



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y
BIOTECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA BIOQUÍMICA



Evaluación *in situ* del riesgo toxicológico por inhalación de Butanol, Ciclohexanona y Metilacetato de los trabajadores en el proceso de acabado de productos de un taller de maderas

Trabajo de Titulación, modalidad proyecto de investigación. Proyecto previo la obtención del Título de Ingeniera Bioquímica, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Autor: Jessica del Lourdes Villagrán Guerrero

Tutor: MSc. Manolo Alexander Córdova Suárez

Ambato – Ecuador

Diciembre – 2019

APROBACIÓN DEL TUTOR

MSc. Manolo Alexander Córdova Suárez

CERTIFICA:

Que el presente trabajo de titulación ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo la presentación de este Trabajo de Titulación modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que responde a las normas establecidas en el Reglamento de Títulos y Grados de la Facultad.

Ambato, 13 de Noviembre del 2019



MSc. Manolo Alexander Córdova Suárez

C.I. 180284250-8

TUTOR

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Jessica del Lourdes Villagrán Guerrero, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Proyecto de Investigación, previo a la obtención del título de Ingeniero Bioquímico son absolutamente originales, auténticos; a excepción de las citas.



Jessica del Lourdes Villagrán Guerrero

C.I. 1804432712

AUTOR

APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DE TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos Profesores Calificadores, aprueban el presente Trabajo de Titulación modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato

Para constancia firman:

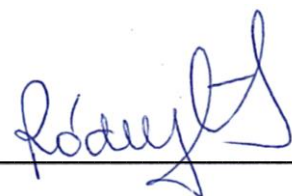


Presidente del Tribunal



Ing. Mg. Cristina Nataly Villegas Freire

C.I. 1803863073



PhD. Rodny David Peñafiel Ayala

C.I. 1712283520

Ambato, 10 de Diciembre del 2019

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto de Investigación o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi Proyecto, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este Proyecto dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.



Jessica del Lourdes Villagrán Guerrero

C.I. 1804432712

AUTOR

DEDICATORIA

Este proyecto de tesis está dedicado para Dios, quien me ha dado fortaleza de seguir adelante, a mi familia quienes me han apoyado incondicionalmente, mis hermanas que han sido mi apoyo constante con sus consejos y su cariño infinito, mis padres quienes me han ayudado a sobresalir y sobre todo este proyecto va dedicado para mi mayor fortaleza y quien me inspira a seguir adelante mi hija María Paz y mi esposo.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la empresa de acabados de madera por permitir realizar mi parte experimental en sus instalaciones, a los docentes de la Universidad Técnica de Ambato quienes me ayudaron con los conocimientos necesarios para la finalización de este proyecto de investigación.

ÍNDICE

RESUMEN.....	8
ABSTRACT	9
CAPÍTULO I.....	10
1. MARCO TEÓRICO.....	10
1.1 Antecedentes Investigativos	10
1.2 Determinación de exposición en el lugar de trabajo	13
1.3 Criterios de Valoración.....	14
1.4 Objetivos.....	18
1.4.1 Objetivo general	18
1.4.2 Objetivos específicos.....	18
1.5. Hipótesis	19
CAPÍTULO II	20
2. METODOLOGÍA	20
2.1 Materiales	20
2.2 Métodos	23
2.2.1 Identificación de la probable exposición	26
2.2.2 Determinación de los factores de exposición en el lugar de trabajo.....	26
2.3 Estimación Inicial:.....	26
2.5 Estudio detallado	31
2.5.1 Selección de los trabajadores a medir	31
2.5.2 Selección de condiciones de medida	32
2.6 Cálculo de la dosis de exposición.....	36
2.7 Cálculo del sistema de atenuación para los COV's.....	39
2.8 Verificación de las hipótesis.....	42
CAPÍTULO III.....	43
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	43
3.1 Estimación Inicial.....	43
3.2 Estudio detallado	44
3.2.1 Cálculo del índice de exposición total.....	46

3.3 Cálculo del sistema de atenuación para COV's	47
3.4 Verificación de las hipótesis.....	51
CAPÍTULO IV.....	54
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	54
4.1 Conclusiones.....	54
4.2 Recomendaciones.....	56
CAPITULO V	57
5. MATERIALES DE REFERENCIA	57
5.1 Materiales de Referencia	57
5.2 Anexos.....	60
5.2.1 Cálculo demostrativo del muestreo de butanol	60
5.2.2 Cálculo demostrativo para el coeficiente de correlación intraclase para el butanol.....	62
5.3 Plantilla de muestreo de butanol, ciclohexanol y metilacetato.....	63
5.4 Gráficas de las muestras de metilacetato.....	83
5.5 Gráficas de las muestras de ciclohexanona	84
5.6 Gráficas de las muestras de butanol	86
5.6 Resultados para la determinación de un caudal para una ventilación por dilución.....	88
5.8 Fotos de la parte experimental.....	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores límites ambientales presentes en disolventes.....	15
Tabla 2. Grupos de COV's según su estructura.....	16
Tabla 3. Equipo de protección personal EPP	23
Tabla 4. Número mínimo de muestras por jornada de trabajo.	33
Tabla 5. Sustancias químicas	43
Tabla 6. Exposición de la Ciclohexanona	44
Tabla 7. Exposición del Metilacetato.....	45
Tabla 8. Exposición del Butanol	46
Tabla 9. Índice de exposición total.....	47
Tabla 10. Datos principales para dimensionar un sistema de ventilación.....	48
Tabla 11. Caudal total de ventilación.....	49
Tabla 12. Caudal de ventilación INSHT	49
Tabla 13. Concentración final.....	50
Tabla 14. Análisis de Varianza para las concentraciones de Ciclohexanona.....	51
Tabla 15. Análisis de Varianza para las concentraciones de Butanol	51
Tabla 16. Análisis de Varianza para las concentraciones de Metilacetato.....	52
Tabla 17. Resultados de la Variabilidad de las concentraciones de Butanol, Ciclohexanona y Metilacetato.....	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Equipo Medidor de Gases iBRiD Mx6.....	21
Figura 2. Software DATALINK	22
Figura 3. Diagrama de la Jerarquización de los Riesgos Químicos.	25
Figura 4. Estimación Inicial.	28
Figura 5. Estudio Básico.	30
Figura 6. Tipos de muestreos en una jornada de trabajo.....	32
Figura 7. Estudio Detallado.....	35
Figura 8. Valor φ de en función de GSD y el número de muestras.	37
Figura 9. Ventilación mecánica.....	50
Figura 10. Caudal para una ventilación por dilución	88
Figura 11. Utilización del equipo iBRiD MX6 en el área de pintura	89
Figura 12. Operario utilizando el equipo iBRiD MX6	90
Figura 13. Operario expuesto a la contaminación por COV's.....	91

ÍNDICE DE FÓRMULAS

Fórmula (1).....	36
Fórmula (2).....	36
Fórmula (3).....	36
Fórmula (4).....	36
Fórmula (5).....	36
Fórmula (6).....	37
Fórmula (7).....	38
Fórmula (8).....	38
Fórmula (9).....	39
Fórmula (10).....	40
Fórmula (11).....	40
Fórmula (12).....	40
Fórmula (13).....	41
Fórmula (14).....	41
Fórmula (15).....	42
Fórmula (16).....	42

RESUMEN

Se realizó un estudio de evaluación de compuestos orgánicos volátiles (COV's) generados en el proceso de un taller de acabado de productos de madera de la empresa utilizando la Norma de calidad para ambientes internos ISO 171330. Se muestreo la Ciclohexanona ($C_6H_{10}O$), Metilacetato ($C_4H_8O_2$) y Butanol ($C_4H_{10}O$) utilizando la Norma de Evaluación de Riesgos Químicos UNE 689 considerando un número de 983 ensayos en condiciones ambientales de: temperatura (T) 21°C: humedad relativa (HR) del 50 % y presión atmosférica (Pa) de 1 atm. Para la medición de la concentración se utilizó un equipo de medición directa con sensor de fotoionización iBRiD MX6 que cumple los estándares NIOSH 1300. Como resultado para exposición diaria el valor más probable para; la ciclohexanona fue de 21,00 ppm, para el metilacetato: 268,74 ppm y para el butanol: 311,65 ppm. Los índices de exposición fueron de: 1.00, 1.34 y 15.58 respectivamente; determinando un valor del índice de exposición total de 17.92 que sobrepasa 1692% el Valor límite Ambiental recomendado (VLA). Para completar el estudio se determinó un sistema de atenuación determinando un caudal total de ventilación de 18.697 m³/h; la velocidad de generación (G) fue de 0.25 m³/h, 0.11 m³/h y 0.14 m³/h respectivamente; la tasa de evaporación total (E_t) calculado es de 1.9 l/h y el factor de seguridad (K): 1; para ello se utilizó los parámetros que exige el Instituto de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT).

Palabras claves: Ciclohexanona, Metilacetato, Butanol, Valor Límite Ambiental, Índice de exposición, Caudal de ventilación.

ABSTRACT

An assessment study of volatile organic compounds (VOC's) generated in the process of a company's wood products finishing workshop was conducted using the Quality Standard for environments ISO 171330. Cyclohexanone ($C_6H_{10}O$), Methylacetate ($C_6H_{12}O_3$) and Butanol ($C_4H_{10}O$) using the UNE 689 Chemical Risk Assessment Standard considering several 983 tests under environmental conditions of: temperature (T) 21°C: 50% relative humidity (HR) and atmospheric pressure (Pa) of 1 atm. For concentration measurement, direct measurement equipment with iBRiD MX6 photoionization sensor that meets NIOSH 1300 standards was used. As a result, the most likely value for; cyclohexanone was 21,00 ppm, for methylacetate: 268,74 ppm and for butanol: 311,65 ppm. Exposure rates were: 1.00, 1.34 and 15.58 respectively; determining a value of the total exposure rate of 17.92 that exceeds 1692% the Recommended Environmental Limit Value (VLA). To complete the study, an attenuation system was determined by determining a total ventilation flow rate of 18.697 m³/h; the speed of generation (G) was 0.25 m³/h, 0.11 m³/h and 0.14 m³/h respectively; the total evaporation rate (E_t) calculated is 1.9 l/h and the safety factor (K): 1; for this purpose the parameters required by the Institute for Occupational Safety and Hygiene (INSHT) were used.

Keywords: Cyclohexanona, Methylacetato, Butanol, Value Environmental Limit, Index of exhibition, Volume of ventilation.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes Investigativos

El actual entendimiento de compuestos orgánicos volátiles, más conocidos como COV's en español es escaso, en cuanto a los riesgos que pueden presentar al medio ambiente y a la persona expuesta a usar dichos compuestos según el **(Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), 2013)**.

Este estudio es de relevancia porque al presenciar un agente químico en el lugar de trabajo produce un contacto hacia el mismo trabajador, normalmente por inhalación o por vía dérmica, pero también es posible por vía digestiva o parental **(Aguilar Franco et al., 2010)**. Así como también menciona Aguilar que por más pequeño que sea la concentración ambiental o la cantidad de agente químico presente en el lugar de trabajo implica daños directamente con la naturaleza. Por estas razones menciona el **INSHT** realizar una evaluación de riesgos para determinar en cada caso concreto la mayor o menor relevancia de la exposición sobre el nivel de riesgo.

Una versión previa de esta investigación lo realizó **(Villacres Manzano, 2015)** en su tesis, dónde señala que, el análisis químico de los compuestos orgánicos volátiles COV's, e hidrocarburos aromáticos policíclicos HAPs en muestras biológicas, debe ser un requerimiento en todas las empresas e incluso en el hogar, debido a que en la actualidad estudios de estos compuestos han determinado que se encuentran presentes en el aire e incluso en los alimentos que consumimos diariamente.

Este trabajo sustenta una revisión de la Guía Técnica para la evaluación y prevención de riesgos relacionados con los agentes químicos (**Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), 2003**) menciona acerca de los daños que puede ocasionar entre estos son: existe exposición al agente, por ejemplo: vapor de un producto tóxico presente normalmente en el ambiente; posiblemente por accidente la exposición al agente, por ejemplo: salpicadura de un producto corrosivo, o un escape al ambiente de un gas tóxico y por último sin que exista una exposición al agente, por ejemplo: incendio o explosión de un producto inflamable o explosivo.

El Artículo 16 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (España) y la Sección 1ª del Capítulo II del Reglamento de los Servicios de Prevención, considera que el proveedor debe facilitar información necesaria para la evaluación de riesgos, dicha información debe presenciar la ficha de datos de seguridad y, cuando proceda, la evaluación de los riesgos para los usuarios, contempladas en la normativa sobre comercialización de agentes químicos peligrosos (**De, Riesgos, & I, 2014**).

El (**Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), n.d.**) Sustenta que los agentes químicos que pueden estar presentes en los acabados de madera son poliuretanos, nitrocelulósicos, polisacáridos, etc. En los barnices, tintes, disolventes, productos auxiliares, etc. Y entre estos se encuentran los más frecuentes el xileno, tolueno, metanol, acetato de metilo, butanol, ciclohexanona, metilacetato, entre otras.

Cabe recalcar que el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo menciona que los trabajadores con mayor riesgo son aquellos que de base presentan o han presentado enfermedades alérgicas, y las causas que pueden producirlas van a

depender de las diferentes materias primas a que están expuestos. **(Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), n.d.)** Muchas de las enfermedades presentes son asma, rinitis, vasculitis, neumonitis de hipersensibilidad, urticarias-angioedemas, dermatitis alérgica de contacto y síndrome de disfunción de la vía área reactiva (SDVR).

Así como también el **(Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), 2003)** menciona que la madera contiene productos químicos exógenos que se aplican durante su transformación. Entre ellos cabe citar: adhesivos, disolventes, aglutinantes resinosos, insecticidas y fungicidas, compuestos impermeabilizantes, pinturas y pigmentos, lacas y barnices. **(Real Decreto 374/2001, 2009)** Muchos de ellos son volátiles y pueden ser emitidos durante el tratamiento, calentamiento o incineración de la madera; también se transportan como elementos del serrín. Los agentes químicos más frecuentes son: isocianatos, pftalatos, acrilatos, resinas epoxy, látex, colofonia, formaldehído, entre otros. En el R.D. 374/2001 de 6 de abril sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo, en el artículo 3.5, menciona la importancia de la evaluación de los agentes químicos incluyendo las mediciones de las concentraciones cuantitativamente. Pero en el mismo apartado señala que estas mediciones no serán necesarias en el caso en que el empresario pueda demostrar claramente por otros métodos de evaluación, que se ha logrado una prevención y protección de conformidad con el artículo 3.1 del mismo Real Decreto. **(Anaya, 2015)**

Para regular el almacenamiento de compuestos químicos peligrosos se utiliza la Norma Técnica Ecuatoriana INEN-INEN-2266:2000 y se pronuncia sobre la prevención y emergencias dadas con el transporte, manipulación y almacenamiento de productos químicos peligrosos. (Art. 6.10) **(Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2013)**

En su tesis de Compuestos Orgánicos Volátiles COV's (**Riveros Alcedo, 2017**) menciona que a nivel de Latinoamérica Colombia, Brasil, Chile y Ecuador tienen normas técnicas que limitan el contenido de COV's en las pinturas y disolventes. En Ecuador la norma que se adapta para la evaluación de exposición laboral es la Norma Europea UNE-EN 689, dentro de esta norma se puede evaluar para la exposición ya sea por inhalación, que su valor límite sea comparable con un valor límite de larga duración y que sea repetitiva, es decir, que no varíe de una jornada a otra. (**Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), 2013**)

Basándose en los riesgos químicos que causan las pinturas (**Seguridad, 2009**) en su composición se encuentran diferentes químicos como butanol con una clasificación de R10, R67, ciclohexanona con una clasificación de riesgo R10, R20; y el metilacetato que se encuentra en una clasificación de riesgo R10, R36.

1.2 Determinación de exposición en el lugar de trabajo

La empresa se dedica a la elaboración de cofres mortuorios de madera. La planta se encuentra en una distribución por procesos y se evaluó el proceso de pintura; se encarga del lijado y pintado de los productos de madera, por lo tanto utilizan diversas pinturas, barnices y lacas que causan toxicidad por inhalación a los operarios. De acuerdo a la Guía Técnica para la Evaluación de Riesgos Relacionados con Agentes Químicos (**Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), 2013**) estas sustancias pueden ser mutagénicas, carcinógenas, tóxicas para la reproducción o sensibilizantes. (**Larriva, 2014**)

El área de pintura tiene dimensiones de 4 metros de altura, 9 metros de largo y ancho, también contiene dos ventiladores eólicos de aproximadamente 1 metro de diámetro. Tienen una pequeña área donde se realizan las mezclas. La carga de trabajo puede ser

variable dependiendo de las necesidades de pintado de los productos de madera. Cabe resaltar que cada diseño de cofres mortuorios tienen diferentes acabados y por ende se utiliza diferentes cantidades y diferentes solventes. Entre los solventes que utilizó la empresa se determinó que el butanol, ciclohexanona y metilacetato son solventes que se exceden su Valor Límite Ambiental (VLA). El tiempo de exposición diaria en operarios de pintado se estimó a 4 horas.

1.3 Criterios de Valoración

La evaluación se realizó utilizando como base criterios legales y técnicos de referencia:

- Norma ISO 171330 Calidad Ambiental en Interiores
- Norma NIOSH 1300 Manual de Métodos Analíticos
- R.D. 374/2001: sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo
- Real Decreto 486/1997: sobre los requisitos generales para una ventilación correcta
- Norma UNE-EN 689: Atmósferas en el lugar de trabajo. Directrices para la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos para la comparación con los valores límite y estrategia de la medición
- Notas Técnicas de Prevención
- Valores límite

Debido al excesivo uso de sustancias químicas en procesos productivos, el peligro potencial de contaminación de los ambientes de trabajo por dichas sustancias, así como el riesgo de exposición e intoxicación entre los trabajadores asociados a los puestos de trabajo de referencia, fue necesario adoptar las medidas adecuadas para prevenir los posibles daños a la salud de los trabajadores. Es por ello que el término « límite de exposición ocupacional » se introdujo por primera vez en la Conferencia Internacional del Trabajo en 1977, que es un instrumento para limitar la exposición a sustancias nocivas en centros laborales, así como para la prevención de daños a la salud y enfermedades profesionales. **(Riveros Alcedo, 2017)** Para la valoración de los resultados se han utilizado los Valores Límite Ambientales (VLA) del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, recogidos en la última edición del

documento "Límites de exposición profesional para Agentes Químicos en España" y sus dimensiones se obtuvieron en ppm. (Fuente, 2013) en la tabla 1 se indican los valores límites ambientales para algunos COV's.

