



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

“ESTUDIO DE SISTEMA DE VENTILACIÓN FORZADA PARA  
DILUCIÓN DE HUMOS METÁLICOS DE SOLDADURA EN  
INTERIOR DE PILOTES HINCADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DEL  
TERMINAL PORTUARIO GENERAL DE SAN MARTÍN”

Tesis para optar al grado académico de:  
MAESTRO EN SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

Presentado por:

Andrés Eduardo Bello Suazo (0000-0003-2649-9666)

Jean Carlo Reyes Pinedo (0000-0002-7094-0992)

Asesor:

Juan Carlos Palomino Baldeón (0000-0001-7870-5391)

Lima – Perú

2021

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Lima, 18 de febrero del 2021.

Los integrantes del Jurado de tesis:

Presidente: Médico Especialista, José Wagner López Revilla
Miembro: Maestro, Fermín Paúl Ruíz Gutiérrez
Miembro: Maestro, Eddy Roberto Segura Paucar

Se reúnen para evaluar la tesis titulada:

Estudio de sistema de ventilación forzada para dilución de humos metálicos de soldadura en interior de pilotes hincados en la construcción del terminal portuario general de San Martín

Presentada por los bachilleres:

- Andrés Eduardo Bello Suazo
- Jean Carlo Reyes Pinedo

Para optar el grado de Maestro en Seguridad y Salud en el Trabajo

Asesorada por: Maestro, Juan Carlos Palomino Baldeon

Luego de haber evaluado el informe final de tesis y evaluado el desempeño de los bachilleres en la sustentación, se concluye de manera unánime (X) por mayoría simple ( ) calificar a:

Tesisista: Andrés Eduardo Bello Suazo			Nota (en letras): Catorce
Aprobado (X)	Aprobado - Muy buena ( )	Aprobado - Sobresaliente ( )	Desaprobado ( )
Tesisista: Jean Carlo Reyes Pinedo			Nota (en letras): Catorce
Aprobado (X)	Aprobado - Muy buena ( )	Aprobado - Sobresaliente ( )	Desaprobado ( )

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.



**Med Esp, José Wagner López Revilla**  
**Presidente(a) del Jurado**



**Maestro, Juan Carlos Palomino Baldeon**  
**Asesor(a)**



**Maestro, Fermín Paúl Ruíz Gutiérrez**  
**Miembro 1**



**Maestro, Eddy Roberto Segura Paucar**  
**Miembro 2**

**Estudio de sistema de ventilación forzada para dilución de humos metálicos de soldadura en interior de pilotes hincados en la construcción del terminal portuario general de San Martín, 2020.**

*Study of forced ventilation system for dilution of welding metal fumes inside piles nailed in the construction of the general port terminal of San Martín, 2020.*

Andres E Bello; Jean C Reyes; Juan Carlos Palomino-Baldeón

Facultad de Ciencias de la Salud; Universidad Científica del Sur. Lima. Perú.

Fuentes de Financiamiento

La presente investigación fue autofinanciada.

Declaración de Conflictos de Interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés

Autor Corresponsal

Juan Carlos Palomino-Baldeón

Av. José Faustino Sánchez Carrión 740.

Magdalena (código postal:15076).

Lima-Perú

## AGRADECIMIENTOS

A los autores les gustaría agradecer a la empresa: CCPSM Consorcio Constructor del Puerto de San Martín y MSA, por proporcionar las instalaciones, autorización para realizar el estudio y apoyar con los equipos que ayudaron a la toma de muestras y cuidado de los trabajadores

## RESUMEN

El estudio de la implementación del sistema de ventilación forzada para la dilución de humos metálicos resulta fundamental para el diseño de controles de seguridad y prevención de riesgos en los trabajos de soldadura en espacios reducidos como es el interior de pilotes metálicos de cimentaciones en el mar. El objetivo de este estudio fue determinar la diferencia de concentraciones de humos metálicos de soldadura con la implementación de ventilación forzada en soldadura en interior de pilotes hincados en la construcción del terminal portuario general de San Martín. En este trabajo se analiza las concentraciones obtenidas en 8 pilotes a través de un muestreo no probabilístico y por conveniencia, las cuales se obtuvieron colocando una bomba gravimétrica de succión durante la soldadura, la cual retuvo el agente químico emanado de los humos metálicos. El estudio puede resultar de interés tanto para técnicos e ingenieros de prevención de riesgos laborales.

