia al momento de operar en sus distintos puestos de trabajo. Como se muestra en la figura 36, los resultados obtenidos fueron que el

66,7% si presenta molestias auditivas al operar y el restante 33,3% no las presenta. Las molestias auditivas que percibe cada individuo varían según varias variables tales como la sensibilidad y la percepción del ambiente. Desde los 80 dB empiezan a presentarse molestias en las personas, problemas de salud y en el sistema nervioso (Restrepo, 2011). Esto puede ocasionarse debido a que no están tomando las medidas de precaución adecuados para que eviten molestias auditivas mientras realizan su trabajo laboral. A continuación, se visualiza la figura 36:

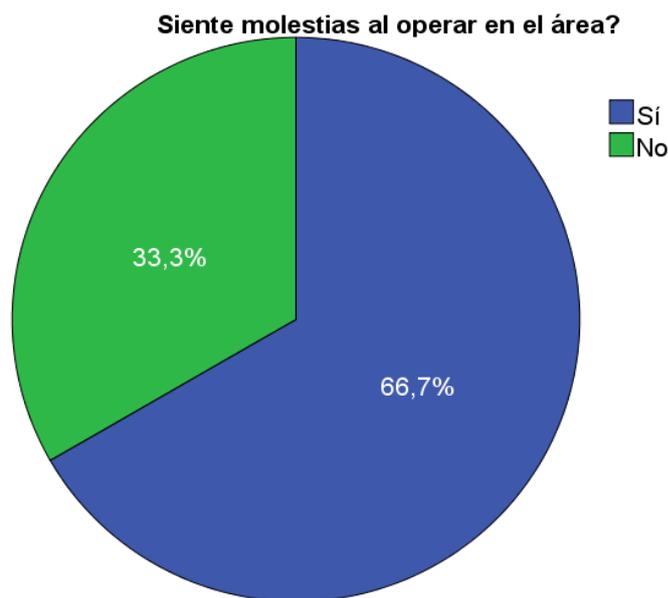


Figura 36. Porcentaje de molestias del trabajador al operar.

6.2.4. Equipo de protección auditiva

A los trabajadores que portaron el micrófono de dosimetría se les preguntó si utilizaban equipo de protección personal auditivo (Véase Anexo 1), como resultado obtuvimos que la mayoría del personal usa orejeras de protección con un 66,7%, 8,3% usa tapones reutilizables y un 25% no usa ningún tipo de protección. Durante las entrevistas los trabajadores informaron que usaban las orejeras solo cuando la máquina generadora de ruido estaba prendida, caso contrario no portaban ninguna protección auditiva durante el resto de la jornada laboral. Además, se evidenció que solo el operador usaba orejeras de protección, mientras que el ayudante que se encontraba en la misma área, no usaba ningún tipo de protección. Por esta razón la

mayoría de los trabajadores sienten molestias auditivas al momento de operar, aun cuando se registra que el 91,7% de trabajadores si utiliza el equipo de protección. Como se muestra en la tabla 17 en el capítulo de resultados, nueve personas presentan un nivel máximo registrado mayor a 90 dB y los restantes 3 operadores registran un nivel máximo mayor a 80 dB. A continuación, se muestra en la figura 37:

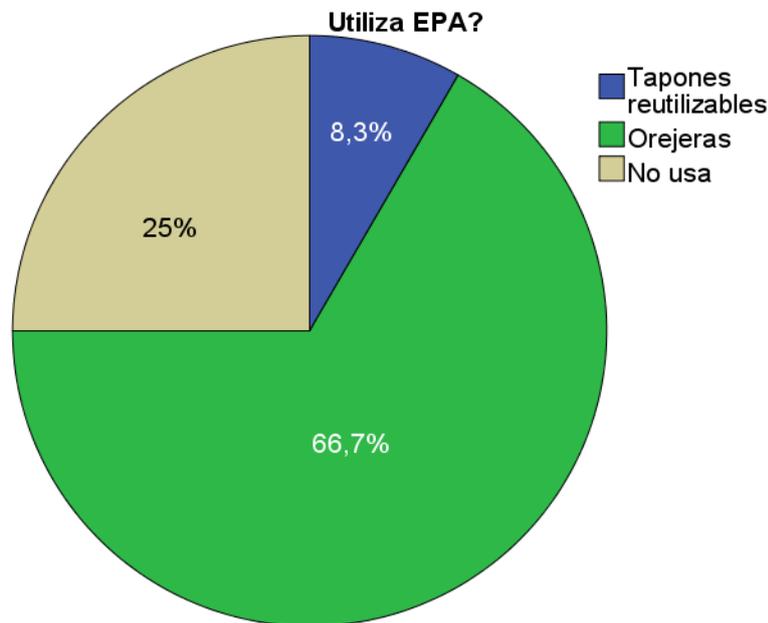


Figura 37. Porcentaje de uso de equipo de protección auditiva.

6.2.5. Edad

Se realizaron rangos para el análisis del número de trabajadores según su edad. En la figura 38, se evidencia, que se obtuvo como resultado que el mayor número de trabajadores pertenecen al rango de 26 a 30 años con un total del 33,3% y el menor rango de edad fueron entre 31-35 años y 36-40 años, con un 8,3%. También se analizó la moda que radica en un valor de 2 en la frecuencia por rango, es decir, que 2 es el valor que más se repite dentro de la frecuencia. Posteriormente se analiza la edad de los trabajadores con la dosis en decibeles recibida porque a mayor edad, mayor es la probabilidad de problemas auditivos (Castillo et al., 2006).

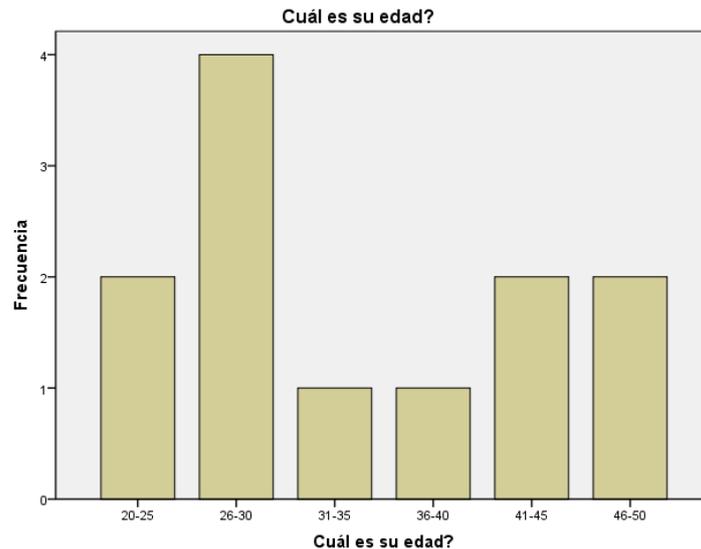


Figura 38. Rangos de edad de los trabajadores.