Tabla 1.
Valores límites ambientales presentes en disolventes

Agente químico	VLA*	
	ppm	mg/m ³
Acetato de n-butilo	150	713
Acetato de etilo	400	1441
Alcohol isopropílico	200	491
Alcohol metílico	200	262
Tolueno	50	188
Xileno (mezcla de isómeros)	100	434
Trimetilamina	5	12
Trimetilbenceno (todos los isómeros)	25	123
Trietilamina	1	4,1
Octano	300	1401
Naftaleno	10	52
2-Metoxietanol	5	16
Hexano	50	180
Etilbenceno	100	434
Estireno (monómero)	20	85
Aguarrás	20	111
Acetona	500	1187
Ciclohexanona	20	111
Alcohol etílico	1000	1884
Alcohol metílico	200	262
Metiletilcetona	200	590

Nota: VLA= Valor Límite Ambiental. Adaptado de: Fichas técnicas de cada compuesto.

Las pinturas que se utilizan dentro de las instalaciones de acabados de productos de madera son lacas, barnices y disolventes industriales, dentro de este tipo de compuestos se encuentran compuestos como tolueno, ciclohexanona, isopropanol, fenoles, bencenos, metilacetato, xilenos, metanol, cloruro de metilo, etanol, butanol, estireno entre otros.

Tabla 2.
Grupos de COV's según su estructura

Grupo	Ejemplos
Hidrocarburos alifáticos	pentano, hexano, heptano
Hidrocarburos alicíclicos	ciclohexano, ciclohexanona, trementina (aguarrás)
Hidrocarburos aromáticos	benceno, tolueno, xilenos, etilbenceno, cumeno
Hidrocarburos clorados	metilcloroformo, tricloroetileno, cloruro de metileno, tetracloruro de carbono, 1,1,2-tricloroetano
Alcoholes	butanol, metanol, isopropanol
Glicoles	etilenglicol
Cetonas	acetona, metiletilcetona, metilisobutilcetona
Ésteres	formiato de metilo, acetato de etilo
Éteres	éter etílico, éter isopropílico, metilcelosolve (éter monometílico de etilenglicol)
Aldehídos	formaldehido, acetaldehído

Adaptado de: **(Riveros Alcedo, 2017)**

Estos compuestos por lo general se encuentran en la composición de insumos en la manufactura de pinturas, que son por lo general compuestos orgánicos volátiles, expresada en gramos por litros (g/L), en su formulación de las pinturas, que al momento de utilizar en instalaciones con poca ventilación, se incrementa la

concentración de estos contaminantes en el interior. Por ello en la evaluación los componentes más contaminantes fueron los siguientes:

Ciclohexanona: ($C_6H_{10}O$) es un compuesto orgánico cuyo uso principal es para la fabricación de monómeros y como solvente como productos para uso profesional y de consumo, como adhesivos, recubrimientos, pinturas, tintas de impresión, biocidas y productos de protección (UBE, 2012). Los peligros para la salud de la Ciclohexanona son bajos, pero se requiere protección, contra el contacto de la piel, ojos y contra la inhalación, sin embargo, los estudios de exposición por inhalación muestran que existen algunos efectos adversos agudos, suficientes para hacer que la sustancia sea clasificada como peligrosa. Pero no se considera como mutagénico, cancerígeno y no tiene efectos adversos para la fertilidad. Su Valor Límite Aceptable es de 20 ppm. (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), 2007)

Metilacetato: ($C_6H_{12}O_3$) es un líquido incoloro con olor a fruta. Se utiliza como solvente en barnices y removedores de pintura y en la fabricación de fármacos. Al respirar acetato de metilo puede irritar la nariz y la garganta, puede irritar los pulmones y causar tos y falta de aire. A niveles mayores, la exposición puede causar una acumulación de líquido en los pulmones (edema pulmonar), una emergencia médica con una intensa falta de aire. La exposición puede causar mareo, sensación de desmayo, dolor de cabeza, náusea y desmayo. El metilacetato no se considera como mutagénico, cancerígeno y no tiene efectos adversos para la fertilidad. Su Valor Límite Aceptable es de 200 ppm. (NEW JERSEY DEPARTMENT OF HEALTH AND SENIOR SERVICES, 2003)

Butanol: ($C_4H_{10}O$) los alcoholes butílicos tienen baja volatilidad. Causan irritación del tracto respiratorio superior. Puede ocurrir dificultad respiratoria, tos, dolor de cabeza, mareos y somnolencia. Puede absorberse en la sangre y causar síntomas similares a los de la ingestión. En general, se prefiere la ventilación de extractor local debido a

que puede controlar las emisiones del contaminante en su fuente, impidiendo dispersión del mismo al lugar general de trabajo. Su Valor Límite Aceptable es de 20 ppm. (**Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), 2005**)

La Norma ISO 171330 Calidad Ambiental en Interiores menciona las prevenciones para la salud de los trabajadores (**AENOR Asociación Española de Normalización y Certificación, 2014**). Dentro de una organización la salud y seguridad de los trabajadores es muy importante para la implementación de una adecuada ventilación, pero los altos precios de estas hacen que no sea factible su adquisición, por otro lado, los diseños y su implementación no están acordes a las necesidades de cada caso. Y su consecuencia se ve ligada a las posibles enfermedades que el trabajador está expuesto (**Guevara, 2015**)

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Evaluar in situ el riesgo toxicológico por inhalación de butanol, ciclohexanona y metilacetato de los trabajadores en el proceso de acabado de productos de un taller de maderas

1.4.2 Objetivos específicos

- Medir la concentración de butanol, ciclohexanona y metilacetato en el ambiente interno en el acabado de productos de un taller de maderas según la Norma ISO-171330
- Determinar el riesgo toxicológico de la exposición de butanol, ciclohexanona y metilacetato en el ambiente interno en el acabado de productos de un taller de maderas
- Plantear un diseño de extracción de compuestos orgánicos volátiles en el ambiente interno en el acabado de productos de un taller de maderas

1.5. Hipótesis

- **Hipótesis Nula**

La concentración de butanol, ciclohexanona y metilacetato no varía en los días de la semana en el proceso de acabado de productos de un taller de maderas

- **Hipótesis Alternativa**

La concentración de butanol, ciclohexanona y metilacetato varía en los días de la semana para la salud de los trabajadores en el proceso de acabado de productos de un taller de maderas

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

En este capítulo se puede describir los materiales y métodos utilizados el tema de investigación “Evaluación in situ del riesgo toxicológico por inhalación de butanol, ciclohexanona y metilacetato de los trabajadores en el proceso de acabado de productos de un taller de maderas”.

2.1 Materiales

- **Equipo Medidor de gases iBRiD MX6**

Es un medidor de gases, portátil múltiple, que se desarrolló para medir riesgos elevados de compuesto orgánicos volátiles. Se utiliza este equipo para medir ambientes interiores y es un método directo que facilita con la presencia de gráficos para interpretar de mejor manera las lecturas directas y datos registrados que incluso se puede analizar en tiempo real (**Industrial Scientific Corporation, 2015**).

El equipo tiene datos de sensibilidad para los sensores que permite que los compuestos se puedan detectar exactamente, estos sensores pueden medir gases de combustión como metano y el sensor respectivo es el infrarrojo, para medir gases tóxicos y oxígeno tiene un sensor electroquímico, y para los Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC) tiene un sensor de fotoionización PID que mide un rango de 0-2000 ppm y a una resolución de 0,10 ppm. (**Industrial Scientific Corporation, 2015**)

Los VOC detectados por el equipo iBRiD MX6 son 116 compuestos y dentro de ellos se encuentran el butanol, ciclohexanona y metilacetato que son

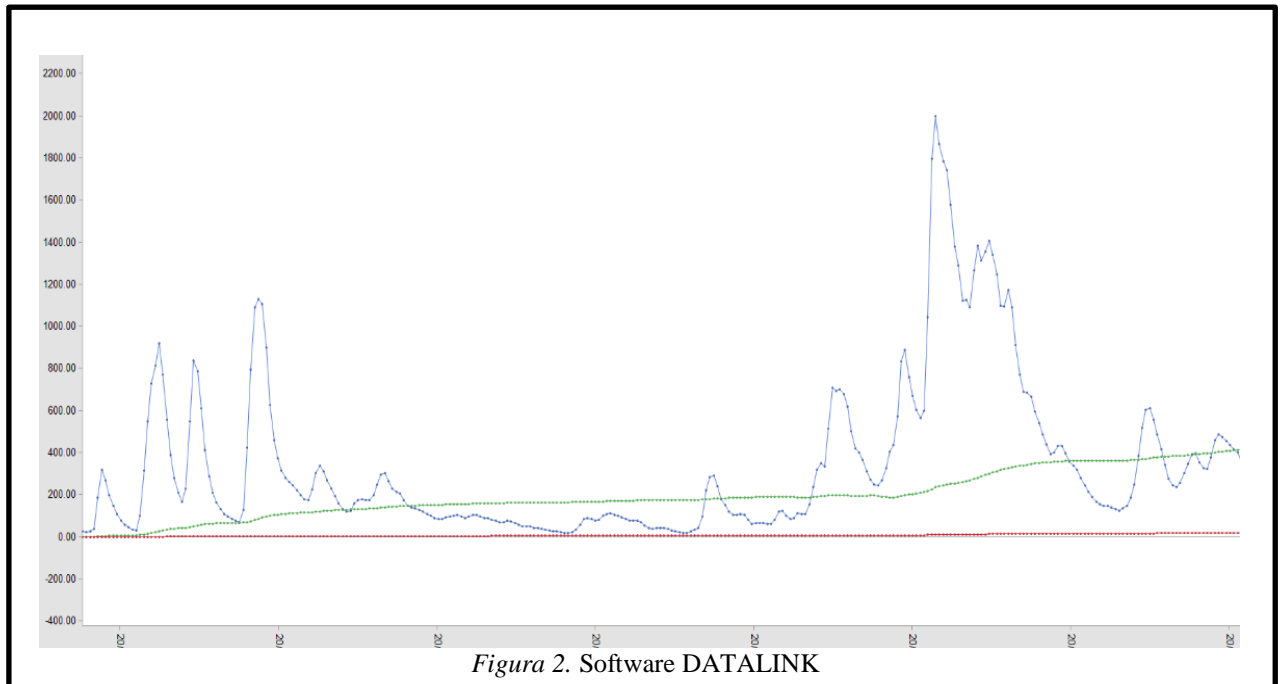
compuestos inflamables y que pueden causar reacciones inmediatas o posibles reacciones en períodos largos. Dentro del factor de respuesta del PID para butanol es de 4.09 para la ciclohexanona es de 0.82 y para el metilacetato es de 23.05 estos datos son los que puede medir el equipo como valor límite y si su valor sobrepasa se debe analizar para determinar medidas correctivas en el lugar de trabajo (**Industrial Scientific Corporation, 2010**).



Figura 1. Equipo Medidor de Gases iBRiD Mx6

- **Software DATALINK**

Es un sistema operativo que tiene el medidor de gases iBRiD Mx6 el cual permite leer los datos que almacena este medidor de gases y al mismo tiempo permite observar las gráficas de las mediciones periódicas.



- **Computadora**

Se utiliza para el análisis de los datos estadísticos de las mediciones periódicas utilizando el software DATALINK.

- **Dispositivo de almacenamiento de información USB**
- **Impresora**
- **Equipo de protección personal**

Tabla 3.
Equipo de protección personal EPP

Nombre	Imagen
Mascarilla para gases volátiles 3m 6200	
Mandil	
Gafas de seguridad	
Guantes de cuero industrial	
Zapatos industriales	

Nota: este tipo de materiales fueron indispensables para el ingreso a la organización para la realizar el muestreo.

2.2 Métodos

Para la medición de COV's se hace referencia a la norma NIOSH 1300 Manual de Métodos Analíticos (NMAM) que recomienda la técnica de Cromatografía de gases utilizando un Sensor de Fotoionización (**NIOSH Manual of Analytical Methods, 1994**). El equipo que cumple con el requerimiento fue el iBRiD MX6 que es un medidor de gases (**Industrial Scientific Corporation, 2015**)

El muestreo se desarrolló bajo La Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos químicos presentes en los lugares de trabajo relacionados con los agentes químicos (**Real Decreto 374/2001, 2009**). Se obtuvo información sobre la duración de la exposición, el número de trabajadores expuestos, los procedimientos de medida disponibles, como complemento se determinó las características generales así como: la complejidad del trabajo, las materias primas, los agentes químicos que tiene la organización, la concentración, para lo cual es necesario realizar mediciones con una estrategia de muestreo definida (**Aguilar Franco et al., 2010**)

La medición de COV's se realizó los días lunes, martes y miércoles por disponibilidad de la empresa ya que esos días fueron los que más contaminación presentaron. Cabe resaltar que el equipo iBRiD Mx6 se mantuvo en uso constante durante el tiempo de trabajo del operario, es decir, 8 horas laborables y se colocó directamente al nivel de vías respiratorias (Ver anexo 5.8). Pese a que existe contacto directo con los disolventes la jerarquización de riesgos se prioriza el contacto por inhalación (**Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2013**). Previo al estudio se definió siguiendo el flujograma de la figura 3.

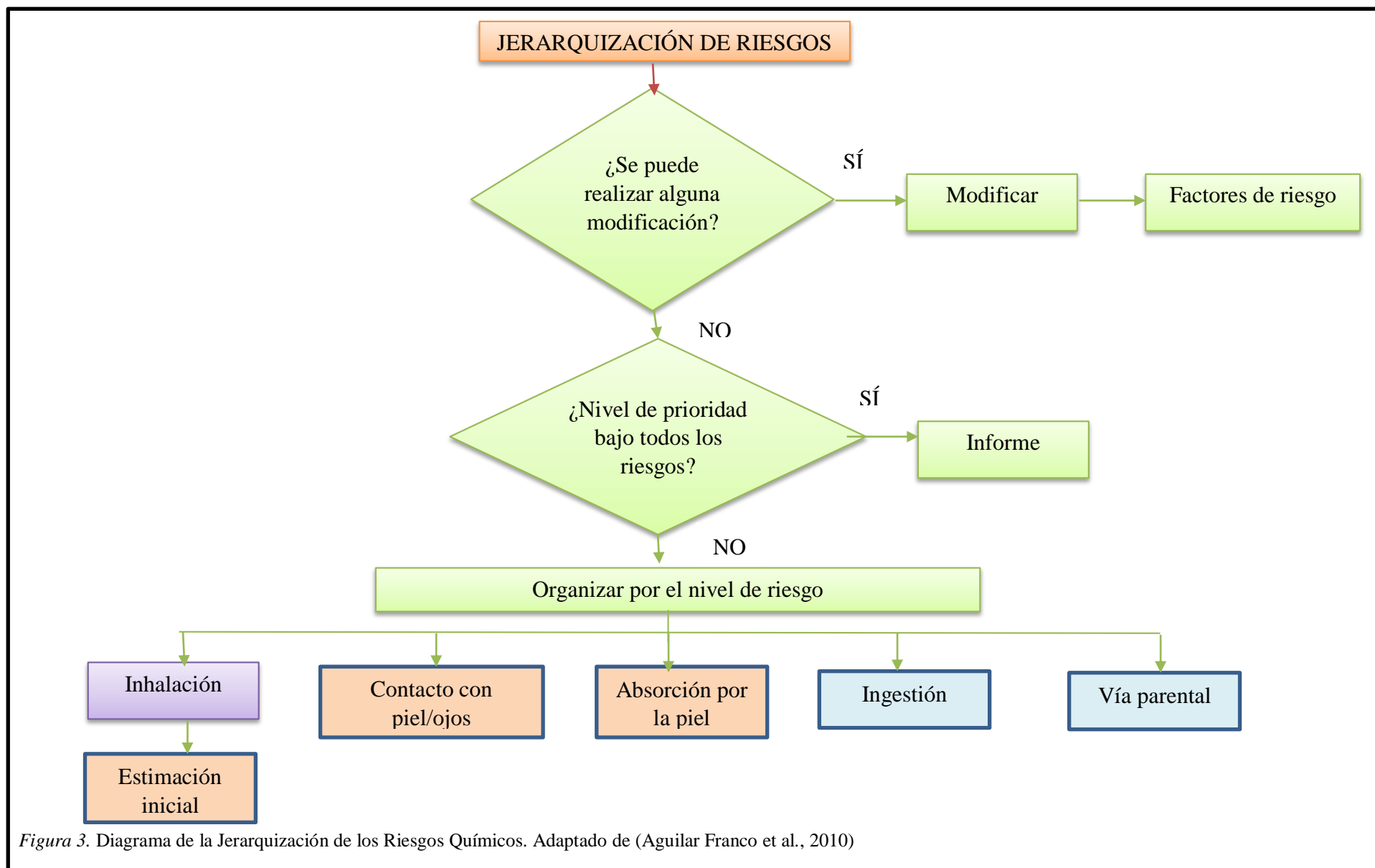


Figura 3. Diagrama de la Jerarquización de los Riesgos Químicos. Adaptado de (Aguilar Franco et al., 2010)

En la fase inicial se siguió los siguientes pasos:

- 2.2.1 Identificación de la probable exposición:** Se realizó un listado con todos los agentes químicos presentes en la zona de exposición, la misma que debe contener materias primas, impurezas, productos intermedios y finales, productos de reacción y subproductos y luego comparar con los valores límite apropiados. (Anaya, 2015)
- 2.2.2 Determinación de los factores de exposición en el lugar de trabajo:** Se evaluó los procesos y los procedimientos de trabajo, con el propósito de valorar la posible exposición a los agentes químicos, derivado de un estudio detallado de: los competencias laborales, las técnicas del trabajo, los procedimientos de producción, la disposición de la zona de trabajo, las medidas y los procedimientos de seguridad, la infraestructura de flujo y otras maneras de intervención técnica, las fuentes de transmisión, el tiempo de exposición, entre otros (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., 2019).