Palabras clave: Humos Metálicos; soldadura; Ventilación Mecánica o Forzada; pilotes.

## ABSTRACT

Study of forced ventilation system for the dilution of metal fumes is fundamental for the design of safety controls and risk prevention in welding work in confined spaces such inside interior of metal piles nailed in sea works. The objective of this study was to determine the difference Metal fumes concentration of welding with the implementation of forced ventilation inside piles in the construction of the San Martin general port terminal. This work analyzed the concentrations obtained in 8 piles through a non-probabilistic sampling and for convenience, the samples were obtained by placing a gravimetric suction pump during welding, which retained the chemical agent emanating from metal fumes. The study may be of interest to both risk prevention labors technicians and engineers.

Keywords: Metallic fumes; welding; Mechanical or Forced Ventilation; piles

## 1. INTRODUCCIÓN.

El sustento técnico para la implementación de medidas de seguridad y control de riesgos resulta esencial para el diseño e implementación de mecanismos que contribuyan a la eliminación de peligros en trabajos con riesgos significativos.

En los trabajos de soldadura, las concentraciones de gases y metales emitidos depende de muchos ajustes como el tipo de soldadura (Flynn & Susi, 2009), el material a soldar, la composición de los electrodos usados, el voltaje y corriente durante los trabajos (Zukauskaitė, Mickeviciene, Kamauskaitė, & Turkina, 2013); estos humos de soldadura pueden contener metales peligrosos como manganeso, níquel, cromo, cobalto y plomo, así como también puede generar otros contaminantes en fase gaseosa dentro de los cuales los más conocidos incluyen anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>), anhídrido carbonoso (CO), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y ozono (O<sub>3</sub>). (Westerdal, Rights, & Copyright, 1991)

Se ha demostrado que las afecciones que se pueden presentar en estos trabajos son muy diversas desde efectos a corto plazo como la fiebre por humos de metal, la fiebre del soldador, intoxicaciones y asfixia química, las cuales podrían considerarse como accidentes (Español, Valero, & García Castrillo, 2002), así como también las que tendrían efectos a largo plazo provocando enfermedades profesionales (Perú, 2008) que podrían incluir efectos sensibilizantes, cancerígenos y teratógenos. (Perú, 2005)

En los trabajos de preparación de la cimentación del muelle, los pilotes tubulares de acero hincados en mar reciben un tratamiento para mejorar la rugosidad entre el pilote y tablero del muelle, mediante la soldadura de anillos interiores en el extremo superior

del pilote la cual produce el efecto de acuíñamiento entre el acero y el concreto (Harsem, 2005), por lo cual, soldadores deben ingresar dentro de los pilotes y realizar el trabajo de soldadura, generándose con este tipo de actividad una condición ambiental de trabajo adversa, al cargar la atmosfera interior con humos producidos por el propio proceso de soldadura.

De acuerdo con la estadística de accidentes 2019 del Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo de Perú para el primer semestre del 2019 se han reportado 11 notificaciones por asfixia y 97 notificaciones por intoxicaciones por sustancias químicas. (Estadística de Accidentes por Actividad Económica - Notificaciones Estadísticas \_I\_SEMESTRE\_2019, n.d.)

Implementar un sistema de ventilación forzada, tiene como objetivo fundamental disminuir la concentración de humos metálicos en el interior de los pilotes durante la soldadura, por lo que debe contribuir a mantener un entorno de trabajo con menor exposición al riesgo.(Cavallé Oller & Hernández, 2004)

El objetivo de este trabajo fue determinar la diferencia de concentraciones de humos metálicos de soldadura con la implementación del sistema de ventilación forzada para dilución de humos metálicos de soldadura en interior de pilotes hincados en la construcción del terminal portuario general de San Martín de esta forma conocer cuál es su aporte en la reducción del riesgo del trabajo.