6.2.6. Edad y TWA

Como se puede ver en la tabla 20, en el rango de edad de 46-50 años, existen dos operadores que reciben una dosis TWA de 76,7 y 80,1 dB. En este caso su riesgo de disminución auditiva es mayor que las personas menores a 40 años. A su vez la disminución y pérdida de audición también son causadas por diferentes consecuencias, como, por ejemplo, en este caso, la exposición prolongada al ruido laboral dentro de la farmacéutica. Como resultado en dosimetría se obtuvo que el operador de manufactura de fumigación y limpieza es el que mayor dosis de TWA recibe con un valor de 89,0 dB y está en el rango de edad de entre 26-30 años como se muestra en la misma tabla. A pesar de que no está dentro de un rango de edad avanzada, pueden presentarse problemas degenerativos cocleares desde temprana edad debido a la larga exposición al ruido laboral. El factor edad está relacionado directamente con la capacidad auditiva. La pérdida auditiva progresiva debido al envejecimiento se llama presbiacusia, esta enfermedad es causada por problemas degenerativos cocleares (Castillo et al., 2006, p. 383).

Tabla 20.

Relación de edad con dosis de TWA a cada operador.

			TWA
			dB
Cuál es su cargo?	Operador de envase de semisolidos	36-40	80,1
	Operadora de empaque en envase semisolidos	41-45	71,5
	Operador de envasado de polvo	20-25	79,9
	Operador de fabricacion de capsulas blandas	41-45	85,2
	Operador de fabricacion de gelatina	26-30	79,1
	Operador de fabricacion de semisolidos	Cuál es su edad? 31-35	76,2
	Operador Autoclave	46-50	80,1
	Operador en manufactura de fumigacion y limpieza	26-30	89,0
	Operadora de lavado de frascos en Biologicos	26-30	78,7
	Operadora Empaque Codificacion	26-30	79,9
	Operadora Lavado de frascos en Veterinarios	46-50	76,7
	Operador de Etiquetadora	20-25	73,1

6.2.7. Problemas auditivos

A los trabajadores que se les realizó la dosimetría personal, se les preguntó si tenían algún tipo de problema auditivo como zumbido o pérdida de audición (Véase Anexo 1). Como resultado se visualiza en la figura 39, que el 25% de los trabajadores tienen algún tipo de problema auditivo y el 75% no presenta ningún problema.

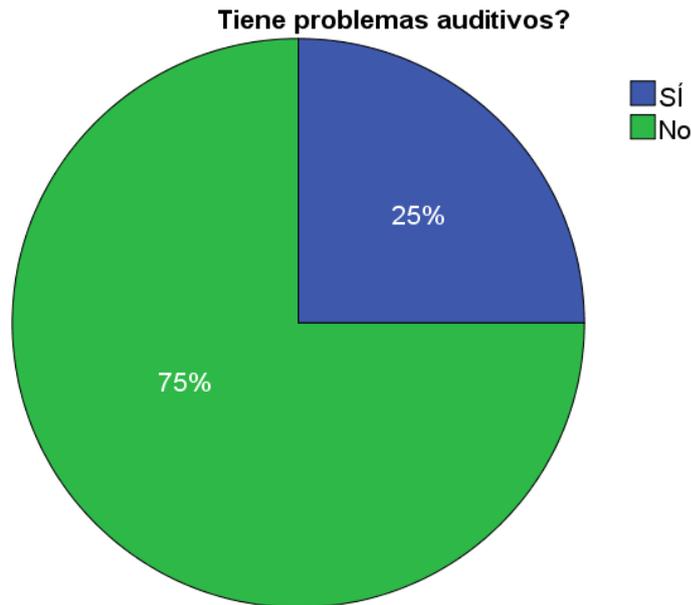


Figura 39. Porcentaje de los problemas auditivos del trabajador.

6.2.8. Edad y problemas auditivos

Se realizó una comparación entre el rango de edad y los problemas auditivos de los trabajadores, obtuvimos como resultado que los rangos de edad que se encuentran más afectados fueron entre 26-30 años, que corresponde al operador de manufactura de fumigación y limpieza con un TWA de 89,0 dB, como se muestra en la tabla 21. Luego entre 36-40 corresponde al operador de envase de semisólidos con una dosis TWA de 80,1 dB y por último en el rango entre 41-45 años está el operador de fabricación de cápsulas blandas con una dosis de TWA de 85,2 dB. En este último caso a pesar que el operador está expuesto a altos niveles de ruido que desencadenan problemas auditivos, se suma el problema de la edad, debido que las personas mayores de 40 años empiezan a tener problemas de presbiacusia en un grado variable dependiendo de cada individuo (Restrepo, 2011).

Tabla 21.

Comparación entre la edad de los trabajadores y los problemas auditivos.

			Tiene problemas auditivos?	
			Si	No
Cuál es su cargo?	Operador de envase de semisolidos	36-40	X	-
	Operadora de empaque en envase semisolidos	41-45	X	-
	Operador de envasado de polvo	20-25	-	X
	Operador de fabricacion de capsulas blandas	41-45	-	X
	Operador de fabricacion de gelatina	26-30	-	X
	Operador de fabricacion de semisolidos	Cuál es su edad? 31-35	-	X
	Operador Autoclave	46-50	-	X
	Operador en manufactura de fumigacion y limpieza	26-30	X	-
	Operadora de lavado de frascos en Biologicos	26-30	-	X
	Operadora Empaque Codificacion	26-30	-	X
	Operadora Lavado de frascos en Veterinarios	46-50	-	X
	Operador de Etiquetadora	20-25	-	X

6.2.9. Años operando en el área designada

También se determinó cuántos años los trabajadores van recibiendo la misma dosis TWA de ruido. De acuerdo, con la figura 40, como resultado se obtuvo que la mayoría de trabajadores van menos de 5 años trabajando en la misma área, equivalente a un 66,7% y entre 5 a 11 años se obtuvo como resultado un porcentaje de 33,3%, a pesar de que este porcentaje es menor, posteriormente se analizará si el porcentaje de dosis que reciben estos trabajadores está dentro del límite permisible por la normativa.

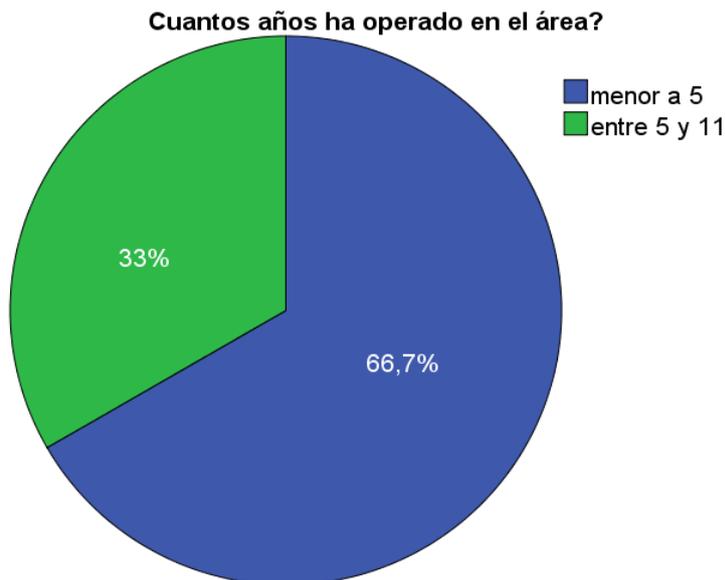


Figura 40. Porcentaje de años trabajando en el área.