Para concluir con esta evaluación se abarcó tres niveles:

- Estimación Inicial
- Estudio Básico
- Estudio Detallado

- 2.3 Estimación Inicial:** Consiste en abarcar la mayor información que contiene la organización, es decir se engloba más un análisis cuantitativo (Núria Cavallé Oller, 2004) como por ejemplo variables perjudiciales al ambiente de los agentes, número de fuentes emisoras de agentes químicos, ritmo de producción en relación con la capacidad de producción, grado de emisión de cada fuente,

dispersión de los agentes químicos debida al movimiento del aire, tipo y eficacia de los sistemas de extracción y ventilación y otro factor es la variable relacionada directamente con el trabajador que es la proximidad del individuo a la exposición, tiempo de permanencia en cada zona y hábitos individuales de trabajo (**Anaya, 2015**)

Como consecuencia de esta etapa, si resulta la exposición por encima del valor límite, no hay que continuar con la evaluación, sino tomar medidas correctoras para reducir la exposición e iniciar de nuevo la evaluación, caso contrario si resulta evidente que la exposición se encuentra muy por debajo del valor límite, la exposición diaria se considerará aceptable y para terminar la evaluación habrá que comprobar si también se cumple con los límites de exposición de corta duración (**Aguilar Franco et al., 2010**). En la figura 4 se puede apreciar de mejor manera el proceso.

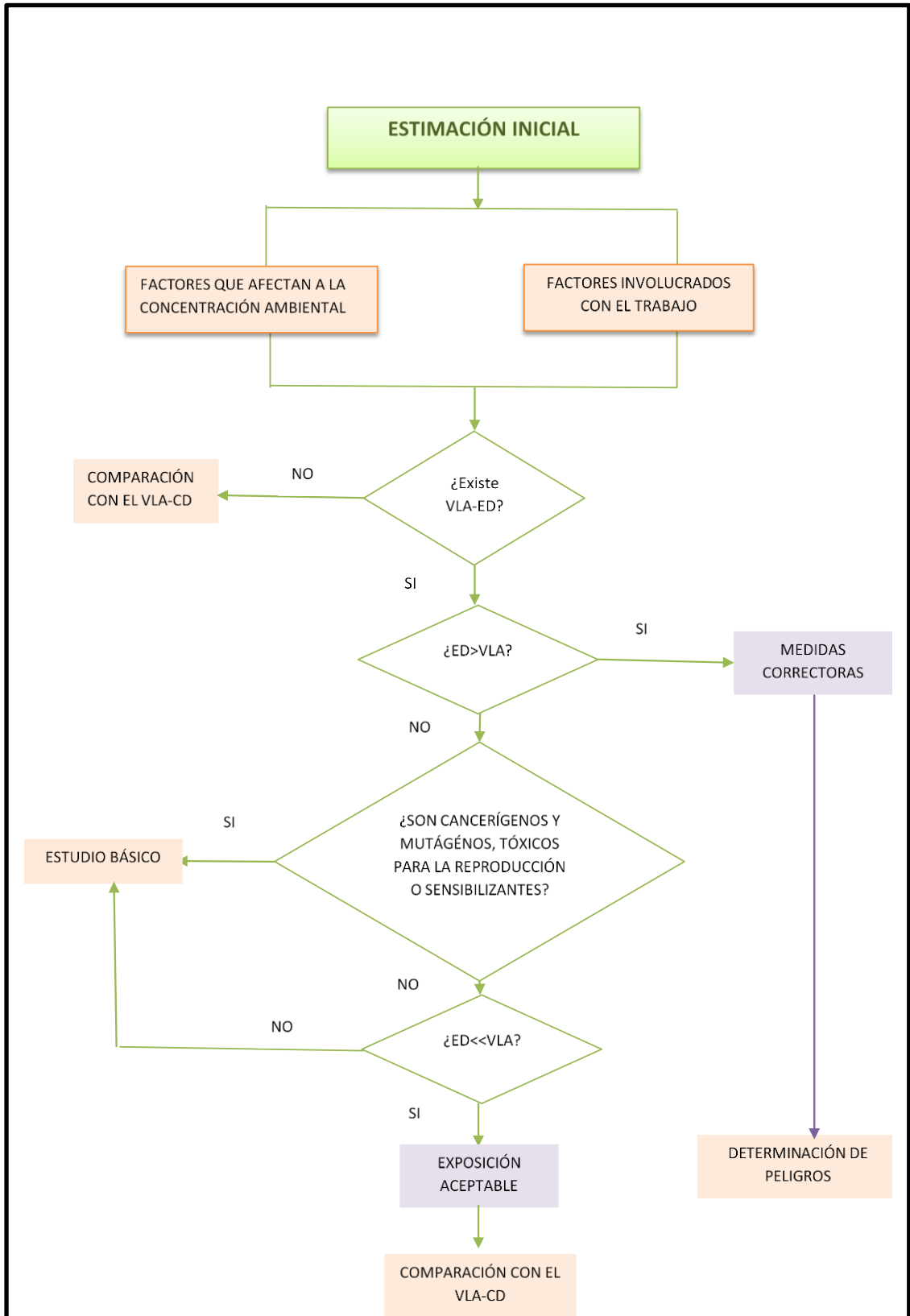


Figura 4. Estimación Inicial. Adaptado de (Aguilar Franco et al., 2010)

Nota: Valor Límite de Corta Duración (VLA-CD); Exposición Diaria (ED); Valor Límite Ambiental (VLA)

2.4 Estudio Básico

Este estudio se restringe a la obtención de datos cuantitativos, es decir, no posee representatividad estadística (**Núria Cavallé Oller, 2004**), se basa cuando existan compuestos cancerígenos, mutágenos, tóxicos para la reproducción o sensibilizantes y se utiliza datos fiables y contrastables.

Si se da el caso, de que la exposición exceda el valor límite no se continúa con la evaluación, hay que tomar medidas correctoras. Caso contrario si la exposición está muy bajo el valor límite se compara con los valores límite de corta duración (**Aguilar Franco et al., 2010**) En la figura 5 se puede apreciar de mejor manera el proceso.

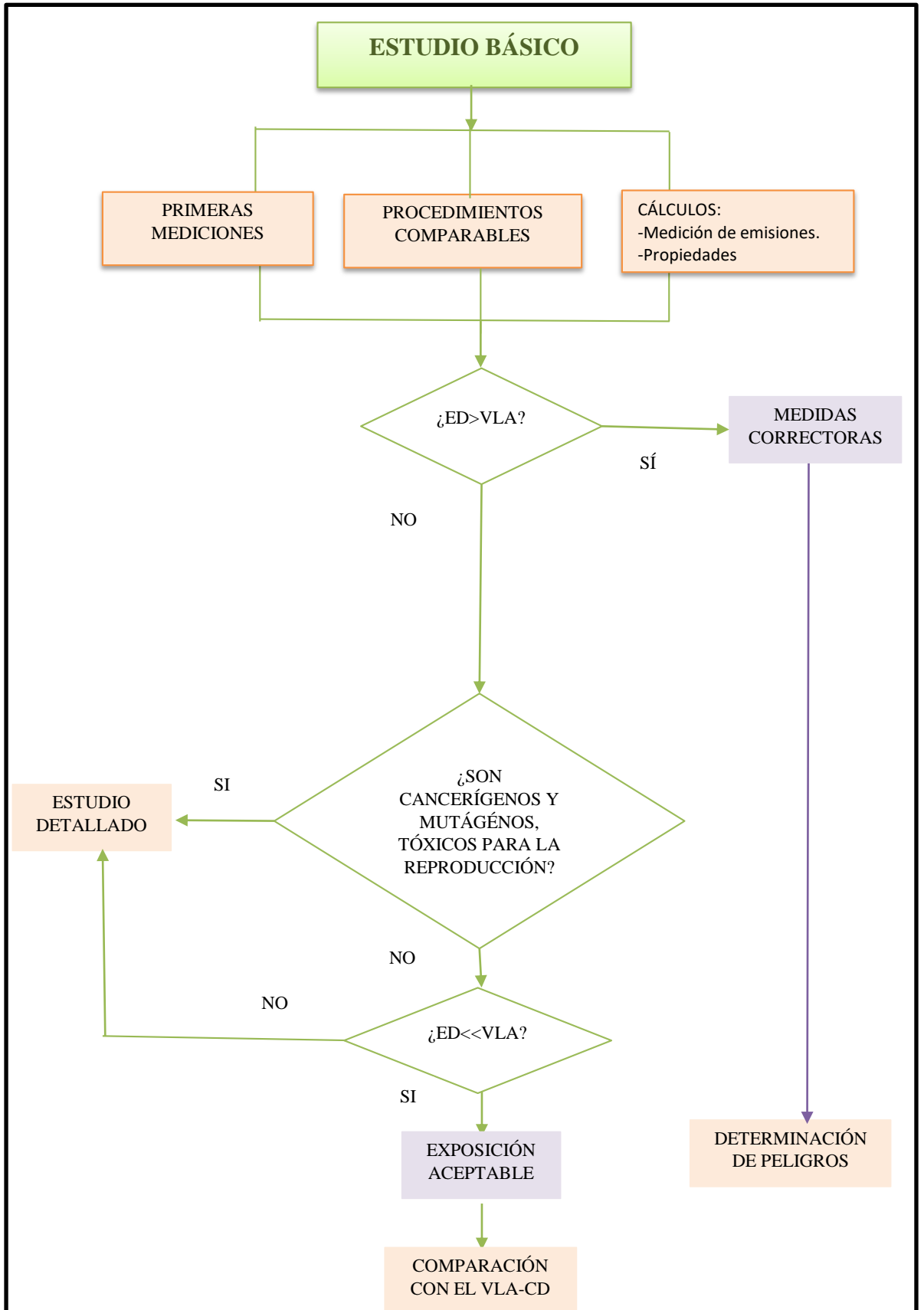


Figura 5. Estudio Básico. Adaptado de (Aguilar Franco et al., 2010)

Nota: Valor Límite de Corta Duración (VLA-CD); Exposición Diaria (ED); Valor Límite Ambiental (VLA)

2.5 Estudio detallado

Este estudio contiene una evaluación cuantitativa con mediciones estadísticamente representativas (**Núria Cavallé Oller, 2004**). Se debe realizar este estudio cuando se cumplen una de las siguientes alternativas:

- La exposición está próxima al valor límite, es decir, no se pueden obtener conclusiones claras en cuanto la exposición está muy por debajo o por encima del valor límite
- Cuando sea una exposición a agentes cancerígenos, mutagénicos y tóxicos para la reproducción
- Si en lugar de trabajo se presencia agentes sensibilizantes
- Se deben medir durante varios días para obtener un grado de confianza del 95%

De acuerdo con el procedimiento estándar que menciona (**Norma Europea EN-689, 1995**) en la Guía Técnica de Agentes Químicos se debe cumplir:

- La concentración promedio de la jornada de trabajo sea representativa de la exposición laboral
- Si hay condiciones de operación que se diferencian claramente, se evalúen por separado
- Las condiciones de operación del trabajo se repitan regularmente y no cambien de forma significativa entre jornadas

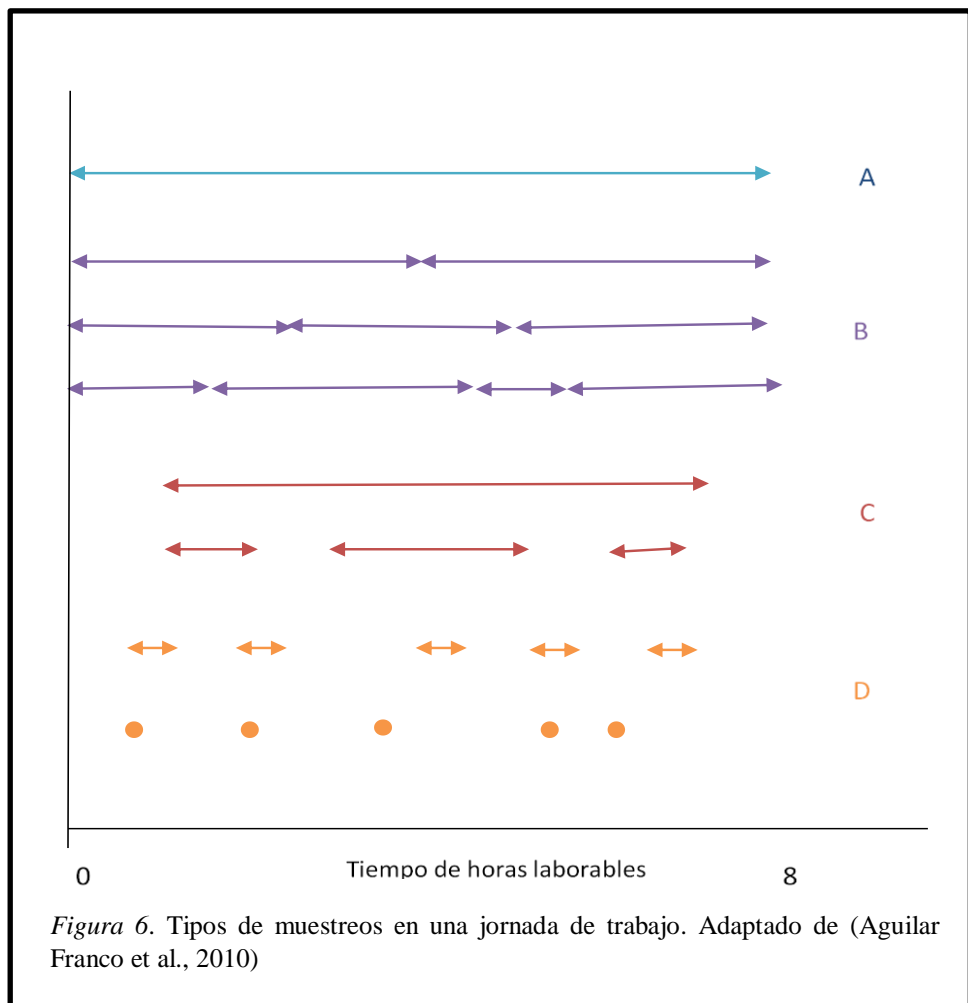
Para tomar las muestras se debe colocar el equipo a la altura de las vías respiratorias y en un punto máximo a los trabajadores (**Aguilar Franco et al., 2010**).

2.5.1 Selección de los trabajadores a medir

Se puede realizar de forma aleatoria o dividir la población en grupos de exposición homogénea (GEH). Si el número de trabajadores es inferior a seis se debe muestrear más de una vez al mismo trabajador (**Instituto Nacional de Seguridad Salud y Bienestar en el Trabajo., n.d.**).

2.5.2 Selección de condiciones de medida

Existen tres tipos de muestreo A, B, C y D. En esta jornada de trabajo el muestreo que se seleccionó es el D de periodo parcial, con muestras parciales de corta duración (Aguilar Franco et al., 2010). Se realizó en una jornada de 8 horas y el período que se muestrea no deberá ser inferior a 4 horas. Se puede apreciar de mejor manera en la figura 6.



En esta gráfica se puede recoger varios modelos de muestreo. El modelo tipo B es para un período completo con varias muestras consecutivas que no deben ser de un tiempo continuo, mientras que el modelo A es de período completo, con una única muestra. Para casos en el que el muestreo

es imposible se recomienda el tipo D que se toma muestras puntuadas de igual duración y que sean repartidas de forma aleatoria a lo largo de la jornada de trabajo. En este tipo de muestreo se recomienda entre 8 y 11 mediciones (**Instituto Nacional de Seguridad Salud y Bienestar en el Trabajo., n.d.**)

Según la (**Norma Europea EN-689, 1995**) si la duración de la muestra es mayor o igual a dos se debe realizar mínimo una muestra de la jornada de trabajo.

En la tabla Nº 4 se puede apreciar el número de muestreo dependiendo del tiempo de duración de la muestra.

Tabla 4.
Número mínimo de muestras por jornada de trabajo.

Duración de la muestra	Número mínimo de muestras por jornada de trabajo (8 horas)
10 seg.	30
1 min.	20
5 min.	12
15 min.	4
30 min.	3
1 hora	2
≥ 2 horas	1

Adaptado de (Aguilar Franco et al., 2010)

Nota: El número mínimo de muestras es el recomendado según la UNE-EN 689

Una vez que se termina el muestreo se instaló el programa DATALINK que es el software que contiene el equipo en dónde se puede observar las mediciones y las curvas que se almacena en las mediciones. Para concluir con las evaluaciones, se realizó los cálculos de la exposición diaria y también los del índice de exposición y a partir del índice de exposición se debe realizó la valoración. Para mejor apreciación se esquematizó en la figura 7.