Figura 1: Sistema de Ventilación Utilizado

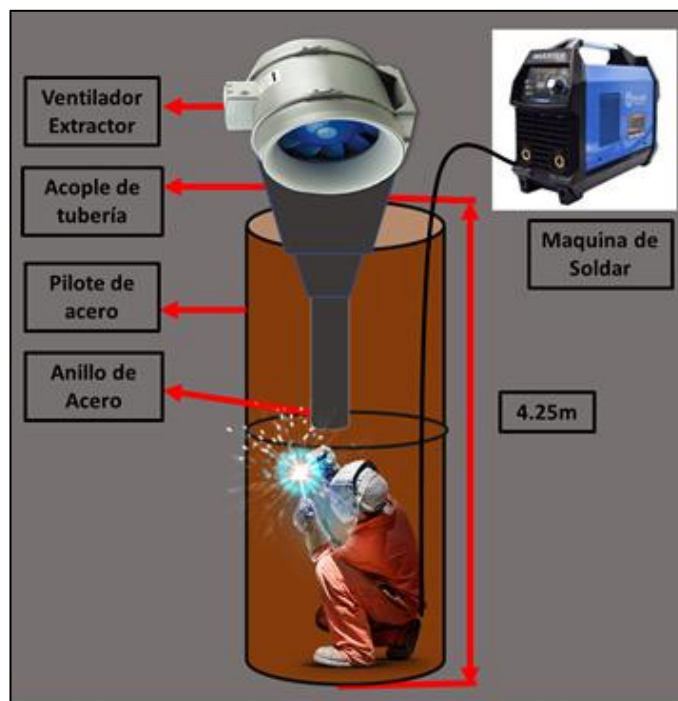


Figura 2: Sistema de Ventilación Utilizado

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1. Contexto, diseño y criterios de elegibilidad de la población

El sistema de ventilación implementado consiste en la colocación de un ventilador extractor, en la parte superior del pilote hincado, al cual se le ha adaptado un acople de tubería, la cual esta direccionada a la altura de la cabeza del soldador que realiza la soldadura en el interior del pilote, este ventilador ha sido colocado sin sellar la apertura de ingreso del acople del ventilador tal como se muestra en las figuras 1 y 2. En este proceso solo se realiza la extracción de los humos metálicos generados, no se ha contemplado la inyección de aire. Las alturas dentro de las cuales se generan los humos metálicos están comprendidas entre 1 m y los 4.25 m.

El presente estudio aplicativo corresponde a un diseño cuasi experimental del tipo pre-post, en el cual se evaluarán los niveles de humos metálicos sin el uso del sistema de ventilación y con el uso del sistema de ventilación en el interior de pilotes hincados. La metodología utilizada para el monitoreo de campo y el análisis químico es la especificada para evaluaciones de higiene ocupacional en ambiente de trabajo señalado por el “National Institute for Occupational Safety and Health”. +NIOSH 7301, ELEMENTS by ICP (humos metálicos).(Argon & Emission, 2003)

Realizamos un estudio transversal con dos tratamientos, con y sin ventilador extractor, de cuatro repeticiones cada uno, en 8 pilotes, durante el mes de enero del 2020. La población objetivo es finita, con un universo de 720 pilotes hincados

en el puerto General de San Martín. Los criterios de elegibilidad responden a las siguientes características: Pilotes de acero de 30 metros de largo con un diámetro de 914 mm, Método de soldadura usado por arco eléctrico, electrodo SUPERCITO AWS E 7018, costo del muestreo por pilote estudiado.

## **2.2. Muestreo, tamaño de la muestra y variables de estudio**

El tipo de muestreo usado fue no probabilístico por conveniencia. Para lo cual se tuvo en cuenta los criterios de selección de la muestra, dado que no existían razones fundamentales que diferenciarán a los 8 pilotes que se encontraron accesibles para el muestreo, de los que conformaban el total de la población; debido a que todos los pilotes que conformaban la población en estudio tenían las mismas características, esto sustentado con las pruebas de calidad, los requisitos del expediente técnico del proyecto, diseño de los anillos de refuerzo soldados y los certificados otorgados de estas pruebas, tales como dimensiones (720 pilotes de 30 metros de largo con un diámetro de 914 mm. e igual diseño), peso 13 873 kg, composición química similar, pruebas de ultrasonido, pruebas de fuerza y resistencia a determinado impacto con parámetros similares.

El tiempo limitado para realizar el estudio (Debido al proceso constructivo) y el costo asociado para determinar las concentraciones de humos metálicos por cada pilote a muestrear que es relativamente elevado (Alonso, 2012), fueron factores determinantes para la selección del número de muestras, como consecuencia al elevado costo y a la disponibilidad de tiempo se eligió de forma

conveniente trabajar con un tamaño de muestra igual al 1%, considerando que todos los pilotes que comprenden la población de estudio tiene las mismas características y por consiguiente una población homogénea, destacando que el objetivo de estudio son las concentraciones de humos de soldadura generadas durante la soldadura de anillos en el interior de los pilotes y no centrándose en la población de pilotes.

$$720 \times 0.01 = 7.2 \approx 8 \text{ Pilotes Hincados}$$

Variable independiente en el estudio es la Concentración de los niveles de humos metálicos y Variable de dependiente la colocación del mecanismo de ventilación.