6.2.10. Años operando en el área, TWA y normativa vigente

De acuerdo con la tabla 22, se obtuvo como resultado que el operador de fabricación de cápsulas blandas recibe una dosis TWA de 85,2 dB, por lo tanto, no cumple con la normativa vigente y tiene un tiempo de exposición a esta dosis de TWA entre 5 a 11 años. Esto quiere decir, que está varios años recibiendo esta misma dosis que afectaría a su audición en los próximos años. La pérdida de audición se presenta de una manera lenta y la principal preocupación de esta enfermedad es que es de carácter irreversible (Restrepo, 2011). Otro caso crítico es el operador en manufactura de fumigación y limpieza, que recibe la mayor dosis dentro de todos los operadores monitoreados con un TWA de 89,0 dB, incumpliendo con la normativa. A pesar de que lleva menos de 5 años trabajando en dicha área, está recibiendo una dosis muy elevada. Para aquellas personas que hayan estado expuestos a ruidos industriales mayores a 90 dB durante 5 o más años, se identificó problemas de hipoacusia debido al ruido que fue expuesto durante esos años (Restrepo, 2011).

Tabla 22.

Comparación de TWA, años operando en el área y con normativa vigente.

			TWA	Cumple con la normativa vigente?	
			dB	Sí	No
				Recuento	Recuento
Cuál es su cargo?	Operador de envase de semisolidos	menor a 5	80,1	X	-
	Operadora de empaque en envase semisolidos	entre 5 y 11	71,5	X	-
	Operador de envasado de polvo	menor a 5	79,9	X	-
	Operador de fabricacion de capsulas blandas	entre 5 y 11	85,2	-	X
	Operador de fabricacion de gelatina	menor a 5	79,1	X	-
	Operador de fabricacion de semisolidos	Cuantos años ha operado en el área? entre 5 y 11	76,2	X	-
	Operador Autoclave	entre 5 y 11	80,1	X	-
	Operador en manufactura de fumigacion y limpieza	menor a 5	89,0	-	X
	Operadora de lavado de frascos en Biologicos	menor a 5	78,7	X	-
	Operadora Empaque Codificacion	menor a 5	79,9	X	-
	Operadora Lavado de frascos en Veterinarios	menor a 5	76,7	X	-
	Operador de Etiquetadora	menor a 5	73,1	X	-

7. PROPUESTA DE ACCIONES CORRECTIVAS PARA LA REDUCCIÓN DE RUIDO

7.1. Acciones correctivas para ruido laboral

7.1.1. Fuera de la fuente

- a. Silenciadores: Para los trabajadores que realicen la limpieza del área, debe reducirse el nivel de presión al mínimo posible, implementarse un silenciador de presión en la salida del aire comprimido marca Silvent modelo MJ6 los cuales tienen una combinación adecuada de la potencia de soplado, reduce un 18% en el coste de consumo energético y reduce un 43% el nivel de presión sonora. Se implementará un silenciador con un cono de soplado concentrado de acero inoxidable que resista una potencia de soplado de 2.5 N. En la figura 41 se muestra el silenciador MJ6 Marca Silvent. Además, será necesario el

cambio de orejeras a unas más adecuadas para el nivel de ruido que reciben, como las orejeras 3M Optime 105, H10A.

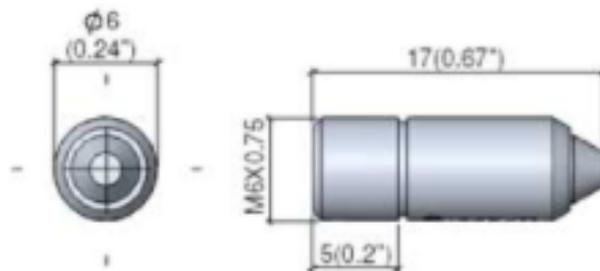


Figura 41. Dimensiones silenciador modelo MJ6

Tomado de (SILVENT, 2017).

- b. Equipo de protección auditiva: El ruido es un factor constante en las instalaciones de la planta, por lo que todos los trabajadores que operan, deberán utilizar los tapones reutilizables en todo momento. Debido a la influencia del alto ruido en varias áreas de operación y por la movilidad del trabajador dentro de las instalaciones. La selección de equipo adecuado como; orejeras o tapones reutilizables depende del nivel de presión sonora calculado a partir de dosimetría. Por último, deben establecerse controles periódicos de uso. Posteriormente, en la tabla 23 se muestra el equipo que debe usar cada operador.

Tabla 23.

Propuestas para cada operador.

Nº	Cargo	Observaciones	Propuesta
1	Operadora de envase de semisólidos	<ul style="list-style-type: none"> - Utiliza solamente tapones reutilizables con cordón (24dB) 3M-1270 - Presenta molestias - Nivel máximo de ruido de 90 dB 	<ul style="list-style-type: none"> - Cambiar de EPA a uso de Orejeras protectores para los oídos 3M Optime 101, H7A
2	Operadora de empaque en envase semisólidos	<ul style="list-style-type: none"> - No utiliza EPA - Presenta molestias - Nivel máximo de ruido de 84 dB 	<ul style="list-style-type: none"> - Utilizar tapones reutilizables con cordón (24dB) 3M-1270
3	Operador de envasado de polvo	<ul style="list-style-type: none"> - Utiliza Orejeras protectores para los oídos 3M Optime 101, H7A - Presenta molestias - Nivel máximo de ruido de 108 dB 	<ul style="list-style-type: none"> - Cambiar de EPA a uso de Orejeras protectores para los oídos 3M Optime 105, H10A
4	Operador de fabricación de cápsulas blandas	<ul style="list-style-type: none"> - Utiliza Orejeras protectores para los oídos 3M Optime 101, H7A - Presenta molestias - Nivel máximo de ruido de 100 dB 	<ul style="list-style-type: none"> - Mantenimiento de los insertos de espuma y almohadillas de las orejeras - Cambio de área de trabajo
5	Operador de fabricación de gelatina	<ul style="list-style-type: none"> - Utiliza Orejeras protectores para los oídos 3M Optime 101, H7A - No presenta molestias - Nivel máximo de ruido de 94 dB 	<ul style="list-style-type: none"> - N/A
6	Operador de fabricación de semisólidos	<ul style="list-style-type: none"> - Utiliza Orejeras protectores para los oídos 3M Optime 101, H7A - No presenta molestias - Nivel máximo de ruido de 90 dB 	<ul style="list-style-type: none"> - N/A