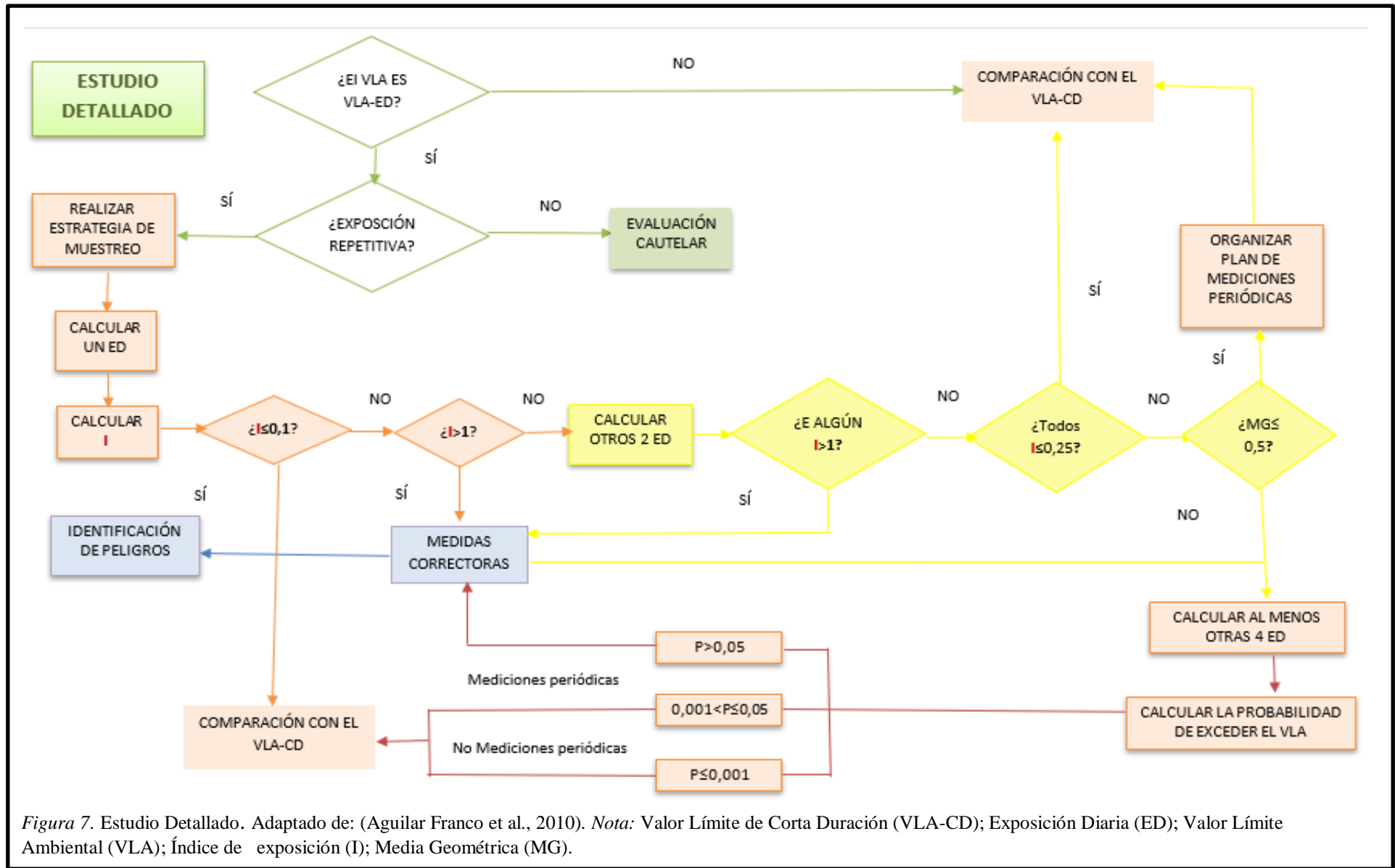


Figura 7. Estudio Detallado. Adaptado de: (Aguilar Franco et al., 2010). Nota: Valor Límite de Corta Duración (VLA-CD); Exposición Diaria (ED); Valor Límite Ambiental (VLA); Índice de exposición (I); Media Geométrica (MG).

2.6 Cálculo de la dosis de exposición: Una vez obtenido los resultados individuales para cada trabajador, se calculó su exposición diaria (ED). El cálculo se hace de forma ponderada con respecto al tiempo de jornada estándar de 8 horas (Aguilar Franco et al., 2010).

Para calcular la exposición diaria para el muestreo D se emplean las siguientes fórmulas:

Para el cálculo de la media se siguió los siguientes pasos:

1. Se calculó los logaritmos neperianos de las “n” concentraciones C_i .
2. Se calculó m_L , la media aritmética de los $\ln C_i$

$$m_L = \frac{\sum \ln C_i}{n}$$

Fórmula (1)

3. Se calculó la desviación estándar, S_L

$$S_L = \sqrt{\frac{\sum (m_L - \ln C_i)^2}{n - 1}}$$

Fórmula (2)

4. Se calculó la media geométrica, MG

$$m_L = e^{m_L}$$

Fórmula (3)

5. Se calculó la desviación estándar geométrica, DSG

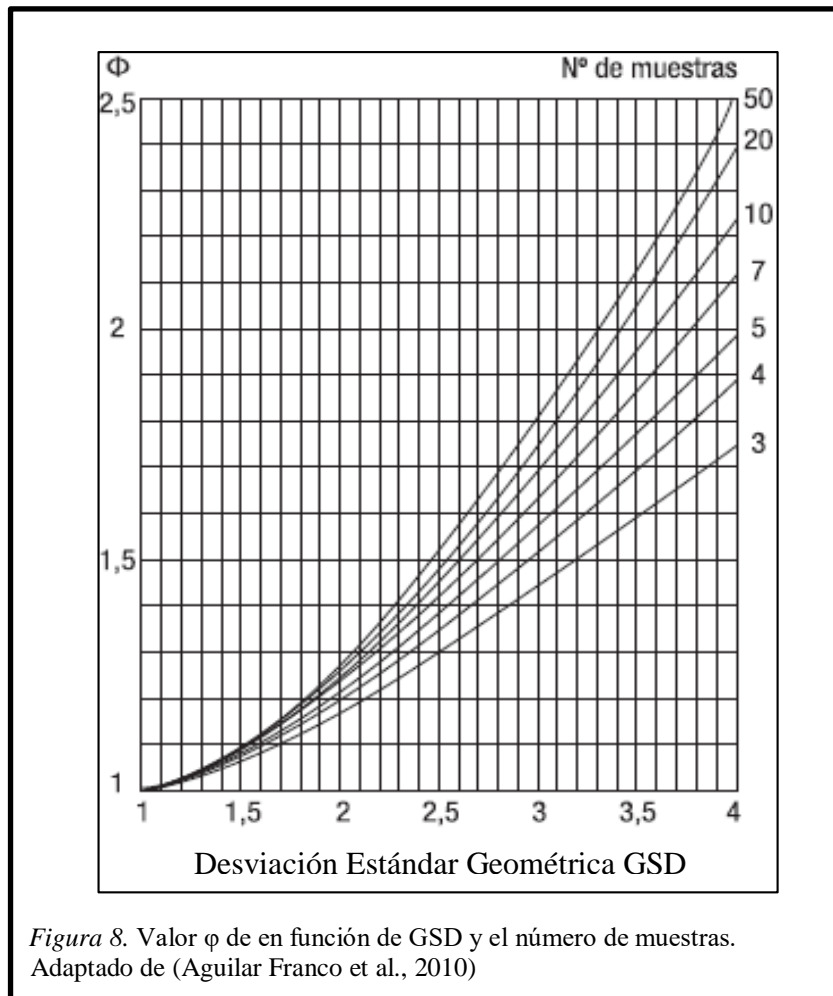
$$DSG = e^{S_L}$$

Fórmula (4)

6. Se calculó φ se puede obtener de la figura 4, conociendo DSG y el número de muestras.
7. A partir de la media geométrica y de φ se estimó el valor más probable de la concentración, la media estimada:

$$m_{estimada} = MG * \varphi$$

Fórmula (5)



8. Se calculó ED que es la media estimada por las horas que se realizó el muestreo en este caso es la Exposición Diaria.

$$ED = \frac{m_{estimada} * t_i}{8 \text{ horas}}$$

Fórmula (6)

Dónde:

ED= Exposición diaria

t_i = Tiempo de exposición asociado en horas

9. Una vez obtenido la media estimada se calculó el índice de exposición con la siguiente fórmula:

$$(I) = \frac{ED}{VLA}$$

Fórmula (7)

Dónde:

I: Índice de exposición

ED: Exposición diaria

VLA: Valor límite ambiental que se obtuvieron de las fichas técnicas

10. Para finalizar se realizó una sumatoria del índice de exposición, dónde se determinó el rango de la concentración.

$$IET = I_1 + I_2 + I_3 + I_n$$

Fórmula (8)

Dónde:

IET: Índice de Exposición Total

Si el valor de IET (Índice Exposición Total) es inferior o igual a 0.1, la exposición está por debajo del VLA. Se considera terminada la evaluación, no es necesario hacer nuevas mediciones. En el caso de que el valor de I se encuentra entre $0.1 \leq I \leq 1$, la exposición se encuentra por debajo del VLA y se recomienda tomar medidas preventivas. Y por último si el valor de I se encuentra > 1 la exposición se encuentra por encima de VLA y se debe realizar medidas correctivas inmediatamente (**Tenemaza Ramos, 2019**)

2.7 Cálculo del sistema de atenuación para los COV's

Para evitar los riesgos para la salud, todo lugar de trabajo debe cumplir ciertos requisitos mínimos en cuanto a ventilación general. Dichos requisitos se encuentran establecidos en el Real Decreto 486/1997 y son, por lo tanto, valores Innegociables (Nuria Cavallé Oller & Hernández, 2004)

La INSHT menciona que la extracción localizada es la técnica de ventilación prioritaria para la reducción del riesgo por exposición inhalatoria a agentes químicos, bajo determinadas circunstancias (principalmente, cuando el agente químico presenta una baja toxicidad), la ventilación por dilución puede actuar también como técnica de control de la exposición en el lugar de trabajo.

El equilibrio se rige en la siguiente ecuación:

$$Q = \left(\frac{G}{C_{equilibrio} - C_{entrada}} \right) K$$

Fórmula (9)

Dónde: b

Q: caudal real de ventilación

K: factor de seguridad para contemplar mezclas no completas

G: velocidad de generación del agente químico

C_{equilibrio}: concentración que no se desea superar en el equilibrio

C_{entrada}: concentración del agente químico que se desea controlar en el aire de entrada.

La velocidad de generación (G) se obtuvo a partir de la velocidad de evaporación del líquido y su densidad, y considerando el volumen del gas

después del cambio de fase (que será de 24,0 litros/mol a 1 atm y 20°C). Ello se resume en la siguiente expresión:

$$G = \frac{24 * d * E}{M}$$

Fórmula (10)

Dónde:

G: velocidad de generación del vapor, m³/h

d: densidad del disolvente líquido, kg/l

E: velocidad de evaporación del disolvente, l/h

M: peso molecular del disolvente, g/mol

La velocidad de evaporación se calculó de la siguiente manera:

$$E = \frac{l}{h}$$

Fórmula (11)

Dónde:

E: velocidad de generación del disolvente, l/h

l: litros de diarios del solvente, l

h: horas laborables, h

Para la evaporación de una mezcla de disolventes, se calculó el caudal necesario para mantener cada uno de los componentes por debajo de la concentración elegida. Para el caudal se determinó por la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{24 * d * E}{M * C} * 10^6$$

Fórmula (12)

Dónde:

Q: caudal efectivo de ventilación, m³/h

d: densidad del disolvente líquido, kg/l

E: velocidad de evaporación del disolvente, l/h

M: peso molecular del disolvente, g/mol

C: concentración que no se desea superar, fichas técnicas VLA (ppm)

El caudal necesario para la protección de la salud de los trabajadores es la suma de los caudales obtenidos para cada uno de los componentes.

$$Q_t = \sum Q_i$$

Fórmula 13)

Dónde:

Q_t: Caudal total, m³/h

Q_i: Caudal n, m³/h

Para verificar si el caudal obtenido es aceptable para disminución de la contaminación de COV's se comprueba mediante la siguiente fórmula:

$$C_f = \frac{24 * d * E}{M * Q_t}$$

Fórmula (14)

Dónde:

C_f: concentración final que va a disminuir la contaminación, ppm

d: densidad del disolvente líquido, kg/l

E: velocidad de evaporación del disolvente, l/h

M: peso molecular del disolvente, g/mol

Q_t: Caudal total, m³/h

2.8 Verificación de las hipótesis

Para determinar las hipótesis se empleó el método estadístico con un solo factor completamente aleatorizado con efectos aleatorios para cada compuesto, se realizó este análisis estadístico en Excel y se dedujo mediante una tabla ANOVA para cada compuesto y estos datos se utilizó las siguientes fórmulas para la determinación del Coeficiente de Correlación Intraclase (CCI).

$$EVT = \frac{CMTr - CME}{n}$$

Fórmula (15)

Dónde:

EVT= Estimación de la varianza total

CMTr= Cuadros medios de los tratamientos

CME= Cuadrados medios del error

n= número de muestras

$$CCI = \frac{EVT}{EVT - EVE}$$

Fórmula (16)

Dónde:

CCI= Coeficiente de correlación intraclase

EVT= Estimación de la varianza total

EVE= Estimación de la varianza del error

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Estimación Inicial

Aplicando la metodología del INSHT se obtuvo la presencia de las siguientes sustancias químicas ver tabla 5.

Tabla 5.
Sustancias químicas

Presencia	ED	VLA	ED* > VLA*	Estudio Básico
Sustancia	(ppm)	(ppm)		
Tolueno	15,02	20,00	No Evaluado	No Evaluado
Ciclohexanona	21,00	20,00	Evaluado	Evaluado
Isopropanol	98,00	200,00	No Evaluado	No Evaluado
Fenol	3,00	5,00	No Evaluado	No Evaluado
Benceno	0,18	0,5	No Evaluado	No Evaluado
Metilacetato	268,74	200,00	Evaluado	Evaluado
Xileno	90,23	100,00	No Evaluado	No Evaluado
Metanol	175,34	200,00	No Evaluado	No Evaluado
Cloruro de metileno	18,10	25,00	No Evaluado	No Evaluado
Etanol	500,78	1000,00	No Evaluado	No Evaluado
Butanol	311,64	20,00	Evaluado	Evaluado
Estireno	23,09	50,00	No Evaluado	No Evaluado

Nota: ED=Exposición Diaria que determina el equipo; VLA=Valor límite de exposición

3.2 Estudio detallado

Considerando la presencia en el ambiente de trabajo del metilacetato, ciclohexanona y butanol se midió y evaluó las sustancias químicas con un número de muestras de 983 ensayos totales (ver anexo 5.2.2) determinando las siguientes dosis de exposición (ver tabla 6)

Tabla 6.
Exposición de la Ciclohexanona

Ítem	m_L	S_L	MG	DSG	ϕ	m_e	ED	I
Día						(ppm)	(ppm)	
Lunes	3.36	0.49	28.71	1.64	1.13	32.44	16.22	0.81
Martes	3.91	0.36	49.97	1.44	1.08	52.96	26.98	1.35
Miércoles	3.46	0.34	31.78	1.41	1.07	34.00	17.00	0.85

Nota: m_L = Media aritmética; S_L = Desviación estándar; MG= Media geométrica; DSG= Desviación estándar geométrica; ϕ = Fi; m_e = Media estimada; ED= Exposición diaria; I= Índice de exposición.

El VLA-ED para la ciclohexanona según el INSHT el valor aceptable es de 20 ppm (**Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), 2007**); en los resultados del muestreo superó un valor mayor a 25 ppm (ver anexo 5.2.2) y se consideró que es un valor elevado. En la tabla 6 se puede verificar que para la media estimada son ligeramente mayores los valores en ppm, identificando que el martes supera los 20 ppm de VLA.

Tabla 7.
Exposición del Metilacetato

Ítem	m_L	S_L	MG	DSG	ϕ	m_e	ED	I
Día						(ppm)	(ppm)	
Lunes	6.17	0.56	478.63	1.75	1.19	569.57	284.79	1.42
Martes	6.42	0.42	612.08	1.53	1.11	679.41	339.70	1.70
Miércoles	5.86	0.26	349.49	1.30	1.04	363.47	181.73	0.91

Nota: m_L = Media aritmética; S_L = Desviación estándar; MG= Media geométrica; DSG= Desviación estándar geométrica; ϕ = Fi; m_e = Media estimada; ED= Media estimada en 8 horas laborables; I= Índice de exposición.

La dosis de exposición para el metilacetato también conocido como Acetato de metilo es de 200 ppm para un turno laboral de 8 horas diarias según la ACGIH (**New Jersey Department of Health and Senior Services, 2003**). Pero la dosis de exposición sobrepasa el VLA-ED siendo mayor a 300 ppm (ver anexos 5.2.2).

Como se observa en la tabla 7 la concentración del Metilacetato en ppm para la media estimada dentro de las 8 horas laborables incrementa más, el martes, lo que incide una mayor exposición para el trabajador, esto ocurrió debido a que los trabajadores en el área de acabado se encargan de pintar más de 5 cajas de madera al día, llegando a pintar hasta 8 cajas. Esto también ocurre para la concentración de Ciclohexanona que se encuentra en la tabla 6, que supera su exposición a 26,98 ppm, siendo su límite de exposición 20 ppm.

Tabla 8.
Exposición del Butanol

Ítem	m_L	S_L	MG	DSG	ϕ	m_e	ED	I
Día						(ppm)	(ppm)	
Lunes	6.65	0.99	770.92	2.69	1.6	1233.47	616.73	30.84
Martes	5.72	0.64	306.38	1.90	1.29	395.23	197.61	9.88
Miércoles	5.33	0.56	206.15	1.74	1.17	241.19	120.60	6.03

Nota: m_L = Media aritmética; S_L = Desviación estándar; MG= Media geométrica; DSG= Desviación estándar geométrica; ϕ = Fi; m_e = Media estimada; ED= Media estimada en 8 horas laborables; I= Índice de exposición.

La exposición para el butanol es de 20 ppm según el INSHT (**Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), 2005**)

En la tabla 8 se observa que a diferencia de la ciclohexanona y metilacetato el día que más está expuesto el trabajador es el lunes, esto ocurre porque las mediciones que se realizaron superaron los límites de exposición siendo el límite mínimo 20 ppm llegando hasta 600 ppm (ver anexos 5.2.2). dichas mediciones se realizaron en el tiempo exacto dónde el trabajador se encuentra expuesto y su equipo se colocó a la altura de sus vías respiratorias, como menciona en la guía para la prevención de riesgos en el lugar de trabajo (**Instituto Sindical de Trabajo Ambiente y Salud (ISTAS), 2008**)

3.2.1 Cálculo del índice de exposición total

Se aplicó la metodología del INSHT determinando los valores de dosis totales como se observa en la tabla 9.