### **2.3. Instrumento de medición**

En la obtención de muestra, se consideran dos tipos de personal involucrados:

Personal Tercero (Contratado para determinar las concentraciones de humos metálicos): Profesional técnico de la empresa especializada, responsable de instalar, en un lugar seguro y antes que se inicie los trabajos, los equipos de muestreo al soldador, garantizando que la instalación y calibración previa se realice de manera correcta (INSHT, 2006). Posterior a la toma de muestra, retira los equipos instalados y almacena los filtros para enviarlos a laboratorio para su análisis.

Soldador que llevará la bomba de succión y filtro para muestra: Personal de la empresa Consorcio Constructor Puerto de San Martín, quien tiene a cargo la tarea de soldadura de anillos interiores como parte de sus funciones. Para la

toma de muestra es necesario instalar el equipo de medición en ellos, el cual por sus dimensiones no obstruye o modifica su desempeño.

Los equipos que se emplearon durante el monitoreo fueron como se muestra en la figura 3:

Bomba de muestreo:

- Marca: Gilian Modelo: Gilair-3 Serie: 20181201003

- Marca: Gilian Modelo: Gilair-3 Serie: 20181201004

- Marca: Gilian Modelo: Gilair-3 Serie: 20190101007

Calibrador de bomba de muestreo:

- Marca: TSI Modelo: 4146 Plus N° Serie: 41461346027

Material adicional para la toma de muestra:

Soporte de filtro. Disco y soporte de celulosa de 37 mm de diámetro, que garantice la distribución uniforme del paso de aire durante la toma de muestras.

Porta filtros o cassette de poliestireno de 2 ó 3 cuerpos, de 37 mm de diámetro, en los que se coloca el filtro sobre el soporte de celulosa.

Tubo flexible de polietileno de 6.4 mm de diámetro interior y de 1 metro de longitud.

Un medidor de Flujo que permita determinar el caudal.



Figura 3: Instrumentos de Medición

Tabla 1: NIOSH 7301 (Humos metálicos)

Parámetro evaluado	Nº CAS (Chemical Abstracts Service)	Técnica Analítica / Método de Referencia
Humos metálicos	Plata	7440-22-4
	Aluminio	7429-90-5
	Arsénico	7440-38-2
	Bario	7404-39-3
	Berilio	7440-41-7
	Calcio	130578-8
	Cadmio	7440-43-9
	Cobalto	7440-48-4
	Cromo	---
	Cobre	7440-50-8
	Hierro	1309-37-1
	Potasio	---
	Litio	---
	Manganeso	7439-96-5
	Níquel	7440-02-0
	Fosforo	7723-14-0
	Plomo	7439-92-1
	Antimonio	7440-36-0
	Selenio	7782-49-2
	Estaño	7440-31-5
Estroncio	---	
Titanio	---	
Talio	7440-28-0	
Vanadio	---	
Zinc	1314-13-2	

Espectrofotometría de Absorción Atómica con Flama.  
NIOSH Nº 7301

### 3. PARÁMETROS EVALUADOS

La metodología de análisis de los contaminantes químicos evaluados se muestra a continuación en la tabla número 1, los metales medidos en esta tabla corresponden a los indicados en la hoja de datos de Seguridad de los materiales o hoja MSDS (Material Safety Data Sheet) del electrodo de soldadura (SUPERCITO AWS E 7018.)(Soldexa, 2017).

Los resultados hallados en el laboratorio por la espectrofotometría de absorción atómica muestran solo las concentraciones halladas por encima del límite de detección de la prueba, las cuales se detallan en las tablas 2 y 3.