Nº	Cargo	Observaciones	Propuesta
7	Operador Autoclave	<ul style="list-style-type: none"> - Utiliza Orejeras protectores para los oídos 3M Optime 101, H7A - Presenta molestias - Nivel máximo de ruido de 103 dB 	<ul style="list-style-type: none"> - Cambiar de EPA a uso de Orejeras protectores para los oídos 3M Optime 105, H10A
8	Operador en manufactura de fumigación y limpieza	<ul style="list-style-type: none"> - Utiliza Orejeras protectores para los oídos <i>Climax</i> 24 - Presenta molestias - Nivel máximo de ruido de 103 dB - TWA mayor a 85 dB 	<ul style="list-style-type: none"> - Cambiar de EPA a uso de Orejeras protectores para los oídos 3M Optime 105, H10A
9	Operadora de lavado de frascos en Biológicos	<ul style="list-style-type: none"> - Utiliza Orejeras protectores para los oídos 3M Optime 101, H7A - Presenta molestias - Nivel máximo de ruido de 90 dB 	<ul style="list-style-type: none"> - Mantenimiento de los insertos de espuma y almohadillas de las orejeras
10	Operadora Empaque Codificación	<ul style="list-style-type: none"> - No utiliza EPA - No presenta molestias - Nivel máximo de ruido de 90 dB 	<ul style="list-style-type: none"> - Utilizar tapones reutilizables con cordón (24dB) 3M-1270
11	Operadora Lavado de frascos en Veterinarios	<ul style="list-style-type: none"> - Utiliza Orejeras protectores para los oídos 3M Optime 101, H7A - Presenta molestias - Nivel máximo de ruido de 88 dB 	<ul style="list-style-type: none"> - Mantenimiento de los insertos de espuma y almohadillas de las orejeras
12	Operador de Etiquetadora	<ul style="list-style-type: none"> - No utiliza EPA - No presenta molestias - Nivel máximo de ruido de 84 dB 	<ul style="list-style-type: none"> - Utilizar tapones reutilizables con cordón (24dB) 3M-1270

7.1.2. De organización

- a. Control de exposición: debido a que la dosis de ruido que recibe cada operador dentro de la planta depende del nivel de presión sonora y el tiempo al que está expuesto a dicho ruido. La reducción de exposición al ruido de un trabajador es mediante la rotación de puestos a áreas que tengan un nivel de presión sonora menor. Los operadores que necesitan una rotación de puesto de trabajo son de acuerdo al valor obtenido de TWA:
 - Todo operador que sobrepasa el límite máximo permisible de TWA de 85 dB, debe rotar de puesto de trabajo cada seis meses, y son: los de fabricación de cápsulas blandas y de manufactura de fumigación y limpieza.
 - Todo operador que sobrepase los 80 dB de TWA, debe rotar de puesto de trabajo cada año, y son los de autoclave, envase de semisólidos, envase de polvo y el de codificación.
- b. Horario de limpieza: Para la reducción de la exposición al ruido, es indispensable la realización de la limpieza con aire comprimido en horas con la menor cantidad de trabajadores en la planta, 7:00 am y 4:30 pm.
- c. Señalización: En todas las áreas con altos niveles de ruido dentro de la farmacéutica necesitan señalización adecuada sobre la alta exposición al ruido, obligatoriedad de uso de protección auditiva y restricción de ingreso al área.
- d. Capacitaciones: Difusión de información y formación sobre los riesgos que genera la exposición al ruido, y así crear conciencia entre todo el personal y evitar exposiciones al ruido innecesarias. Los temas a tratar son: consecuencias de la exposición al ruido y sus efectos, medidas de control para evitar los riesgos generados por ruido, resultados de los monitoreos realizados en la planta, valores límites de exposición, correcto uso y mantenimiento del equipo de protección auditiva e informar sobre los síntomas de inicios de

pérdida auditiva para generar vigilancia médica en dichos casos. Las capacitaciones deben realizarse a todos los trabajadores.

7.2. Acciones correctivas para ruido ambiental

7.2.1. Barrera acústica a la planta de tratamiento de aguas residuales

La planta de tratamiento presenta un nivel sonoro de 67,1 dB e influye al nivel de ruido al punto C ubicado en el predio con un nivel de presión sonora de 59,6 dB. Punto que excede los valores del límite permisible durante el periodo nocturno de 55 dB, debido a que permanece encendida durante las 24 horas del día. En el modelamiento se realizó una barrera de 3,50 metros de altura de hormigón alrededor de la PTAR. Y como se visualiza en la figura 42 que se muestra a continuación los niveles de presión sonora disminuyeron. Como se observaba en el capítulo anterior en la imagen del mapa de ruido de la planta James Brown Pharma alrededor de la PTAR existía un valor mayor de 60 dB predominando el color rojo según la leyenda y ahora que se implementó la barrera alrededor de la misma, se obtuvo como resultado una disminución de ruido entre un valor de 50 a 55 dB predominando un color entre mostaza y gris. De esta manera se logró también la disminución de los decibeles en el punto C del predio de 59,6 a 52,8 dB cumpliendo así con los valores estipulados por la normativa durante el periodo nocturno.

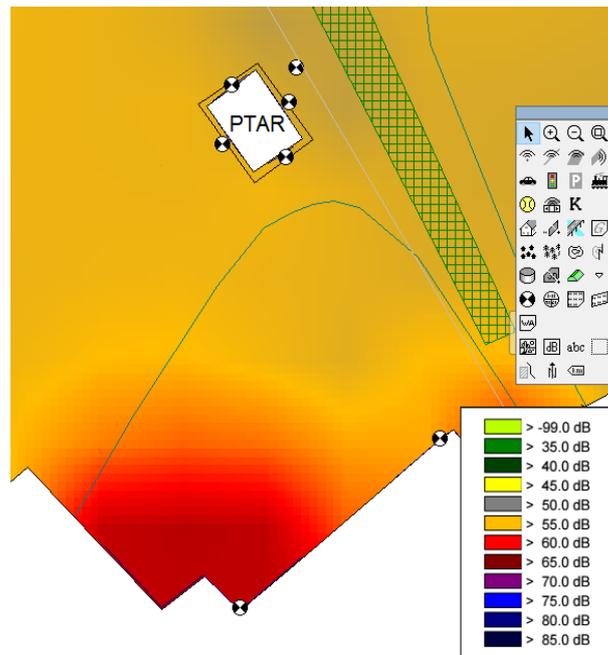


Figura 42. Planta de tratamiento de aguas residuales con barreras.

7.2.2. Barrera acústica a los generadores eléctricos de emergencia

Según la normativa aquellas instalaciones que posean generadores de electricidad de emergencia, deberán evaluar la operación de dichos equipos con el fin de que se determine si los niveles de ruido cumplen con la normativa y/o causan molestias en predios adyacentes o cercanos a la instalación. La Entidad Ambiental de Control podrá solicitar evaluaciones mayores, y en caso de juzgarse necesario, podrá solicitar la implementación de medidas técnicas destinadas a la reducción y/o mitigación de los niveles de ruido provenientes de la operación de dichos equipos (TULSMA, 2015).

Por esta razón, se implementó en el modelamiento del programa CadnaA barreras alrededor de los dos generadores, como se muestra en la figura 43, debido a que se podía observar que los niveles de presión sonora en la casa-hostal aumentaban de un promedio de 47,8 dB a 62,1 dB cuando se encendían los generados. Y una vez implementado en el programa las barreras el nivel de presión sonora con los generadores encendidos disminuyó a 54,6 dB.