Tabla 9.
Índice de exposición total

Sustancia	I	IET
	(ppm)	(ppm)
Ciclohexanona	1	
Metilacetato	1.34	17.92
Butanol	15.58	

Nota: I= Índice exposición; I_t= Índice de exposición total

La sumatoria del índice de exposición total fue de 17.92 lo que indica que los compuestos orgánicos volátiles; butanol, ciclohexanona y metilacetato se encuentran por encima de la exposición VLA-ED en este caso se debe realizar una nueva evaluación de la exposición laboral y tomar medidas correctivas. Según **(Tenemaza Ramos, 2019)** el exceso de estos compuestos orgánicos se debe a la poca o falta ventilación que posee dicho taller causando una inadecuada extracción del contaminante. **(Riveros Alcedo, 2017)** Señala que para los COV's no existe regulaciones respecto a pinturas y disolventes, por este motivo en Perú al igual que en Ecuador no existe normativas que regulen la cantidad de COV's, como en el caso de Colombia que adoptó los límites de contenidos de COV's que la Unión Europea.

3.3 Cálculo del sistema de atenuación para COV's

Para los valores del índice de exposición mayores a 1 se calculó el sistema de atenuación para COV's en el área de acabado de madera, utilizando las propiedades fisicoquímicas de la tabla 10.

Tabla 10.*Datos principales para dimensionar un sistema de ventilación*

Sustancia	W (%)	E_t (l/h)	M (g/mol)	D (k g/l)	C_{eq} (ppm)	C_{en} (ppm)	K
Butanol	50	0,95	74.1	0.81	10	0	
Ciclohexanona	25	0,48	98.1	0.95	10	0	1
Metilacetato	25	0,48	74.1	0.93	100	0	

Nota: W= Composición; E_t= Tasa de evaporación total; M= peso molecular; D= Densidad; C_{eq}= Concentración en el equilibrio; C_{en}= Concentración de entrada; K= Factor de seguridad.

En la composición de los compuestos orgánicos volátiles se determinó mediante la utilización de cada compuesto en el uso del acabado de cajas de madera. Al igual que la tasa de evaporación total se calculó mediante el uso del disolvente en litros por día, dentro de las 8 horas y esto se utilizó para todos los compuestos. Cabe resaltar que para la concentración en equilibrio se obtuvo de las fichas técnicas y se dividió para el factor K. Según (**Nuria Cavallé Oller & Hernández, 2004**) el factor de seguridad K varía de 1 a 10 siendo de 5 a 10 una distribución de aire deficiente, de 2 a 5 una distribución de aire correcto y de 1,5 a 2 una distribución de aire buena. En la determinación de K la empresa se encuentra en el rango 1 y cabe recalcar que se llevó a cabo otros parámetros como: la toxicidad del disolvente, la eficacia de la mezcla, la ubicación y el número de focos, así como también la distribución del aire del área de acabado.

En la presente tabla 11 se puede observar los datos relacionados a los cálculos que se realizaron manualmente, mientras en la tabla 12 se puede observar los datos obtenidos de la página del INSHT calculadores de ventilación por caudal.

Tabla 11.
Caudal total de ventilación

Sustancia	G (m³/h)	Q (m³/h)	Q_t (m³/h)
Butanol	0.25	12.458,18	
Ciclohexanona	0.11	5.575,14	18.756,43
Metilacetato	0.14	723,11	

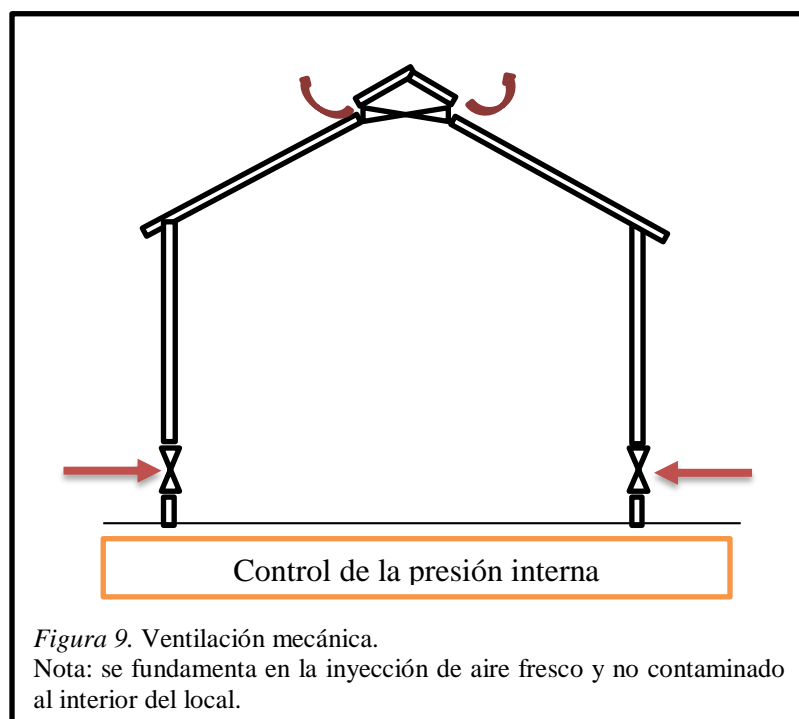
Nota: G= Velocidad de generación del vapor; Q_i= Caudal de cada compuesto; Q_t= Caudal total.

Tabla 12.
Caudal de ventilación INSHT

Sustancia	G (m³/h)	Q (m³/h)	Q_t (m³/h)
Butanol	0.25	12.461,54	
Ciclohexanona	0.11	5.519,88	18.697
Metilacetato	0.14	715,38	

Nota: G= Velocidad de generación del vapor; Q_i= Caudal de cada compuesto; Q_t= Caudal total.
Adaptado de (**Instituto Nacional de Seguridad Salud y Bienestar en el Trabajo., n.d.**)

El caudal total que se obtuvo fue de 18.697 m³/h lo que indica que es el caudal requerido para que disminuya la concentración de COV's en el área de acabado de la empresa y mediante una correcta ventilación se puede lograr reducir riesgos a los trabajadores a largo plazo (**Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., 2019**) En la tabla bibliográfica de (**Niño, 2017**) menciona que para el caudal de aire por persona para ambientes de talleres recomienda un volumen de 100 m³/h. Esto justifica el caudal total obtenido para la disminución de COV's.



Para la comprobación de la disminución de la contaminación de COV's se utilizó el caudal total y como en los datos obtenidos manualmente y por el simulador que son valores similares, se concluye que la concentración es inferior a la que se genera sin este tipo de ventilación. Como se observa en la tabla 13 para el butanol la concentración disminuye a 13,32 ppm; en el caso de la ciclohexanona disminuye a 5,96 ppm y para el metilacetato su valor sería 7,74 ppm siendo este último compuesto el mayor contaminante.

Tabla 13.
Concentración final

Sustancia	C_f (ppm)	C_{fi} (ppm)
Butanol	13,50	13,32
Ciclohexanona	5,94	5,96
Metilacetato	7,71	7,74

Nota: C_f = Concentración final manualmente; C_{fi} = Concentración final del simulador.
 Adaptado de (Instituto Nacional de Seguridad Salud y Bienestar en el Trabajo., n.d.)

3.4 Verificación de las hipótesis

Para la verificación de las hipótesis se empleó el diseño estadístico con un solo factor completamente aleatorizado con efectos aleatorios de cada experimento y para ello se dedujo una tabla de ANOVA para cada compuesto.

Tabla 14.
Análisis de Varianza para las concentraciones de Ciclohexanona

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados medios	F	Probabilidad	Valor crítico para F
SCD	19871.31	2	9935.65	31.88	6.26E-13	3.04
SCE	70740.90	227	311.63			
SCT	90612.21	229				

Nota: SCD= origen de variaciones entre grupos; SCE= origen de variaciones dentro de los grupos; SCT= origen de variaciones del total

Tabla 15.
Análisis de Varianza para las concentraciones de Butanol

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados medios	F	Probabilidad	Valor crítico para F
SCD	136827426.9	2	68413713.44	593.14	3.45E-181	3.00
SCE	142217259.8	1233	115342.47			
SCT	279044686.7	1235				

Tabla 16.*Análisis de Varianza para las concentraciones de Metilacetato*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados medios	F	Probabilidad	Valor crítico para F
SCD	17286373.56	2	8643186.78	93.09	7.34E-38	3.00
SCE	94704598.18	1020	92847.65			
SCT	111990971.7	1022				

Nota: SCD= origen de variaciones entre grupos; SCE= origen de variaciones dentro de los grupos; SCT= origen de variaciones del total

Una vez que se calculado la suma de cuadrados de cada compuesto se calculó el coeficiente de correlación intraclase (CCI) para después determinar el porcentaje y con ello verificar la variabilidad de cada compuesto en estudio.

Tabla 17.*Resultados de la Variabilidad de las concentraciones de Butanol, Ciclohexanona y Metilacetato*

	Estimación de la varianza total (EVT)	Estimación de la varianza del error (EVE)	Coefficiente de correlación intraclase (CCI)	Porcentaje (%)
Butanol	165772.75	115342.47	0.59	59
Ciclohexanona	128.32	311.63	0.29	29
Metilacetato	25074.31	92847.65	0.21	21

En la tabla 17 se puede identificar que el porcentaje del butanol fue de 59% lo que indica que mientras más alto resulte el coeficiente de correlación intraclase, mayor será la variabilidad que existe entre los días de la semana que el trabajador está expuesto al contaminante, y se dedujo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, esto quiere decir que existe variabilidad en los días de la semana para la salud de los trabajadores en el proceso de acabado de productos de un taller de maderas.

Para la Ciclohexanona el porcentaje fue de 29% lo que indica que no es muy alto el CCI pero se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, es decir que existe variabilidad en los días de la semana para la salud de los trabajadores en el proceso de acabado de productos de un taller de maderas. Pero para el Metilacetato el CCI es moderado, y en este caso se sugiere que la variabilidad entre los días de la semana para la salud de los trabajadores en el proceso de acabado de productos de un taller de maderas es muy baja, vale decir que apenas un 21%.

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

Se midió la concentración de butanol, ciclohexanona y metilacetato en el ambiente interno de un taller de maderas en el acabado de productos según la Norma ISO-171330 usando el equipo iBRiD MX6 y obteniendo la dosis de exposición diaria de butanol: 616,73 ppm; 197,61 ppm y 120,60 ppm dosis altas comparadas con el VLA 20 ppm, en el caso de la ciclohexanona la dosis de exposición diaria fue de: 16,22 ppm; 26,98 ppm y 17,00 ppm y la dosis de VLA es 20 ppm al igual del butanol pero en el caso del VLA para el metilacetato es 200 ppm pero su dosis de exposición fue: 284,79 ppm; 339,70 ppm y 181,73 ppm, por ende, el butanol al igual que él metilacetato tienen mayor contaminante en ésta área de trabajo.

Se evaluó *in situ* el riesgo toxicológico por inhalación de los compuestos orgánicos volátiles, en este caso se evaluó el butanol, ciclohexanona y metilacetato de los trabajadores en el proceso de acabado de productos de un taller de maderas, dando valores altamente superiores a los límites de exposición ambiental que establece la ACGIH para cada compuesto, existiendo la exposición de dosis total mayor a 1 e intolerables, para una exposición diaria de 8 horas laborables. El área de acabado de madera de la empresa supera el índice de exposición, un valor de 1500% y alcanzando relacionarse con problemas de salud según el **(Real Decreto 374/2001, 2001)**.

Se determinó el riesgo toxicológico de la exposición de butanol, ciclohexanona y metilacetato en el ambiente interno en el acabado de productos de un taller de maderas. En el caso del metilacetato el índice de exposición fue 1.34 pero en el caso de butanol 15.58 estando excesivamente la dosis de exposición alta para los trabajadores dado que su índice normal debe ser menor a 1, esto puede ocasionar según **(Fernández, Sanz-Gallén, & Nogué, 2010)** posibles enfermedades crónicas.

Se diseñó un sistema de extracción para COV's en el ambiente interno, en los acabados de productos de un taller de maderas donde se comparó mediante las fórmulas establecidas con el simulador de calculadores de caudal de ventilación por dilución del INSHT, se puede concluir que no existe mucha diferencia proporcionando un caudal total de 18697 m³/h para una mínima ventilación de 30 m³/h por trabajador para áreas sedentarias y 50 m³/h por trabajador para áreas no sedentarias, que se debe cumplir necesariamente en cualquier lugar de trabajo, permitiendo reducir los niveles de exposición para los trabajadores de esta organización y también la correcta implementación que sugiere la Norma ISO 171330.

4.2 Recomendaciones

- Instalar el sistema de ventilación calculado en este trabajo, considerando el caudal calculado para el área de acabado de maderas de la empresa
- Se recomienda realizar evaluaciones próximas para comprobar la disminución de contaminantes por COV's una vez instalado el sistema de ventilación
- Plantear una evaluación con diferente metodología para comprobar la contaminación por COV's en el área de acabado de maderas de la empresa

CAPITULO V

5. MATERIALES DE REFERENCIA

5.1 Materiales de Referencia

- AENOR Asociación Española de Normalización y Certificación. *Norma Española UNE171330.* , Pub. L. No. UNE 171330-2, 2 (2014).
- Aguilar Franco, J., Bernaola Alonso, M., Gálvez Pérez, V., Rams Sánchez-Escribano, P., Sánchez Cabo, M. T., Sousa Rodríguez, M. E., ... Tejedor Traspaderne, J. N. (2010). *Riesgo químico: Sistemática para la Evaluación Higiénica* (Primera Ed; I. N. de S. e H. en el Trabajo, ed.). Madrid: INSHT.
- Anaya, G. (2015). Estudio del Riesgo Higiénico por Inhalación de Productos Químicos.
- Cavallé Oller, Núria. (2004). NTP 750: Evaluación del riesgo por exposición inhalatoria de agentes químicos. Metodología simplificada. *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene En El Trabajo*.
- Cavallé Oller, Nuria, & Hernández, A. (2004). NTP 741 : Ventilación general por dilución. *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene En El Trabajo*, 11.
- De, D., Riesgos, D. De, & I, J. C. (2014). *TEXTO CONSOLIDADO*. 1–37.
- Fernández, J., Sanz-Gallén, P., & Nogué, S. (2010). Seguimiento de dos pacientes con glomerulonefritis IgA mesangial con antecedentes de exposición a tóxicos (cadmio y disolventes orgánicos). *Anales Del Sistema Sanitario de Navarra*, 33(3), 309–313.
- Fuente, S. (2013). *Evalaución Higiénica de Exposición a A gentes Químicos en un taller de Automoción*. Universidad de Valladolid.
- Guevara, J. F. (2015). IMPLEMENTACIÓN DE UNA CABINA DE PINTURA PARA COFRES MORTUORIOS EN LA FÁBRICA LAS MADERAS DE LA CIUDAD DE AMBATO (Vol. 13). Universidad Técnica de Ambato.

- Industrial Scientific Corporation. (2010). *PID response factors* (pp. 72–77). pp. 72–77.
- Industrial Scientific Corporation. (2015). *MX6 iBrid Monitor de gases múltiples Guía de Operación* (pp. 1–32). pp. 1–32. Shanghai, China: Pittsburgh, PA EE.UU.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. *Norma técnica ecuatoriana de transporte, almacenamiento y manejo de materiales peligrosos.* , (2013).
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). (n.d.). *No Title* (pp. 1–3). pp. 1–3.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). (2003). *Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos presentes en los lugares de trabajo relacionados con agentes químicos*. Madrid.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). (2005). Fichas Internacionales de Seguridad Química para Butanol. *Prov. Buenos Aires-Tel./Fax*, 54(11), 4. Retrieved from <http://www.dorwil.com.ar/msds/Butanol.pdf>
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). (2007). *Fichas Internacionales de Seguridad Química para Ciclohexanona*. 5–7. <https://doi.org/10.1109/CISS.2012.6310769>
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). (2013). Ficha Técnica para la Evaluación y Prevención de Riesgos Relacionados con los Agentes Químicos presentes en los lugares de trabajo. In I. N. de S. e H. en el T. (INSHT) (Ed.), □□ □□ □□□ (Vol. 6). Madrid.
- Instituto Nacional de Seguridad Salud y Bienestar en el Trabajo. (n.d.). Exposición a agentes químicos. Evaluación Cuantitativa. Retrieved October 1, 2019, from <http://calculadores.insht.es:86/Exposiciónaagentesquímicos/Introducción.aspx>
- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M. P. (2019). *Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España* (M. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., Ed.). Madrid.
- Instituto Sindical de Trabajo Ambiente y Salud (ISTAS). (2008). Guía para la [Prevención de Riesgo Químico en el lugar de trabajo. *Instituto Sindical de Trabajo Ambiente y Salud*, 2, 85. Retrieved from https://www.insst.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Guias/Guias_Ev_Riesgos/Manual_Eval_Riesgos_Pyme/evaluacionriesgospyme.pdf

- Larriva, S. (2014, April). Manipulación y Almacenamiento de Sustancias Químicas en la Industria de Muebles de Madera en la Ciudad de Cuenca. *Revista de La Facultad de Ciencias Químicas*, 53.
- NEW JERSEY DEPARTMENT OF HEALTH AND SENIOR SERVICES. (2003). (*METHACRYLIC ACID*) *Efectos agudos sobre la salud Exposiciones combinadas Efectos crónicos sobre la salud Riesgo de cáncer Riesgo para la reproducción Otros efectos a largo plazo Exámenes médicos*. 2531, 6.
- Niño, P. (2017). *Diseño de un sistema de ventilación industrial para una planta de producción de pinturas*. Universidad Nacional del Callao.
- NIOSH Manual of Analytical Methods. (1994). *METHOD 1300*. 1301(2), 13–16.
- Norma Europea EN-689. *Atmósferas en el lugar de trabajo Directrices para la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos para la comparación con los valores límite y estrategia de la mediación*. , (1995).
- Real Decreto 374/2001. (2001). *REAL DECRETO 374/2001, de 6 de abril sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo*.
- Real Decreto 374/2001. © *Insht.* , 1981 § (2009).
- Riveros Alcedo, R. G. (2017). *Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs) en la Industria de Pinturas y sus Disolventes en Perú – Análisis de caso y estrategias de gestión ambiental y salud ocupacional*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Seguridad, H. D. E. D. D. E. (2009). *Tintas serie ba*. (1), 1–7.
- Tenemaza Ramos, A. L. (2019). *E Industrial E Industrial*. Universidad Técnica de Ambato.
- UBE, C. E. S. . *Informe de Seguridad de Producto de Ciclohexanona*. , (2012).
- Villacres Manzano, E. S. (2015). Análisis Toxicológico de Hidrocarburos Aplicado a la Salud Ocupacional. *Pontificia Universidad Católica Del Ecuador*, 171.