**Tabla 2:** Resultados de laboratorio

Concentraciones encontradas para las muestras sin la implementación del sistema de ventilación					
Código de la muestra		P-E-32 CONCENTRACIÓN (mg/m3)(Peso / Volumen)	P-F-31N CONCENTRACIÓN (mg/m3)(Peso / Volumen)	P-F-31D CONCENTRACIÓN (mg/m3)(Peso / Volumen)	P-F-29-01 CONCENTRACIÓN (mg/m3)(Peso / Volumen)
Humos metálicos	Aluminio	0.058000000	0.082250000	0.040000000	0.146750000
	Cobre	0.016075000	0.017850000	---	0.121666667
	Manganeso	1.371666667	1.722500000	0.265166667	4.631666667
	Zinc	0.010458333	0.016658333	---	0.041975000

**Tabla 3:** Resultados de laboratorio

Concentraciones encontradas para las muestras con la implementación del sistema de ventilación					
Código de Muestra		P-F-32 CONCENTRACIÓN (m g/m3)(Peso / Volumen)	P-D-32 CONCENTRACIÓN (m g/m3)(Peso / Volumen)	P-F-29-02 CONCENTRACIÓN (m g/m3)(Peso / Volumen)	P-D-31 CONCENTRACIÓN (m g/m3)(Peso / Volumen)
Humos metálicos	Aluminio	0.066250000	0.056000000	0.296000000	---
	Cobre	0.047150000	0.036275000	0.259333333	0.021216667
	Manganeso	1.773333333	1.654166667	8.516666667	1.114166667
	Zinc	0.014191667	0.008133333	0.114750000	0.006130000

(---): Valores por debajo del límite de detección de las pruebas de laboratorio.

En el análisis de laboratorio, los límites de detección del método nos muestran concentraciones significativas para solo 4 metales (Aluminio, cobre, manganeso y Zinc), el resto de los metales estudiados de acuerdo a la hoja de seguridad del electrodo SUPERCITO AWS E 7018 se encuentran por debajo del límite de detección del instrumento de medición, por consiguiente, el análisis estadístico que determinará si la aplicación del sistema de ventilación empleado es determinante en la dilución de estos humos metálicos, centrará sus cálculos en la variación de las concentraciones de humos metálicos obtenidos de las muestras (cassette) recogidas durante la soldadura de anillos en el interior de pilotes, las que se realizaron con el uso y sin el uso del extractor

### **3.1. Análisis de los datos**

Se utilizó el análisis de varianza empleando el software estadístico IBM-SPSS V.19 el cual permitió determinar si las diferentes muestras obtenidas en cada uno de los 4 metales detectados en laboratorio presentaban diferencias significativas o por el contrario no difieren. Como segunda prueba estadística inferencial se realizó la prueba de Levene para evaluar la igualdad de las varianzas.



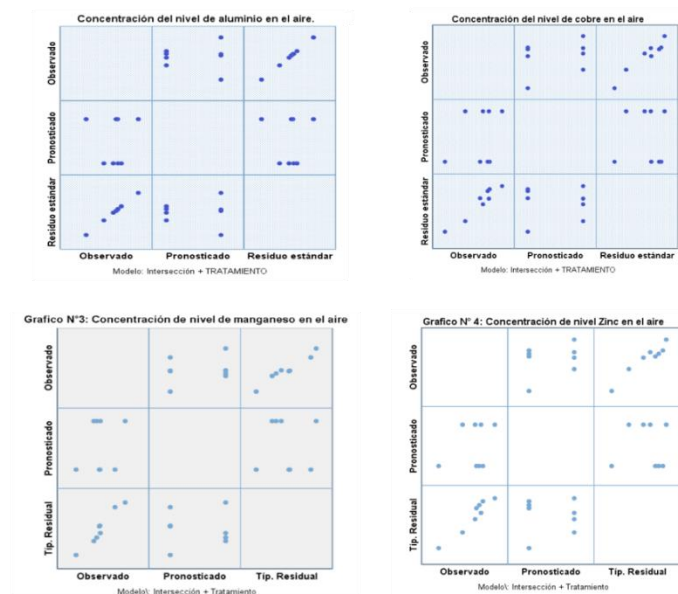
**4. RESULTADOS**

**Tabla 4:** Análisis de varianza para el efecto principal (A) sistema de ventilación sobre el nivel de concentración en metales encontrados.