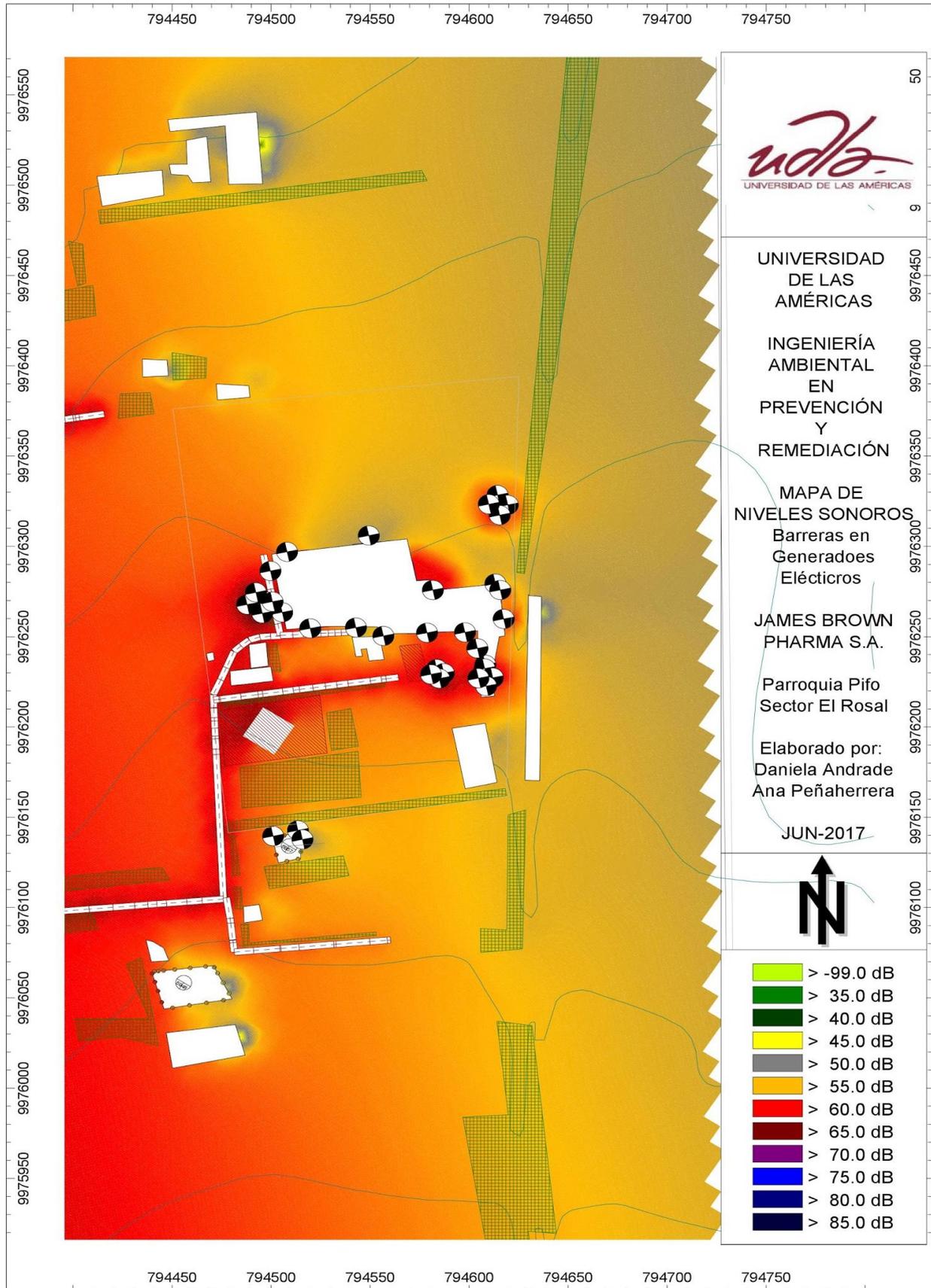


Figura 43. Mapa de ruido con barreras en los generadores eléctricos

7.2.2.1. Generador #1

Se simuló una barrera acústica con una altura de 3,50 metros. El material que se utilizó fue hormigón, debido a que su coeficiente de absorción (véase en tabla 3) ayudó a la atenuación del sonido que produce el generador y así se cumpliría con los valores máximos permisibles en la normativa. Los datos que se ingresaron en el programa fueron altura y coeficiente de absorción. Posteriormente se procedió a ubicar la barrera de hormigón a un metro de distancia del generador. El programa CadnaA realizó el cálculo del nuevo nivel de presión sonora que se encuentra al exterior de la barrera acústica y se obtuvo como resultado los siguientes datos que se muestran a continuación en la tabla 24:

Tabla 24.

Nivel de presión sonora del generador #1 sin y con barrera acústica.

Punto	LAeq (dB) sin barrera acústica	LAeq (dB) con barrera acústica
PA	93,6	66,8
PB	78,9	67,9
PC	93,9	66,2
PD	94,8	69,5

7.2.2.2. Generador #2

Se simuló una barrera con una altura de 4 metros. El material que se utilizó fue el mismo que en el generador #1, hormigón. El programa CadnaA realizó el cálculo del nuevo nivel de presión sonora que se encuentra al exterior de la barrera acústica y se obtuvo como resultado los siguientes datos que se muestran a continuación en la tabla 25:

Tabla 25.

Nivel de presión sonora del generador #2 sin y con barrera acústica.

Punto	LAeq (dB) sin barrera acústica	LAeq (dB) con barrera acústica
GA	91,3	68,1
GB	99,1	67,5
GC	79,2	70,2
GD	98,7	72,1

7.2.3. Implementación de silenciadores a sistemas de ventilación

Los sistemas de ventilación que afectan al punto predial D, punto que excede los límites permisibles del periodo nocturno de 55 dB, está influenciado por los puntos realizados alrededor de la infraestructura. El punto T con un promedio de 66,2 dB, y el punto U con un promedio de 71,1 dB.

Se propone la instalación de silenciadores acústicos de celdillas (ver figura 44) a todos los sistemas de ventilación que están en estos puntos, para la reducción de la propagación de ruido que estos generan. El objetivo de este silenciador es reducir al máximo posible el ruido transmitido generado por el aire que pasa a través del silenciador. Para lograrlo se analizan varios factores como temperatura del aire, presión del gas, velocidad del gas, entre otros. Una vez analizado todos estos factores la empresa Acústica Integral realiza el diseño del silenciador con la implementación del material de absorción apropiado.



Figura 44. Silenciador acústico de celdillas
Tomado de (Acústica Integral, 2017).