5.2 Anexos

5.2.1 Cálculo demostrativo del muestreo de butanol

Media aritmética

$$m_L = \frac{\sum LnC_i}{n} \quad m_L = \frac{\sum Ln2358,62}{412} = 5,72$$

Desviación estándar

$$S_L = \sqrt{\frac{\sum(m_L - LnC_i)^2}{n-1}}$$
$$S_L = \sqrt{\frac{\sum(5,72 - 6,25)^2 + (5,72 - 6,14)^2 \dots \dots + (5,72 - 6,82)^2}{411}} = 0,64$$

Media geométrica

$$MG = e^{m_L} \quad MG = e^{5,72} = 306,38$$

Desviación estándar geométrica

$$DSG = e^{S_L} \quad DSG = e^{0,64} = 1,90$$

Fi ϕ figura 7.

$$\phi = 1,29$$

Media estimada Ci

$$m_{estimada} = MG * \phi \quad m_{estimada} = 306,38 * 1,29 = 395,23 \text{ ppm}$$

Exposición Diaria

$$ED = \frac{m_{estimada} * t_i}{8 \text{ horas}} = \frac{395,23ppm * 4horas}{8 \text{ horas}} = 197,61 ppm$$

Índice de exposición

$$I = \frac{ED}{VLA} = \frac{197,61ppm}{20ppm} = 9,88 ppm$$

Índice de exposición total

$$IET = I_1 + I_2 + I_3 + I_n = 1 + 1.34 + 15.58 = 17.92 ppm$$

Velocidad de evaporación

$$E = \frac{l}{h} = \frac{15,5}{8} = 1,9 l/h$$

Para calcular el E para cada compuesto se utiliza el porcentaje del mismo en este caso para el butanol se encuentra en un 50%

$$E = \frac{1,9 \frac{l}{h} * 50\%}{100\%} = 0,95 l/h$$

Velocidad de generación de vapor

$$G = \frac{24 * d * E}{M} = \frac{24 * \frac{0,81kg}{l} * \frac{0,95l}{h}}{\frac{74,12g}{mol}} = 0,25 m^3/h$$

Caudal de ventilación

$$Q = \frac{24 * d * E}{M * C} * 10^6 = \frac{24 * \frac{0,81kg}{l} * \frac{0,95l}{h}}{\frac{74,12g}{mol} * 20ppm} * 10^6 = 12458,18 m^3/h$$

Caudal total

$$Q_t = \sum Q_i = \frac{12458,18m^3}{h} + \frac{5575,14m^3}{h} + \frac{723,11m^3}{h} = 18756,43m^3/h$$

Concentración final

$$C_f = \frac{24 * d * E}{M * Q_t} = \frac{24 * \frac{0,81kg}{l} * \frac{0,95l}{h}}{\frac{74,12g}{mol} * \frac{18756,43m^3}{h}} = 13,7ppm$$

5.2.2 Cálculo demostrativo para el coeficiente de correlación intraclase para el butanol.

$$EVT = \frac{CMT_r - CME}{n} = \frac{68413713,44 - 115342,47}{412} = 165772,75$$

$$CCI = \frac{EVT}{EVT - EVE} = \frac{165772,75}{165772,75 + 115342,47} = 0,59$$

5.3 Plantilla de muestreo de butanol, ciclohexanol y metilacetato

Muestra	Butanol,1-			Ciclohexanona			Metilacetato		
	Lunes	Martes	Miércoles	Lunes	Martes	Miércoles	Lunes	Martes	Miércoles
1	32.3	516.3	842.6	16.1	22.9	47.9	319.8	330.6	439.6
2	205.4	464	742.6	17.5	28.5	49.8	266.9	312.8	493.6
3	325.6	414.7	721.7	12.7	27.8	54.8	313.1	303.7	481
4	389.1	403.7	793.1	12.1	27.3	58.1	549.3	330.4	378.9
5	658.9	429.1	819.2	16.8	25.5	56.6	728.6	477.7	376.6
6	620.9	479.2	794.7	12.20	28.5	53.4	815.3	468.9	404.8
7	444.4	514.4	768.5	18.10	30.6	52	920.2	402.6	477.1
8	294.9	535.5	751.4	25.20	31.3	51.2	771.9	317.8	474.8
9	201.6	540.4	742.2	19.80	35.4	49.1	555.3	274.1	456.7
10	114.3	497.4	733	42.60	38.4	47.2	388	345.7	426.5
11	76.9	467.5	707.4	69.80	38.4	44.8	278.2	409.9	427.6
12	69.2	436.6	606.3	75.30	37.4	41.8	209	400.9	430.4
13	59	453.9	544.7	56.60	35.1	37.7	230.8	336.7	469.9
14	54.3	474.3	547.6	45.70	36.3	34.3	550.1	326.8	489.8
15	53.4	430.8	549.1	40.50	35.7	32.8	835.5	303	417.3
16	55.2	400.8	575.9	36.40	34.3	32	788.2	376.5	393.4
17	59	381.9	605.8	31.60	35	31.3	610.1	397.3	374.6
18	60.3	404.3	604.9	26.80	36.5	36.6	412.9	314.5	393.9

19	60.4	435.4	552	22.80	37.9	40.2	287	328.8	422.3
20	57.7	447.9	468.9	19.60	40.2	40	211.2	402.9	452.2
21	51.5	444.3	441.6	18.10	41	41.5	422.7	482.3	440.7
22	45	442.5	462.3	17.40	38.7	42.3	795.8	813.3	449.5
23	42.7	417.3	472.4	16.50	39.4	41.5	1090.3	1499.1	397.7
24	44.2	398.4	404.6	20.30	42.9	40.3	1130.1	1972.3	405.9
25	34.7	402	324.4	46.80	44.8	39	1105.8	2000	373.2
26	16.4	408.2	310.9	86.60	46.6	37.7	898.1	2000	349.7
27	10.6	413.9	396.5	102.50	48.6	35.4	625.6	2000	330.2
28	12.9	380.7	298.9	89.80	52.3	32.8	460.8	2000	309.4
29	13.6	385.6	209.4	68.00	56.8	31.3	374.7	1825.5	302.5
30	13.6	403.3	255.5	51.30	57.4	30.2	315.5	1442.8	305.5
31	10.6	396.4	196	47.40	53.4	28.8	279.1	1406.4	282.6
32	26.1	429.5	194.1	69.50	54.2	27.5	261.5	1624.2	261.5
33	36.3	427.5	229.1	78.20	55	26.3	245.8	1584.2	243.1
34	37.7	426	217.4	71.80	53.8	25.5	221.8	1336.8	286.2
35	28.7	391.4	214.8	56.20	67.5	24.8	224.8	1237.7	295.3
36	27.2	356	212	44.20	72.4	22.5	303.2	1373.4	241.6
37	35.7	357.3	259.8	39.30	71.3	20.6	337.7	1034.6	287.6
38	34	379.3	321.8	35.60	71.6	20.3	310.9	785.1	397.8
39	88.4	367.2	365.4	31.80	67.7	21.1	266.3	965.5	393.4

40	257.3	386.2	408	28.00	63.1	21	227.4	1327.4	338.3
41	335.9	377.5	443.7	25.50	59.2	19.6	199	1833.9	275.6
42	338.1	381.9	429.3	23.40	54.2	17.3	247.7	1739.2	277.3
43	283.5	410.6	418.4	22.00	49	16.2	296.4	1416.8	269.3
44	210	424	405.8	29.60	48.2	17.7	304.7	1169.6	266.6
45	151.8	419.2	376.7	50.80	46.8	19.9	263.8	1216.2	319.8
46	133.5	404.1	369	67.60	44.7	21	227.2	1159.7	379.8
47	219	413	326.8	64.70	41.4	20	213.8	1315.6	447.4
48	250.6	451.4	354	51.50	38.7	41.5	206.4	1308.7	448.5
49	261.8	432.2	306.2	40.60	44.8	53.5	237	1252.7	470.1
50	291.9	413	291.9	33.30	62	49.4	316.9	983.5	424.8
51	417.9	417.5	273.7	29.00	81.5	40.8	348.3	908.5	400.5
52	707.3	405.3	292.7	26.70	103	32.9	335	842	416.3
53	746.4	376.5	287.3	23.70	116.5	27	511.9	770.8	392
54	685.9	379.2	324.3	21.80	111.6	22.5	707	687.6	354.5
55	873.8	408.1	319.3	20.20	96.1	21.5	691.9	615.1	302.4
56	1116.8	432.5	317	19.20	86.4	31	699.1	679.9	284.2
57	1169.1	458.4	279.6	18.60	82.9	36.4	678.3	719.9	287.9
58	937.8	474.3	277.3	18.00	79.7	35.6	620.4	795.1	298.5
59	884.9	463.4	351.1	16.60	74.2	33.2	501.5	997.6	344.3
60	919.5	455.1	374.3	15.60	70.3	31.6	418.6	1033.1	404

61	862.4	435.1	312.8	15.50	67	30.2	399	1003.8	391.3
62	760.6	430.7	258.2	16.60	64.9	27.6	365.4	1195.3	284.2
63	692.4	438.4	320.2	19.60	62.6	25.9	312.1	1110.3	245.3
64	687.5	434.8	389.1	25.00	59.1	24.5	272.6	1044.1	291.3
65	697.7	422.8	423.7	28.80	56.6	23.1	249	1050.9	286.6
66	760.5	408.8	446.2	29.30	56	21.8	244.9	1032.3	367.4
67	806.7	385.6	474.5	27.30	54.7	21.7	267.5	1146.4	382.7
68	768.5	435.4	398.9	26.80	56.7	21.2	325.3	1026.4	368.1
69	639.2	550.9	371.4	28.00	53.7		405.3	1019.4	342.6
70	606.9	630.2	344.5	27.80	50.2		435	894.5	466.3
71	702	575.1	349.4	24.50			573.3	767.8	418.8
72	752.5	613.9	480.4	22.60			831.7	679.9	326.2
73	797.2	656.2	502.8	21.90			887.2	649.3	332.5
74	860.9	710.8	475.5	21.50			760	675	317.9
75	864.5	795.7	441.5	21.30			669.6	885.9	259.9
76	828	856	365.3	24.10			604.7	980.2	227.2
77	902.2	905.6	308.4	26.20			564.5	851.9	295.2
78	886.7	924.9	310.7	24.40			599.5	771.5	300.5
79	904.3	922.6	349	21.70			1044.6	766.1	340.5
80	941.3	879.1	331.9	19.80			1794.6	672.6	296
81	1077.4	917.4	329.2	22.30			1999.7	748.3	306.9

82	1275.1	950.6	366.8	24.50	1865.4	800.1	326.6
83	1359.3	945.2	381.6	28.70	1783.3	826.3	326.9
84	1384.3	853.8	383.2	29.40	1743	732.3	286.4
85	1522.5	774	381.4	26.60	1576.8	659.4	252.3
86	1653.4	762.8	385.5	23.80	1379.1	489.7	270.9
87	1722.7	753.1	386.6	20.80	1288.6	413.6	297.6
88	1745.6	738.6	408.9	22.40	1121	420.4	305.5
89	1835	695	386.8	23.70	1125.8	428.6	291.2
90	1788.8	670.6	372.8	23.40	1091.8	487.9	250
91	1457.7	722.5	283.6	23.40	1267.3	534.4	226.3
92	1115.6	770.7	181.8	21.10	1383.6	533.4	203.6
93	858.6	789.9	122.1		1311.3	553	261.3
94	706.6	753.4	139.2		1355.3	507	300.3
95	793.5	652.9	201		1405.9	445.1	268.8
96	1042.7	589.6	218.3		1340.1	449.3	229.4
97	1199.3	543.6	248.1		1244.8	414.3	217.6
98	1323.9	553.2	227.5		1096.5	377.6	281.1
99	1327	625	158		1094.4	367.4	267.9
100	1224.6	709.9	186.8		1172.7	442.9	240.3
101	1184.6	787.6	191		1090	594.2	243.5
102	1405.2	941.4	151.4		910.7	658.3	266.6

103	1756.1	1006.5	189.3	771.1	583.4	276.2
104	1904.5	959.6	209.4	690.3	483.4	236
105	1848.8	862.1	255.9	686.1	445.1	201.9
106	1586.1	753.7	285	664.2	409.5	202.2
107	1320.1	679.3	286.8	596.9	431.6	221.5
108	1372.8	633.9	233.6	542.2	472	304.5
109	1555.5	655	244.7	487.5	426.5	306.7
110	1566.4	700.2	286.5	440.3	384.7	320.2
111	1309.4	677.2	285.7	393.5	415.3	310.2
112	1150.6	639.6	195	399.5	371.7	331.3
113	1049.5	623.2	124.5	431.3	360	339.3
114	963.5	570.8	140.6	433.3	437.4	345.2
115	861.6	517.6	213.5	394.9	435.1	352.2
116	759	519.8	230.8	357.3	459.7	310.1
117	721.5	532.8	199.3	338.2	455.1	260.3
118	827.1	531.3	171.3	317.7	408.6	349.1
119	914.6	527.6	179.3	281.4	359.4	547.9
120	965.6	510.6	184.5	243.5	350	503.2
121	1019.4	491.6	169.2	215.3	400.3	485.3
122	1047.7	487.7	184.4	246.6	361.5	427.8
123	1076.9	463.3	148.3	383.5	349.9	375.1

124	1078	435.2	153.2	518.5	427.4	330.3
125	1056.8	409.1	177	602	391.1	255.8
126	1064.5	393.2	168.3	611	297.7	248.2
127	1126.1	377.3	170.6	555.1	287.1	306.2
128	1181.4	339.5	187.4	484.6	309.8	347.2
129	1198.4	342.7	192.4	415.8	437.4	424.4
130	1163.6	369.9	185.4	340.5	445.1	443.6
131	1002	345.2	231.2	276.7	439.1	481.7
132	901.6	307.8	255.6	244.2	454	504.9
133	880.3	299.2	224.1	237.5	428.9	416.5
134	863.5	333.9	184.3	256.6	393.4	435.3
135	847	365.2	192.8	301.9	425.5	493.3
136	832.5	338.3	200.2	347.9	410.7	464.2
137	980	341.8	173.8	390.9	381.5	391.3
138	1123.4	366.8	217.6	394.9	353.6	345
139	1151.7	381.5	272.4	355.6	333.1	327.7
140	1196.5	373	324.2	325.8	327	334.7
141	1212.3	351.2	367	322.8	363.4	342.2
142	1220.9	343.9	378.5	376.8	506.5	331.6
143	1347.2	322.4	369.2	458.2	494.8	325.6
144	1395.7	317.7	359.7	487.2	433.3	297.7

145	1398.3	333.1	318.3	475.8	387.8	251.4
146	1409.8	346.4	281.3	453.7	364.8	219.3
147	1261.9	326.5	301.3	433.8	437.1	237.9
148	1221.6	302.7	297	415.8	588.1	294.9
149	1305.6	283.2	305.2	399.4	575.5	367.4
150	1336.5	267.3	264.3	354.6	490.7	418.9
151	1349.8	277.2	211.3	313.4	434	477.3
152	1335.4	271.3	187.5	283.1	364.4	508.3
153	1328.6	283.8	202.2	255.8	297	494.6
154	1214.1	283.3	187.4	223.8	259.7	498.9
155	1255.6	275.9	186.9	201.4	315.6	504.4
156	1377.9	255.5	207	205.2	381.5	582.7
157	1334.4	240.5	189.2	175	335.7	584.6
158	1118.5	253.3	223.6	104.5	366.9	481.8
159	940.3	280.9	238.4	292.2	446	504.1
160	869.2	289.7	236.5	384.5	449.9	464.1
161	825.3	295.5	207.8	507.5	435.6	315.9
162	857.3	242.6	271.8	494.6	362.7	270.5
163	910.4	203.2	259.5	421.6	369.9	320.6
164	838.3	193.5	247	353.4	368.3	398
165	929.5	197.8	231.7	311.1	413.4	495.9

166	1004.5	211.7	212.9	270.8	512.1	473.1
167	999.5	228.7	162.4	263.2	488.2	389.6
168	932.7	205	141.3	330.9	384.4	311.9
169	977.4	177.8	190	620.4	337	265.4
170	978.8	154.8	165.6	1561.8	338.4	241.2
171	974.1	139.2	174.6	2000	422.9	224.8
172	1161.1	132.3	192.1	2000	554	253.8
173	1262.2	157.2	194.4	2000	668.2	311.3
174	1176.6	193.6	196.8	1899.8	682.9	336
175	1070.7	201.4	223.9	1412	572	358.9
176	1045.7	213.8	272.7	1048.1	465.2	371
177	1030.4	232.9	315.7	812.7	457.3	340.2
178	1022.6	248.8	284.5	724.6	494.7	315
179	1125.5	257.7	226.2	695.8	478.8	320.9
180	1134.2	253.7	155.8	685.6	539.2	342.6
181	1018.7	246.2	128.2	669.1	651.6	323.7
182	922.5	242.6	146.9	657.2	545.9	267.7
183	808.3	231.8	141.1	660.2	516.4	267.1
184	777.1	218.4	151	944.9	555.7	230.7
185	852.4	200.1	205.1	1703.1	549.7	230.3
186	889.7	193.1	225.9	2000	549.6	225.7