Metal	FV	GL	SC	CM	F	Sig.
Aluminio	Sistema de ventilación (A)	1	1.30E-05	1.30E-05	0.001	<b>NO</b>
	Error	6	0.06	0.01		
	Total	7	0.06			
Cobre	Sistema de ventilación (A)	1	0.005	0.005	0.51	<b>NO</b>
	Error	6	0.055	0.009		
	Total	7	0.06			
Manganeso	Sistema de ventilación (A)	1	0.007	0.007	0.359	<b>NO</b>
	Error	6	0.122	0.02		
	Total	7	0.129			
Zinc	Sistema de ventilación (A)	1	0.002	0.002	0.541	<b>NO</b>
	Error	6	0.02	0.003		
	Total	7	0.022			

**Tabla 5:** Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error

Metal	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Aluminio	1,433	1	6	,276
Cobre	0,423	1	6	,540
Manganeso	0,001	1	6	0,980
Zinc	0,790	1	6	,408



**Figura 4:** Representación gráfica estadística para las concentraciones de metales

### **Aluminio**

En el análisis de varianza se puede observar que la Sig. > 0.05, por lo tanto, no existe diferencia estadísticamente significativa entre el método de extractor con aire y el método sin extractor de aire en la concentración de aluminio en el aire, la cual también es corroborada por el estadístico de Levene con sig. > 0.05.

Coeficiente de variación =11.75%

Al realizar la transformación de variable y hacer el nuevo análisis de varianza y cálculo del coeficiente de variación, obtenemos un valor de CV= a 11.75%, el cual está dentro del porcentaje permitido, 20%. Un valor inferior al indicado nos refleja una mayor precisión del experimento.

Al observar las concentraciones de Aluminio en la figura N° 4, vemos la existencia de residuos aleatorios cumpliéndose los supuestos de aleatoriedad, linealidad y normalidad de los datos al mismo tiempo observamos que la varianza es constante, y no existe diferencia significativa entre los tratamientos, lo que corroboraría lo comprobado en las pruebas ANOVA Y LEVNE, las cuales nos indican igualdad de varianzas para este experimento.

### **Cobre**

En el análisis de varianza se puede observar que la Sig. > 0.05, por lo tanto, no existe diferencia estadísticamente significativa entre el método de extractor con aire y el método sin extractor de aire en la concentración de cobre en el aire, la cual también es corroborada por el estadístico de Levene con sig. > 0.05.

Coeficiente de variación = 10.71%

Al realizar la transformación de variable y hacer el nuevo análisis de varianza y cálculo del coeficiente de variación, obtenemos un valor de CV= a 10.71%, el cual está dentro del porcentaje permitido, 20%. Un valor inferior al indicado nos refleja una mayor precisión del experimento.

Al observar las concentraciones de Cobre en la figura N° 4, vemos la existencia de residuos aleatorios cumpliéndose los supuestos de aleatoriedad, linealidad y normalidad de los datos Al mismo tiempo observamos que la varianza es constante, y no existe diferencia significativa entre los tratamientos, lo que corroboraría lo comprobado en las pruebas -ANOVA Y LEVNE, las cuales nos indican igualdad de varianzas para este experimento.

### **Manganeso**

En el análisis de varianza se puede observar que la Sig. > 0.05, por lo tanto, no existe diferencia estadísticamente significativa entre el método de extractor con aire y el método sin extractor de aire en la concentración de magnesio en el aire, la cual también es corroborada por el estadístico de Levene con sig. > 0.05.

Coeficiente de variación = 13.11%

Al realizar la transformación de variable obtenemos el análisis de varianza y cálculo del coeficiente de variación, obtenemos un valor de CV= a 13.11%, el cual está dentro del porcentaje permitido 20%. Un valor inferior al indicado nos refleja una mayor precisión del experimento.

Al observar las concentraciones de Manganeso en la figura N° 4, vemos la existencia de residuos aleatorios cumpliéndose los supuestos de aleatoriedad, linealidad y normalidad de los datos. Al mismo tiempo observamos que la varianza es constante, y no existe diferencia significativa entre los tratamientos, lo que corroboraría lo comprobado en las pruebas ANOVA Y LEVNE, las cuales nos indican igualdad de varianzas para este experimento.

### **Zinc**

En el análisis de varianza se puede observar que la Sig. > 0.05, por lo tanto, no existe diferencia estadísticamente significativa entre el método de extractor con aire y el método sin extractor de aire en la concentración de zinc en el aire, la cual también es corroborada por el estadístico de Levene con sig. > 0.05.

Coeficiente de variación = 5.88%

Al realizar la transformación de variable obtenemos el análisis de varianza y cálculo del coeficiente de variación, obtenemos un valor de CV= a 5.88%, el cual está dentro del porcentaje permitido 20%. Un valor inferior al indicado nos refleja una mayor precisión del experimento.