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. Conclusiones

Para la reducción del ruido generado que se proyecta hacia los límites prediales, donde se encuentran las edificaciones, la casa-hostal y ciertos trabajadores agrícolas, es necesario la verificación del cumplimiento de los límites máximos permisibles para fuentes fijas en Zona Industrial 2. A partir del programa de modelamiento CadnaA, se visualizan las fuentes más críticas de ruido y su propagación en los mapas de ruido. Los valores más críticos en ruido ambiental obtenidos con el sonómetro afectan a 2 puntos de los límites prediales, debido a que superan los de límites permisibles de 55 dB de la normativa del periodo nocturno. En el punto C se obtuvo un valor de 59,6 dB y en el punto D un valor de 57,7 dB, superando la normativa con 8,4% y 4,9% respectivamente. Y en los puntos de medición alrededor de la infraestructura de la planta se determinaron como puntos críticos mediante los mapas de ruido a: los sistemas de ventilación con 66,2 dB en el punto T y 71,1 dB en el punto U, la planta de tratamiento de aguas residuales con 67,0 dB, el caldero con 72,8 dB, el generador #1 con 90,3 dB y el generador #2 con 92,1 dB.

De acuerdo con la normativa vigente, el nivel de ruido laboral máximo permisible es de 85 dB. Como resultado, mediante dosimetría personal, se obtuvo que existen dos operadores que superan el límite. El operador de la máquina de fabricación de capsulas blandas recibe una dosis de 85,2 dB y el otro operador de la máquina de manufactura de fumigación y limpieza recibe una dosis de 89 dB. El resto de trabajadores evaluados se encuentran próximos al nivel máximo permisible.

Mediante el mapa de ruido elaborado con el programa CadnaA, se analizó los puntos críticos de afectación de ruido ambiental en la planta James Brown Pharma. Para el ruido ambiental se propone la instalación de barreras acústicas de hormigón en la planta de tratamiento de aguas residuales para la reducción del ruido en un 11,4%. De esta manera se lograría el cumplimiento de los límites permisibles de la normativa vigente en el punto C de la medición en el predio. Existe otro punto en el predio, el punto D, que supera los límites establecidos por normativa, debido a que existen dos sistemas de ventilación que generan 66,2 y 71,1 dB. Se propone la implementación

de silenciadores acústicos de celdillas para los dos sistemas de ventilación, para que reduzcan el ruido excedido por la normativa. Otro problema son los generados eléctricos de emergencia cuando están encendidos superan los límites máximos permisibles, y afectan a la casa-hostal "La Primavera". Como alternativa correctiva se simuló en el programa CadnaA barreras acústicas de hormigón para cada generador. Se obtuvo como resultado una disminución a 67.6 dB en el generador #1 y a 69,4 dB en el generador #2.

Una vez analizado todos los puestos de trabajo mediante dosimetría se identificaron a los operadores que mayor ruido industrial reciben, durante su jornada laboral de 8 horas. Son dos operadores los que superan el límite máximo permisible de la normativa vigente. Como propuestas principales cualquier trabajador que exceda los 85 dB de nivel de ruido ya sea por periodos cortos, deberá recurrirse a la implementación de medidas correctoras y/o preventivas. Las medidas son la reducción del ruido en la fuente, como en las máquinas de limpieza que necesitan implementarse silenciadores sobre el aire comprimido, cambio o mantenimiento en el equipo de protección auditiva, cambio en los horarios de limpieza, implementación de señalización de altos niveles de exposición de ruido. Otra medida es la rotación de áreas de trabajo para los operadores que reciban un nivel de ruido superior a 85 dB, como es en el caso del operador del área de manufactura en fumigación y limpieza y el operador de fabricación de cápsulas blandas. El uso de equipo de protección es una medida obligatoria debido a que el 75% de los trabajadores, ya sea durante el manejo de su maquinaria en su área asignada, por el uso del equipo de limpieza o por la afectación de otras áreas de trabajo, superan en algún momento del día la exposición de 85 dB.

8.2. Recomendaciones

Para el ruido laboral se recomienda la realización de controles audio métricos a todos los trabajadores que operen en las áreas de fabricación, envase, empaque y limpieza, especialmente a los trabajos con niveles de ruido críticos y a las que presentan ya un problema auditivo. Los controles audio métricos deberán realizarse cada 3 o 5 años de acuerdo con la dosis de TWA, además de un formulario con el historial de

exposición al ruido laboral y del historial clínico, deben tomarse medidas apropiadas de reducción de riesgo auditivo. Para el cumplimiento del monitoreo anual de dosimetría es necesario un registro.

Es obligatorio que todo el personal disponga de equipo de protección auditiva adecuado, según la dosis de ruido que recibe. Por lo que se recomienda la realización de controles diarios del uso del equipo de protección por parte de los jefes de área. Y de manera obligatoria usar tapones reutilizables cuando se encuentren en el interior de la planta.

Se recomienda la realización de monitoreos anuales de los niveles de ruido de las personas con mayor afectación y de la maquinaria con la que operan con el fin de que se determinen si los niveles permanecen constantes o incrementan, y así se establecerían nuevas medidas técnicas para la disminución del nivel de ruido de la fuente o facilitar los protectores auditivos adecuados que debe usar cada operador según su área de trabajo. Los trabajadores que están expuestos a las máquinas que generan un alto nivel de presión sonora deben ser sometidos a controles audiométricos como mínimo cada 3 años para los trabajadores que sobrepasen los valores máximos de exposición y como mínimo cada 5 años a los trabajadores que superen los valores mínimos de exposición. Para estos controles los trabajadores deben tener un reposo de 12 horas y un día antes si es necesario usar equipo de protección auditivo. No debe presentar ninguna infección a las vías respiratorias o algún tipo de patología auditiva. Y finalmente se llenará un formulario con su historial de exposición al ruido laboral. Si existe algún caso de lesión auditiva generada por el ruido laboral, deben tomarse medidas inmediatas entre el médico y el empresario.

En cuestión de ruido laboral es importante velar por la salud de los trabajadores debido que a partir de los 80 dB se pueden ver afectados el aparato auditivo, el sistema nervioso central y pueden presentarse afectaciones psicológicas, como irritabilidad, fatiga, agresividad, estrés y en el peor de los casos se podría desencadenar la neurosis. Por lo que son importantes las técnicas y acciones de reducción que se establezcan tanto en la fuente como en el espacio de trabajo y en el personal afectado.

Se recomienda la implementación de las cabinas insonorizadas en puestos de trabajos automatizados, siempre y cuando el trabajador pase el mayor tiempo posible dentro de la cabina, debido a que, si tiene que salir varias veces de la misma, la eficacia disminuye. Esta cabina debe contar con sistema de ventilación con aislamiento de ruido y control de vibraciones. El autoclave y la codificadora podrían ser las más adecuadas para este tipo de técnica debido a que actualmente se encuentran en espacios abiertos.

También se recomienda un cambio en el horario de encendido automático del generador #2 a horas de la tarde como las 17:00 horas, debido a que se lo realiza a las 07:30 am, hora que existe alta circulación de personas por el área debido a que el personal que ingresa a la planta y pasa por el área crítica de ruido con un valor mayor a los 75 dB. Además, se ven afectadas las horas de sueño de los residentes de la casa-hostería.

Según la normativa vigente, los mapas de ruido en ciudades son actualizados al menos cada cinco años, al igual que los planes de acción contra la contaminación acústica. Por esta razón se recomienda a la planta la elaboración de un mapa de ruido actualizado en los próximos cinco años, o antes si existe una ampliación de la infraestructura.