187	843.7	187.6	199.4	2000	595.8	231
188	818.8	198.6	188.4	2000	606.3	233.5
189	798	202.1	235	1998	540.1	256.1
190	770.1	185.5	204.7	1880.3	535.5	405.6
191	714	169.9	153.6	1717.4	521.8	525.5
192	696.1	165.6	143	1431.7	511.4	511.2
193	727.7	169.3	135.4	1089.1	600.4	418.8
194	774.5	163.7	187	838.7	651.4	468.5
195	709.5	150.1	223.6	742.8	555.2	516.1
196	671.2	150.8	287.6	714.2	589	574.7
197	675.3	165.7	273.1	707.8	601.6	614
198	714.8	174.4	247.6	654	594.8	484.6
199	686.8	180.7	281.3	624.7	598.6	384.9
200	747.7	183.1	303.6	598	694.2	338.1
201	984.7	190.8	352.1	569.6	757.8	357.4
202	1282.2	197.9	314.1	481.1	826.5	379.5
203	1319.3	202.4	289.2	464.4	857.4	347.7
204	1112.8	205.5	252.9	451.9	772.5	367.8
205	1005.8	209.7	215.2	401.9	701.4	430
206	1031.9	207.8	260.3	346.3	644.7	464.9
207	1087.7	198.9	298.5	318.3	675.8	480.1

208	1115.8	204.5	299.3	323.1	644.1	473.7
209	1101.9	196.9	334.3	373.7	641.1	435.3
210	1110.7	183.5	344.5	309.7	727	435.3
211	1063.8	176.2	338.1	267.8	712.9	407.9
212	1026.8	168.5	238.9	277.5	646.3	386
213	1052.1	167.2	175.5	236.8	626.5	384.9
214	1123.1	162.9	140.5	211.5	582.5	404.8
215	1167.2	154.3	111.8	202.8	535.6	425.8
216	1203.6	137.9	139	203.2	605.5	416.8
217	1141.5	126.9	237.3	247.4	653.6	389.2
218	1060.4	133.7	254	774.9	620.4	406.3
219	1067.2	147.7	336.2	1243.9	565.4	392.1
220	1169.7	166.2	320.9	1039.7	584.6	338.1
221	1289.1	184.2	297.1	1021.1	682	382.6
222	1404.9	196.8	228.4	1049.8	586.9	398.5
223	1409.7	188.7	191.1	673.2	613.5	371.2
224	1378.8	172.6	186.8	416.8	650.1	421.9
225	1386.3	169.7	167	372.6	609.9	423.9
226	1417.5	177.1	134.6	413.6	554	358.5
227	1397.8	185.2	122.2	436.4	498.9	395
228	1544.4	196.7	107.9	414.9	555.7	346.5

229	1722	205	92.1	269	467.3	271.5
230	1862.3	208	93.5	264.9	533.2	224.7
231	1896.6	214.1	114.6	268.7	688.4	259.6
232	1712	223.4	129.1	209.1	683.3	357.3
233	1578.9	223.6	101.9	224.2	695.3	424
234	1457.9	219.8	102.3	222.7	734.4	479.4
235	1358.3	221.7	118.5	233.1	718.8	507.1
236	1376.4	211.9	149.6	273	698.5	434.1
237	1441.9	222	190.8	333.8	749.9	464.7
238	1324.5	224.8	174.1	289.1	759.6	442.3
239	1234.5	224.9	245.4	223	724	440.2
240	1182.5	209.1	279.8	222.9	682.5	352.2
241	1172.6	176	300.9	306.8	699.6	315.6
242	1193.6	165.8	289.5	500	750	287.9
243	1373.3	172	251.3	550.8	796.8	328.1
244	1609.2	179.2	251.6	602.7	728.9	452.4
245	1756.5	177.6	300.3	572	655.5	555.8
246	1871	168.5	297.2	598.7	690.8	529.6
247	1876.6	154.8	247.2	512.3	724.7	460.4
248	1780.9	159.8	204.7	458.7	704.4	400.3
249	1568.1	160.9	145	544.8	660.7	361

250	1326	159.3	176	577.7	687.9	392.6
251	1124.8	153.5	177.8	572.4	732.9	458
252	980	146.6	184.6	566.6	784.3	464.3
253	914.2	142.3	191.7	497.1	771.9	523.7
254	988	152.7	182.6	419.8	749	609.8
255	1084.6	148.9	149.9	383.9	748	599.7
256	1106.4	148.2	133.1	393.9	827.6	584.7
257	957.4	137.7	219.2	429.5	812.1	482.4
258	804.7	141.5	202.7	476	810.7	367.6
259	711.5	133.9	197.6	516.3	799.8	310.8
260	651.8	117.5	231.7	481	823.8	318.8
261	611.7	113.6	222.3	477.3	835.8	421.9
262	643.6	115.3	272.2	480.3	833.6	507
263	791.6	132.5	325.5	482.3	786.4	425.3
264	982.1	140.2	344.3	455	812	322.2
265	1147.9	133.7	319.5	431	999.6	322.7
266	1306.8	133	227.1	426.2	1091.3	435
267	1493.3	135.2	173.3	437.1	1082.7	445.2
268	1655.8	139.6	162.6	466	1082.9	359.6
269	1689	147.6	214.9	458.8	1011.8	490
270	1741.3	160.6	297.6	421.7	1088.1	553.2

271	1684.5	169.6	277	396.1	1067.5	533.1
272	1523.2	173.7	230.3	397.3	1002	484.3
273	1320.3	162.8	192.7	391.2	1126.8	474.9
274	1161.4	157.2	226.4	447.9	1189.8	383.4
275	1030.4	165.9	277.9	499.6	1024.5	327.4
276	965.4	178.3	214.7	509.3	891.8	274.4
277	1030.4	186.5	152.5	437.2	964.9	242.1
278	1212.9	192.1	150.3	374.5	1103.3	330
279	1455.5	218.4	152.2	417.4	1108.8	461.9
280	1611.5	254.4	169.9	402.4	1091.9	366.8
281	1743.3	267	140.4	316.6	1045.9	308.7
282	1915.1	255.4	127.8	298.5	1094.4	381.4
283	1986.5	253.4	149.7	319.1	1108.5	433.2
284	1914.7	264.4	164.5	295.3	889	547.9
285	1951.5	245.8	159.3	296.8	783	545.8
286	2000	225	135.1	288.9	850.1	430.1
287	2000	229.4	113.2	304.5	876.8	389.8
288	1899.9	249.1	141.8	350.5	873.4	315.1
289	1672.3	247.4	162.3	473	827	290.5
290	1489.2	251.5	167.3	453.2	840.4	371.9
291	1527	265.3	178.4	355.4	829.3	377.2

292	1650.5	250.1	143.9		329.3	791.1	338.8
293	1772.7	207.4	91.1		362	759.2	267.2
294	1857	190.2	87.3		412.6	693.2	244.9
295	1932.9	183.3	84.9		413.4	619	217
296	1951.8	179.7	89.3		397.3	584.8	202.1
297	1964.9	189.1	72.8		428.5	647.3	229.9
298	2000	200.9	76.3		432.1	645.9	266.9
299	2000	197.8	80.2		414.9	650.6	293.5
300	2000	204.3	128.4		387.1	662.8	319.9
301	2000	203	155.2		473.3	639.5	317.6
302	2000	193.1	192.8		450.4	567.9	309.6
303	2000	180.8	131.7		419.8	525.1	253.8
304	2000	166.8	126.8		437.7	537.3	226.6
305	2000	160.5	161.8		463.4	595.4	234.5
306	1969.9	145.9	187		457.7	657.7	245.6
307	1778.6	141.3	177.3		429.1	701.2	271.9
308	1611.1	143.1	185.5		433.1	787.7	238.1
309	1659.2	137.4	191.3		445.4	654.2	212.7
310	1917.3	151.3	194.1		487.4	497.4	207.8
311	2000	141.2	248.1		483.2	428.4	232.4
312	2000	133.6	225.9		420.7	395.6	241.9

313	2000	122.4	151.4	524.1	446.1	247.6
314	2000	119.8	107.1	555	561.1	266.1
315	2000	132	94.7	451.7	535.1	300.8
316	2000	157.6	77.3	406	495.6	270.5
317	1956.7	167.8	130.4	403.8	496.7	250
318	1775.6	182.8	122.7	397.6	546.9	231.4
319	1650.7	186	128.8	368.9	577.9	222.2
320	1634.3	188	167.5	357.9	437.1	288.5
321	1580	187.8	169.5	391.4	328.2	387.6
322	1447.8	178.4	214.3	353.7	389.2	479.1
323	1387.2	196	193.6	381.4	481.5	575.2
324	1318.9	201	146.9	488.5	433.2	530.3
325	1270.8	193.6	155.7	501.7	438.4	467.4
326	1187.3	202.3	108.4	471.2	489.8	371.3
327	1075.3	187.4	75.8	433.7	474.6	340.3
328	993	171.1	57.5	417.9	467	330.6
329	976.5	149.4	31.9	400.1	464	379.9
330	989	141.3	52.9	466.7	516.6	359.9
331	928.1	141.1	66.5	480.5	439	326
332	889.3	141.2	85.2	472.7	416	314.9
333	933.6	142.5	116.3	455.2	470.5	269.5

334	943.4	155	148.8	476.7	494.9	277
335	972.3	148	263.1	461.2	452.2	376.6
336	972.6	142.9	319.2	430.4	444.8	401.2
337	964.9	143.6	289.4	464.5	406.5	359.1
338	949.9	158.1	342	449.9	400	306.4
339	945.2	166.6	289	414.3	368.7	314.9
340	909.4	163.3	217.1	390.4	429.2	310.7
341	864.4	151.3	143.4	358.5	416.2	244.5
342	879.2	134.3	157.5			
343	924.3	136.4	169.6			
344	874.7	146.8	165.5			
345	778.5	165	198			
346	720.5	177	260.9			
347	720.4	171.4	214			
348	740.8	162.9	162.4			
349	800	162.1	143.5			
350	863.3	159.6	156.6			
351	864.4	150	158.9			
352	824	146.2	196.2			
353	813.7	140.5	183			
354	769	141.6	120.8			

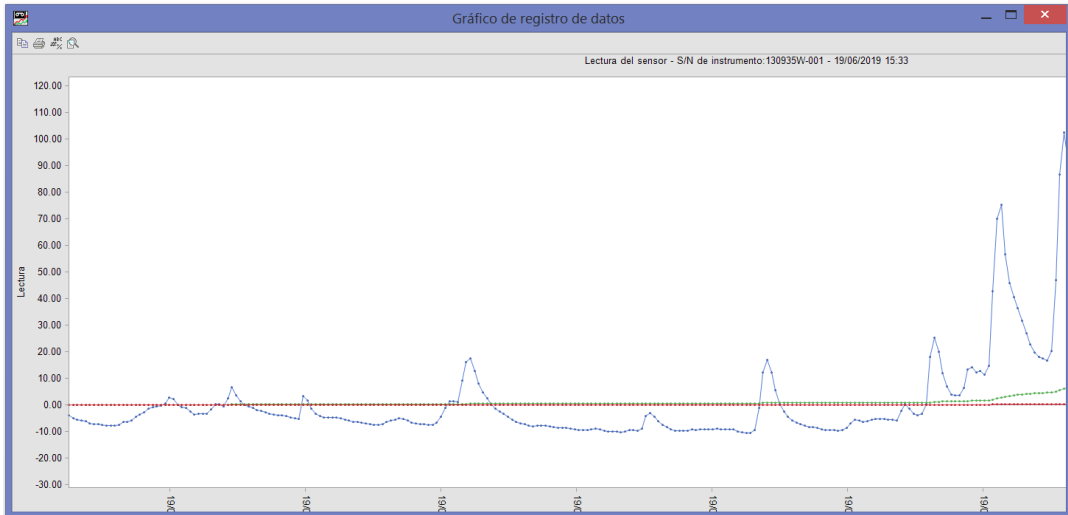
355	777	139	133.9
356	794.5	138.2	169.8
357	827.7	143.9	146.1
358	846.6	146.4	132
359	809.9	144	129.1
360	811	151.1	123.7
361	858.6	151.5	164
362	913.9	151.7	187.2
363	942.5	155.7	169
364	974.7	192.8	100.4
365	965.6	254.2	82.1
366	940.3	231.5	120.7
367	879.2	223.3	195.2
368	810.8	280.3	264.3
369	748.4	376.9	309.4
370	729.7	435.3	283.9
371	682.3	458.5	231.9
372	687.7	466.8	159.5
373	699	516.6	113.5
374	680.9	667.2	77.5
375	643	722.5	70.7

376	673.1	676	273.2
377	690.4	635.9	64.6
378	716.1	721.9	49.2
379	750.9	857.2	48.5
380	765.7	901.5	33.4
381	701.2	925.3	55.1
382	722.5	994.4	54.9
383	737.4	997.2	59.4
384	736	1011.3	91.1
385	777.8	1096.9	98.4
386	741.7	1198.3	136
387	653.8	1239.5	172.5
388	638	1279.6	186.3
389	653.4	1228.6	141.6
390	626.9	1006.8	89.3
391	602.6	782.6	52.6
392	591	924.9	64.2
393	584.1	1060.8	104.2
394	566.7	1143.6	102.5
395	573.3	1094.9	107
396	540.4	1104.7	149

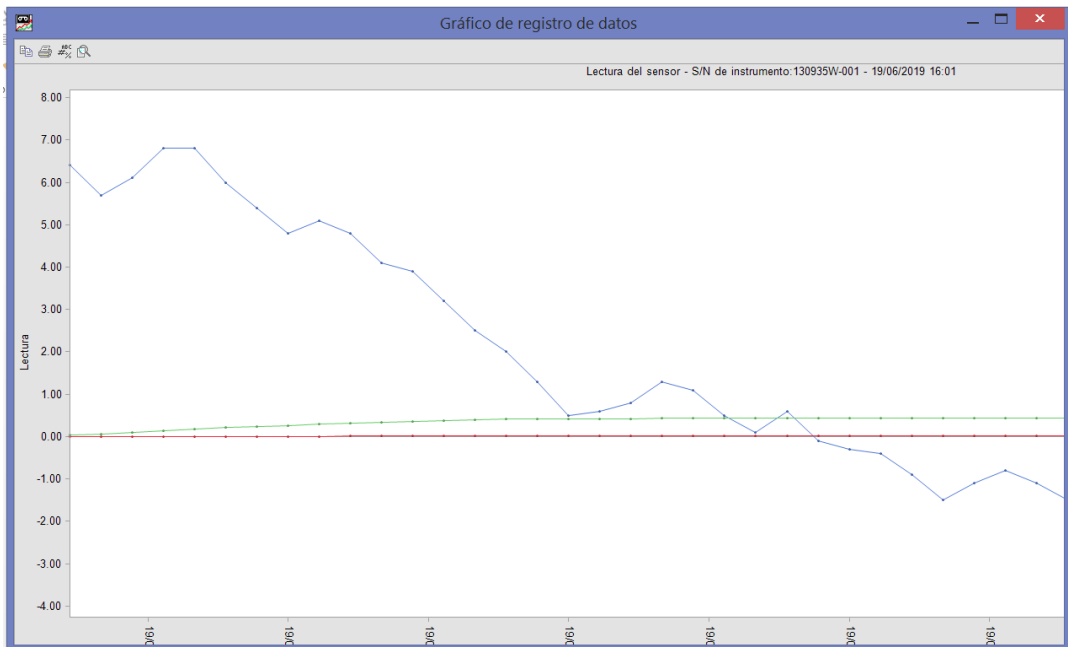
397	534.6	1107.5	141.6						
398	571.8	1081.6	141.2						
399	573.9	992.4	156.2						
400	555.9	1040.4	151						
401	547.5	1088.2	145.8						
402	568.9	1041.1	136.7						
403	539.6	1017.1	162.7						
404	536.3	995.7	207						
405	552.7	857.4	243.2						
406	546	872.1	232.2						
407	532.5	819.7	221.4						
408	507	725.4	179						
409	502.8	786.9	163.9						
410	494.2	873.3	100						
411	497.5	913.5	48.1						
412	537.2	911.6	20.2						
Promedio	1005.30	381.03	239.44	32.81	53.35	33.62	570.55	673.81	361.33