Las medidas técnicas de reducción de ruido son más factibles cuando se realicen en la fase de diseño de la maquinaria, debido a que si este tipo de técnica es implementada posteriormente será más costoso y no tan factible por su pérdida de eficacia con el transcurso del tiempo o por un mal uso de los trabajadores. Por esta razón se recomienda al momento de comprar una nueva maquinaria asegurarse de que tenga implementado medidas de reducción del ruido final que la misma produce y que sea la que menor cantidad de ruido genere. Una medida de reducción para las maquinarias ya existentes dentro de la planta es la sustitución o el recubrimiento de los lugares donde la maquinaria genera algún choque y provoca ruido, con superficies absorbentes e instalación de elementos anti vibratorios. En los lugares donde existan aperturas de la máquina como por donde sale el producto o los sistemas de ventilación propios, es necesaria la implementación de cortinas aislantes o túneles de absorción respectivamente.

REFERENCIAS

- Acústica Integral. (2017). Silenciador acústico de celdillas. Recuperado el 18 de mayo de 2017 de <http://www.acusticaintegral.com/868/silenciador-sna/>
- Acústica y Sonido. (2014). Nivel de sonoridad. Recuperado el 3 de junio de 2017 de <http://acusticaysonido.com/?p=259>
- Andana Comunicación. (2014). Formación: Naturaleza del Ruido Ambiental. Recuperado el 22 de mayo de 2017 de <http://www.hazruidocontraelruido.com/formacion-contaminacion-acustica-ayto-valencia/>
- Autoridad Ambiental con Alternativas de Desarrollo. (2007). Mapa de ruido Municipio de Girardot Cundinamarca. Contrato CAR 589. Recuperado el 8 de noviembre de 2016 de <https://www.car.gov.co/index.php?idcategoria=10477&download=Y>
- Burbano, C y Flores, R. (2009). Diseño e implementación de un Sonómetro con adquisición de datos hacia el PC y Estudio de contaminación acústica del Servicio Aéreo Policial de la Policía Nacional. Escuela Politécnica del Ejército. Recuperado el 24 de mayo de 2017 de <http://repositorio.espe.edu.ec:8080/bitstream/21000/4265/1/T-ESPEL-0683.pdf>
- CAEND (2011). Mapas de ruido. Estrategias y concienciación en la lucha contra el ruido. Recuperado el 29 de octubre de 2016 de http://oa.upm.es/9889/1/Mapas_de_Ruido.pdf
- Capservs Medios. (2015). Actualización del Plan de Ordenamiento Territorial de la Parroquia Pífo. Recuperado el 24 de mayo de 2017 de http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/1768100170001_1768100170001_24-06-2015_16-51-47.pdf
- Casado, M. (2011). Redes de Ponderación Acústica. Recuperado el 24 de mayo de 2017 de <http://mecg.es/archivos/Redes%20de%20ponderaci%C3%B3n%20ac%C3%B3stica.pdf>

- Castillo, E., et al. (2006). Presbiacusia: degeneración neuronal y envejecimiento en el receptor auditivo del ratón C57/BL6J. *Acta Otorrinolaringológica Española*. Recuperado el 14 de mayo de 2017 de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001651906787349>
- Cirrus Research S.L. (2017). Dosímetro de ruido doseBadge. Recuperado el 9 de mayo de 2017 de <http://www.cirrusresearch.es/productos/dosimetro-de-ruido-dosebadge/>
- Datakustik. (2014). *Calculation of Noise Levels*. Recuperado el 29 de noviembre de 2016 de <http://www.datakustik.com/en/products/cadnaa/modeling-and-calculation/calculation-of-noise-levels/>
- Domingo, R. (2010). *Acústica Medioambiental*. Vol. (1). Alicante: Club Universitario.
- Echeverri, C. y González, A. (2011). Protocolo para medir la emisión de ruido generado por fuentes fijas. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*. 10(18), 51-60.
- Ersi. (2016). ArcGIS. España. Recuperado el 30 de noviembre de 2016 de <http://www.esri.es/es/productos/arcgis/>
- Faridi, R. (2013). *Noise Pollution: Sources and Types*. Recuperado el 22 de mayo de 2017 de <https://rashidfaridi.com/2013/03/19/noise-pollution-sources-and-types/>
- Fernández, P. (2000). Conceptos físicos de las ondas sonoras. *Física y Sociedad*. *Revista del Colegio Oficial de Físicos*, (11), 1-4.
- Ferran, D. (2003). Efectos del ruido sobre la salud. Asociación Catalana contra la contaminación acústica. Recuperado el 28 de junio de 2017 de http://www.sorolls.org/docs/efectos_ruidos_salud.htm
- FREMAP. (2016). Recomendaciones básicas en utilización de equipos de protección auditiva. Recuperado el 17 de mayo de 2017 de <http://prevencion.fremap.es/Buenas%20prcticas/ME.TRI.027.pdf>
- García, A. (2004). La exposición cotidiana al ruido ambiental. *Revista de acústica*, 35(3-4), 36-41.
- Gil, A. y Luna, P. (2015). NTP 270: Evaluación de la exposición al ruido. Determinación de niveles representativos. Ministerio de trabajo y asuntos sociales España. Recuperado el 10 de mayo de 2017 de <https://es.scribd.com/document/271100337/NTP-270-Evaluacion-de-La-Exposicion-Al-Ruido-Determinacion-de-Niveles-Representativos>

- Hernández, A. y González, B. (2007) Alteraciones auditivas en trabajadores expuestos al ruido industrial. *Med Segur Trab.* 53(208). 00-00
- Industrias Ecuador. (1994). Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores. Registro oficial 565 de 17 de noviembre de 1986. Recuperado el 4 de agosto de 2017 de http://www.industrias.ec/archivos/CIG/file/SEGURIDAD/REGLAM_SEGUR_SALUD_AMBIENTE_TRABAJO.pdf
- LEXIS. (2011). Constitución de la República del Ecuador. Registro Oficial 449 de 20 de octubre de 2008. Recuperado el 4 de agosto de 2017 de http://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf
- LEXIS. (2012). Ley de Gestión Ambiental. Registro oficial 418 de 10 de septiembre del 2004. Recuperado el 4 de agosto de 2017 de <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEY-DE-GESTION-AMBIENTAL.pdf>
- LEXIS. (2014). Texto Unificado de Legislación Secundaria. Registro oficial edición especial N°2 del 31 de marzo de 2003. Recuperado el 4 de agosto de 2017 de <http://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2010/05/Reformas-al-Libro-III.pdf>
- Maya, G., Correa, M. y Gómez, L. (2010). Gestión para la prevención y mitigación del ruido urbano. Corporación Universitaria Lasallista. Recuperado el 22 de mayo de 2017 de <http://hdl.handle.net/10567/82>
- Merino, F., Zapata, F. y Kulka, A. (2006). Ruido laboral y su impacto en salud. *Ciencia & Trabajo*, 8(20), 47-51.
- Ministerio Coordinador de Desarrollo Social. (2012). Ley Orgánica de Salud. Registro oficial 423 de 22 de diciembre del 2006. Recuperado el 4 de agosto de 2017 de http://www.todaunavida.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/04/SALUD-LEY_ORGANICA_DE_SALUD.pdf
- Ministerio del Medio Ambiente. (2011). Estrategias para la Gestión del Control del Ruido Ambiental. División de Políticas y Regulación Ambiental. Gobierno de Chile. Recuperado el 8 de noviembre de 2016 de http://www.socha.cl/wp-content/uploads/2013/06/0_Estrategia-Control-Ruido-Ambiental-MMA-Seminario-Ruido-Valdivia-2011.pdf

- Miyara, F. (2013). Niveles Sonoros. Universidad Nacional de Rosario. Recuperado el 28 de junio de 2017 de <https://www.fceia.unr.edu.ar/acustica/biblio/niveles.htm>
- Murphy, E. y King, E. (2014). *Environmental Noise Pollution: Noise Mapping, Public Health and Policy*. San Diego: Elsevier.
- Näf, R. (2013). Guía Práctica para el Análisis y la Gestión del Ruido Industrial. FREMAP. Madrid. Recuperado el 6 de noviembre de 2016 de <http://prevencion.fremap.es/Buenas%20prcticas/LIB.018%20-%20Guia%20Prac.%20Analisis%20y%20Gestion%20Ruido%20Ind.pdf>
- NTI Audio. (2017). Analizador acústico y de audio. Recuperado el 28 de marzo de 2017 de <http://www.nti-audio.com/es/productos/xl2-sonometro.aspx>
- Ochoa, C. (2015). Muestreo no probabilístico: muestreo por conveniencia. Recuperado el 6 de julio de 2017 de <https://www.netquest.com/blog/es/blog/es/muestreo-por-conveniencia>
- Pedraza, Z. y Delgado, M. (2008). El déficit de audición en la tercera edad. Medigraphic. Recuperado el 18 de mayo de 2017 de <http://www.medigraphic.com/pdfs/facmed/un-2008/un083b.pdf>
- Pinto, F. y Moreno, M. (2008). Mapa de ruido de barrios densamente poblados—Ejemplo de Copacabana, Río de Janeiro-Brasil. CEP, 21949, 900. Recuperado el 22 de mayo de 2017 de <http://www.sea-acustica.es/fileadmin/BuenosAires08/a-016.pdf>
- Restrepo, M. (2011). El ruido un contaminante del medio ambiente y sus efectos sobre la salud humana. *Revista Estomatología*. 10(1). 55-59.
- Rubio, J. y Rubio, M. (2005). *Manual de coordinación de seguridad y salud en las obras de construcción*. España: Díaz de Santos.
- Sanz, B y Garrido, F. (2003). La contaminación acústica en nuestras ciudades. F. C. de Pensions (Ed.). Fundación" La Caixa". Recuperado el 22 de mayo de 2017 de http://www.fundacionbancarialacaixa.org/deployedfiles/obrasocial/Estaticos/pdf/Estudios_sociales/es12_esp.pdf
- Sarría, F. (2006). Sistemas de información geográfica. Universidad de Murcia. España. Recuperado el 3 de junio de 2017 de <http://www.um.es/geograf/sigmur/sigpdf/temario.pdf>

- Segués, F. (2007). Conceptos básicos de ruido ambiental. Recuperado el 18 de mayo de 2017 de <http://infodigital.opandalucia.es/bvial/bitstream/10326/720/1/conceptos%20b%C3%A1sicos%20ruido%20ambiental.pdf>
- SILVENT. (2017). Silvent MJ6. Recuperado el 18 de mayo de 2017 de <http://www.silvent.com/es/productos/?group=1702&product=2285>
- Suárez, E. (2006). Mapas de ruido. Importancia y Metodologías. Comisión Nacional del Medio Ambiente. Gobierno de Chile. Recuperado el 7 de noviembre de 2016 de www.socha.cl/wp-content/uploads/2013/06/01_Esuarez_2006.pdf
- Tapones 3M 1270 y 3M 1271. (2009). Recuperado el 24 de mayo de 2017 de <http://www.securitychiesa.com.ar/admin/uploads/77d4d8e98cd80ec659d56f143db4d5e9.pdf>
- 3M. (2017). Earmuffs. Recuperado el 24 de mayo de 2017 de http://www.3mcanada.ca/3M/en_CA/company-ca/all-3m-products/~~/Products/PELTOR/Hearing-Protection/Earmuffs/?N=5002385+7579149+8711017+8713103+8713720+8717373+8717547+3294529206&rt=r3

ANEXOS

ANEXO 1

Tabla 26.

Entrevista de cada operador.

1. Área de trabajo
2. Edad
3. Cargo
4. Actividades
5. Utiliza equipo de protección auditiva
6. Presenta molestias auditivas
7. Tiene problemas auditivos
8. Tiempo trabajando en el área
9. Frecuencia de uso de la máquina
10. Tiempo de encendido de la máquina
11. Código del micrófono del dosímetro

12. Hora de inicio de la medición

13. Hora final de la medición

14. Observaciones

ANEXO 2



Figura 45. Vista de las oficinas y las bodegas de la planta James Brown Pharma.



Figura 46. Vista de los laboratorios y del bioterio de la planta James Brown Pharma.



Figura 47. Vista posterior de la planta James Brown Pharma.



Figura 48. Registro de la medición realizada en la división del terreno con la casa-hostal.

ANEXO 3

Carta de autorización por la planta James Brown Pharma.

Quito, 14 de marzo del 2017

Sr. Felipe Brown H.
James Brown Pharma C.A.
Ciudad.-

Estimado Felipe:

Nos place extenderles un cordial saludo.

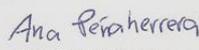
Nosotras, Daniela Andrade y Ana Peñaherrera, estudiantes de la Universidad de las Américas y de la carrera de Ingeniería Ambiental, por la presente solicitamos a usted de la manera más comedida, se sirva a autorizar para que realicemos en su empresa el Trabajo de Titulación como Anteproyecto de Tesis titulado "Plan de reducción de impacto acústico de la empresa James Brown Pharma ubicada en la parroquia de Pifo". Donde efectuaremos monitoreos de ruido con el fin de levantar un mapa de ruido que proyecte la distribución del impacto acústico en el exterior de la empresa, como también efectuaremos las mediciones de ruido laboral en la parte interna por medio de dosimetría a 30 áreas de trabajo de mayor impacto.

Con su autorización las estudiantes tendríamos acceso a la empresa, con fines de obtener información que nos permita desarrollar nuestro proyecto de fin de carrera. También se requiere realizar fotografías que se registren las mediciones sin comprometer las políticas de seguridad de la empresa. Los resultados, conclusiones y recomendaciones serán entregados a la empresa ya que se consideran oportunas para la misma y para la sociedad, ya que el estudio contribuirá e impactará en dicha organización positivamente tanto en el ámbito ambiental como el laboral.

Con saludos cordiales queremos agradecerle su atención a esta solicitud, aprovechamos la oportunidad para reiterarles nuestra más alta consideración y estima.

Atentamente,


Daniela Andrade
C.C.: 171454074-5


Ana Peñaherrera
C.C.: 1715570121-1