5.4 Gráficas de las muestras de metilacetato

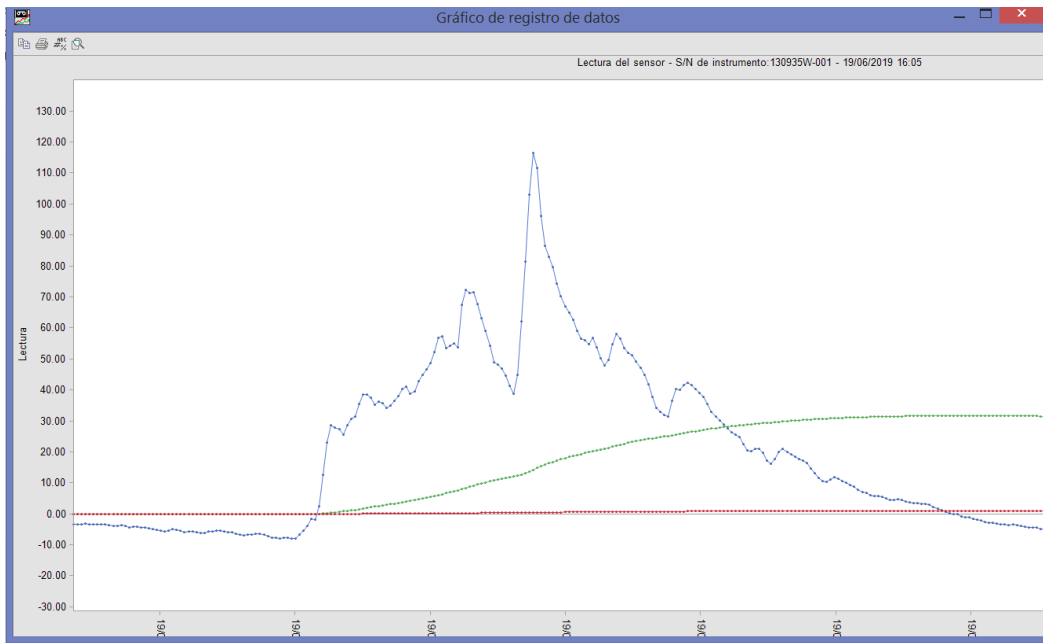
Lunes



Martes

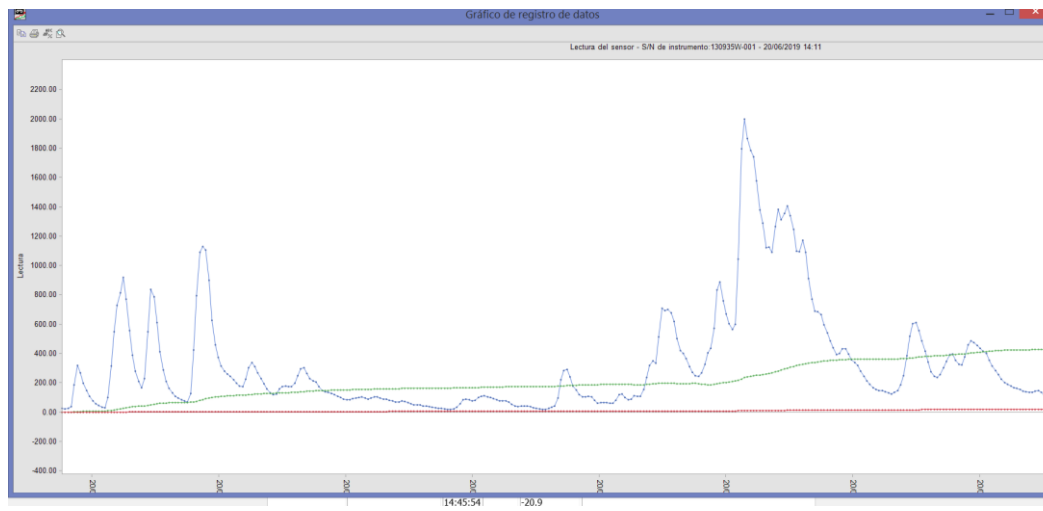


Miércoles

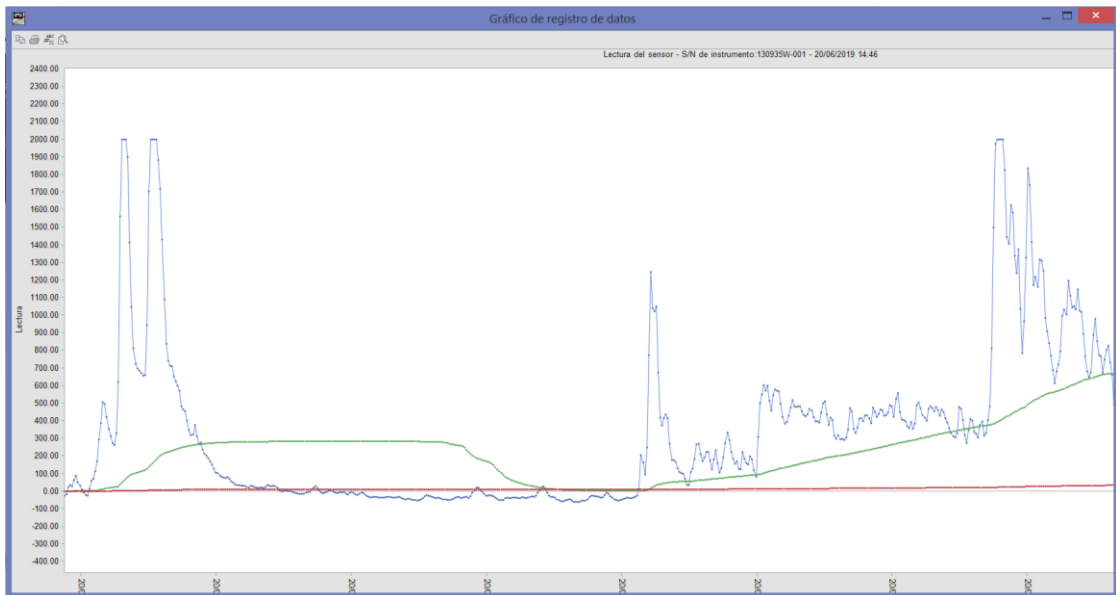


5.5 Gráficas de las muestras de ciclohexanona

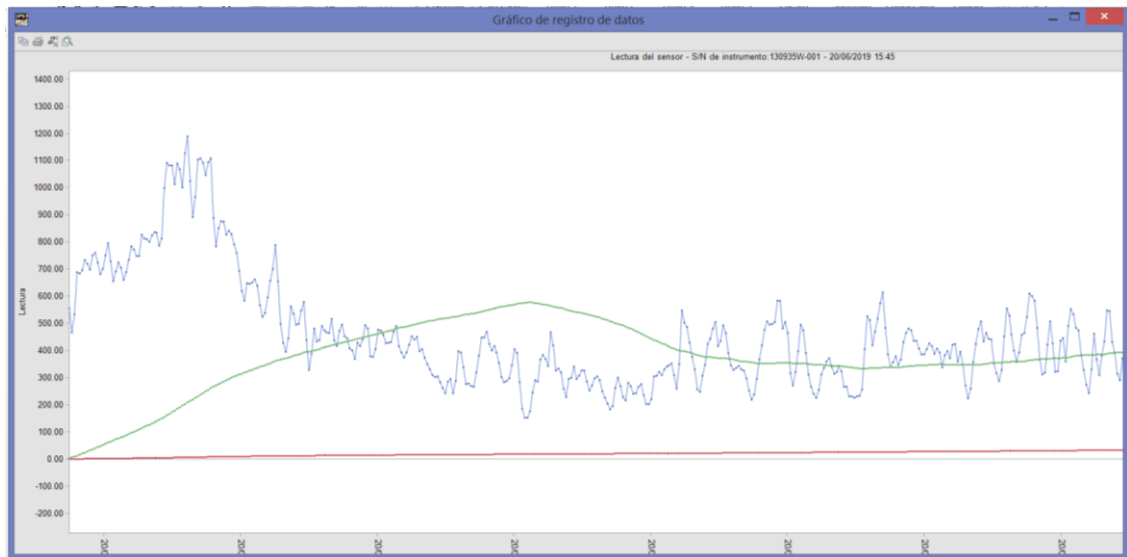
Lunes



Martes

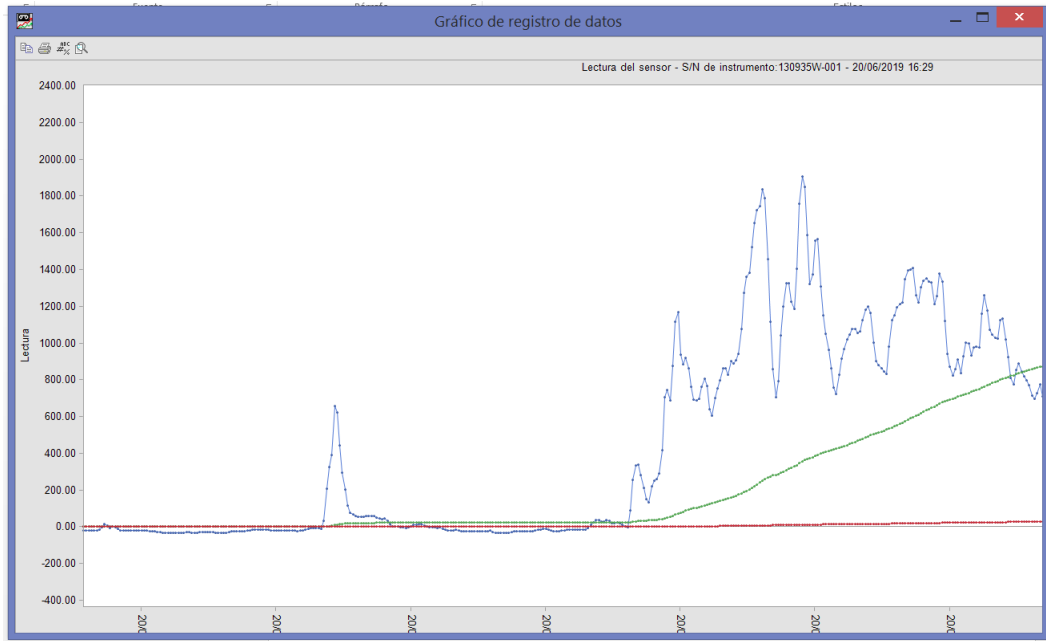


Miércoles

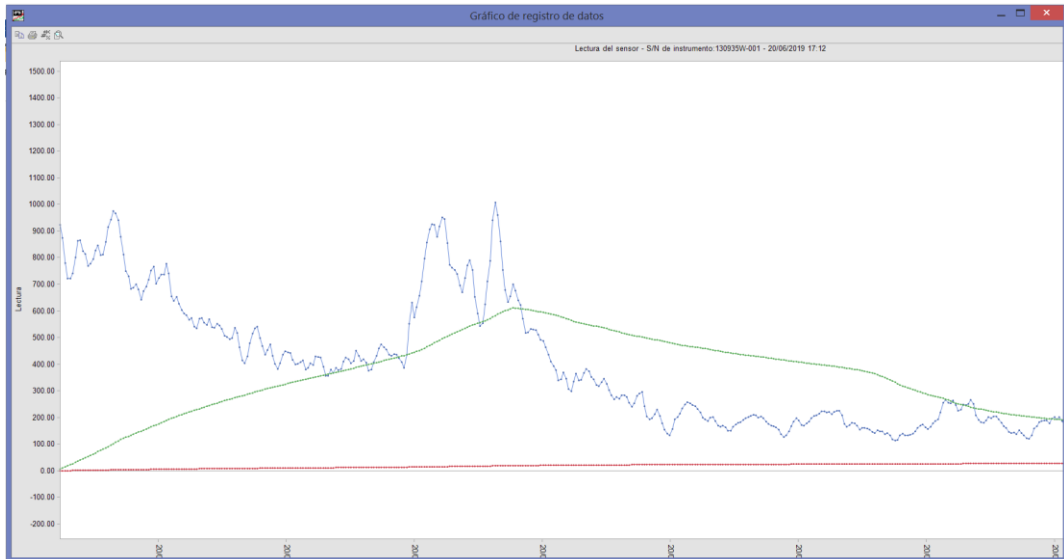


5.6 Gráficas de las muestras de butanol

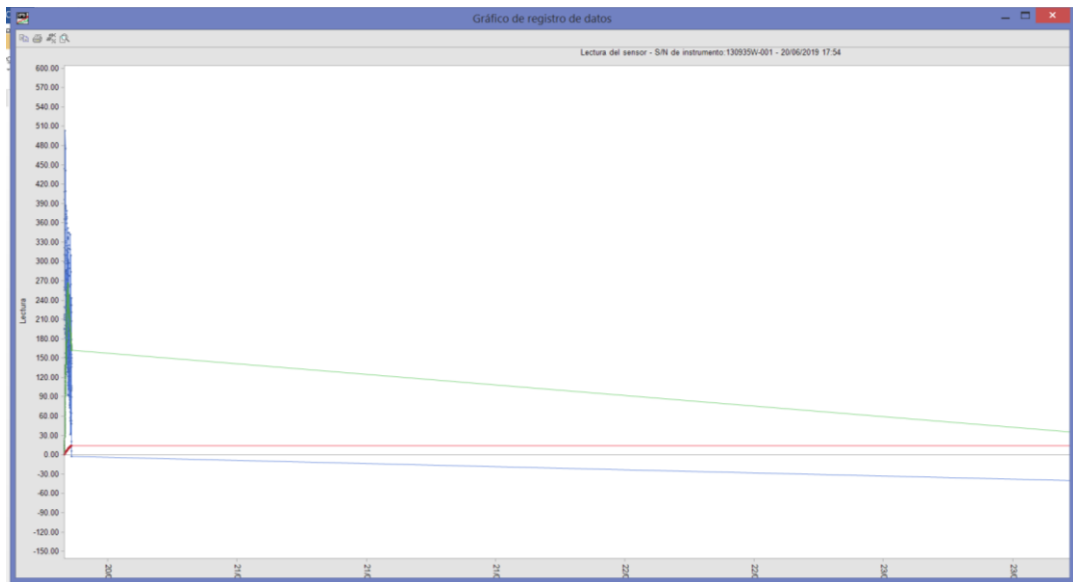
Lunes



Martes



Miércoles



5.6 Resultados para la determinación de un caudal para una ventilación por dilución

Identificación del puesto de trabajo: PINTURAS
 Empresa: TALLERES ALTAMIRANO

Resultado
Imprimir

Caudal requerido de ventilación: $Q = 18.697 \text{ m}^3/\text{h}$

Datos partida
Modificar datos de partida

		Componente 1	Componente 2	Componente 3
Composición	W=	50 %	25 %	25 %
Tasa de evaporación total	$E_t =$	1,9 l/h		
Peso molecular	M=	74,1 g/mol	98,1 g/mol	74,1 g/mol
Densidad	d=	0,81 Kg/l	0,95 Kg/l	0,93 Kg/l
Velocidad de generación del vapor	G=	$0,25 \text{ m}^3/\text{h}$	$0,11 \text{ m}^3/\text{h}$	$0,14 \text{ m}^3/\text{h}$
Concentración en el equilibrio	$C_{eq} =$	20,00 ppm	20,00 ppm	200,00 ppm
Concentración de entrada	$C_{en} =$	0,00 ppm	0,00 ppm	0,00 ppm
Factor de seguridad	K=	1		
Caudal requerido para cada componente:	Q=	$12.461,54 \text{ m}^3/\text{h}$	$5.519,88 \text{ m}^3/\text{h}$	$715,38 \text{ m}^3/\text{h}$

El RD 486/1997 establece una ventilación mínima de $30 \text{ m}^3/\text{h}$ x trabajador para tareas sedentarias y $50 \text{ m}^3/\text{h}$ x trabajador para tareas no sedentarias, que debe cumplirse necesariamente en cualquier lugar de trabajo.

Figura 10. Caudal para una ventilación por dilución

5.8 Fotos de la parte experimental



Figura 11. Utilización del equipo iBRiD MX6 en el área de pintura

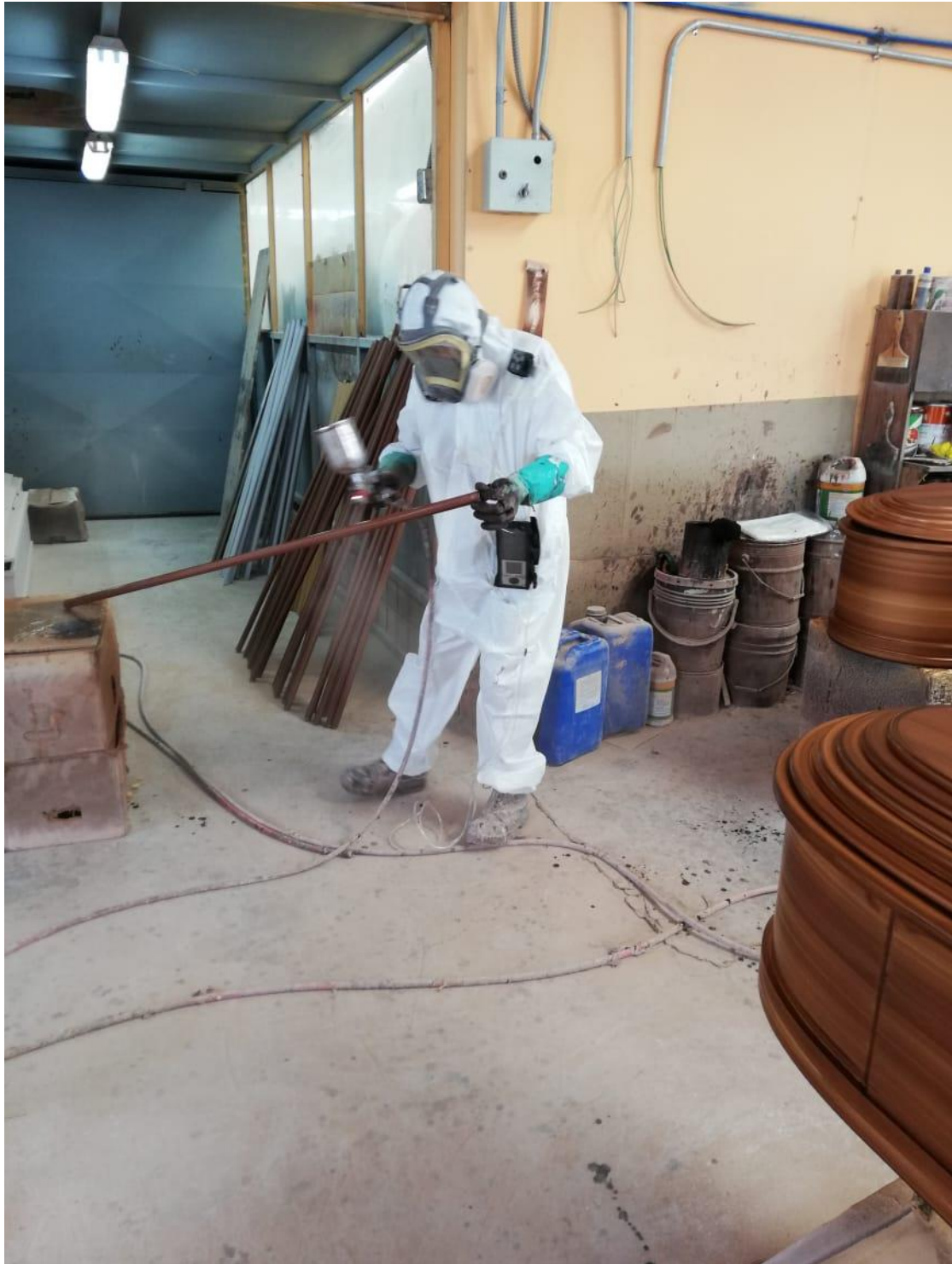


Figura 12. Operario utilizando el equipo iBRiD MX6



Figura 13. Operario expuesto a la contaminación por COV's