Al observar las concentraciones de Zinc en la figura N° 4, vemos la existencia de residuos aleatorios cumpliéndose los supuestos de aleatoriedad, linealidad y normalidad de los datos. Al mismo tiempo observamos que la varianza es constante, y no existe diferencia significativa entre los tratamientos, lo que corroboraría lo comprobado en las pruebas ANOVA Y LEVNE, las cuales nos indican igualdad de varianzas para este experimento.

Del análisis estadístico realizado para los 4 metales encontrados por encima del límite de detección de las pruebas de laboratorio (aluminio, cobre, manganeso y zinc), se evidencia que no existe diferencia significativa en las concentraciones halladas en los dos escenarios, con la implementación del sistema de ventilación forzada y sin dicha implementación.

## 5. DISCUSIÓN

Este estudio no encontró diferencias significativas para las muestras tomadas en los pilotes con la implementación del sistema de ventilación forzada (Ventilador Extractor) y los pilotes en los cuales se realizó los trabajos sin ningún tipo de intervención. La variación entre las dos muestras tomadas arrojó un porcentaje de variación no significativo, demostrando así la poca eficiencia de la aplicación de este método de ventilación.

De las concentraciones halladas en el estudio, el metal con concentraciones más significativas respecto a los demás, es el manganeso esto debido a que la composición química del electrodo de soldadura, que en su composición cuenta con un mayor porcentaje de este metal. (Soldexa, 2017)

Si bien es cierto algunas de las concentraciones halladas se encontraban dentro de los límites máximo permisibles para cada uno de los 4 metales encontrados, sin embargo, existen casos donde la exposición directa a los humos de soldadura han originado diversos tipos patologías tanto agudas como crónicas, siendo factores de riesgos para enfermedades como cáncer, (Español et al., 2002) y tener concentraciones por debajo de estos límites no garantiza la protección de la salud, por lo que, en estos casos, estar

expuesto a concentraciones debajo de un límite determinado no evita completamente el riesgo, aunque si podrá limitarlo mientras más bajo se encuentren estas concentraciones.(Perú, 2005).

Se analizó posibles factores a tener en cuenta en de implementación de un sistema de ventilación forzadas, el cual puede servir como referencia para trabajos y actividades de igual o similar magnitud o condiciones. Evaluando como aporta un sistema de ventilación forzada en la dilución de humos metálicos de trabajos de soldadura en el interior de pilotes, según como haya sido implementado este.

Analizando el método de ventilación por extracción usado y estudiado en este trabajo se puede inferir que su poca o casi nula eficiencia podría deberse a que solo se consideró la extracción de los humos metálico, debido a que:

Un programa completo de ventilación debe incluir tanto impulsión como extracción. Si la cantidad global de aire que se extrae de un local de trabajo es superior a la cantidad de aire exterior que se aporta, la presión en el interior será más baja que la atmosférica (American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Inc, 1988, pp.15).

De esta manera, se produce una reducción de la eficacia de funcionamiento de los sistemas de extracción, dando lugar a una disminución del grado de control de los contaminantes y originar posibles riesgos a la salud. Prueba de estos fueron los resultados obtenidos al analizar las muestras obtenidas en campo.

Este concepto no se aplicó dentro de la implementación del sistema ventilación por extracción tomado por el consorcio constructor del puerto de San Martín, en el cual solo

se consideró la extracción de los humos metálicos con el ventilador extractor colocándolo en la parte superior del pilote dejando una apertura significativa y no sellando la entrada del todo, se direcciono la extracción a través de una manga de menor diámetro colocada a la altura de la cabeza del soldador emulando una extracción localizada (Xavier Guardino Solá, 2004), dejando de lado inyección de aire fresco. Esto debido a que inicialmente la implementación de los ventiladores extractores, fueron usado en trabajos de soldadura horizontal de los pilotes, cuando estos se encontraban sin hincar, teniendo como diferencia la apertura en un extremo del pilote y en el otro el ventilador, por lo que había una diferencia de presiones, posterior a esto los pilotes fueron hincados y se decidió utilizar el mismo método con los ventiladores extractores.

Los estudios de ventilación nos demuestran que “cuando extraemos aire de un local, hemos de prever una entrada de aire que sustituya al que hemos extraído, y cuando impulsamos aire en un local, hemos de prever su salida. En caso contrario, la ventilación es absolutamente ineficaz” (SÁNCHEZ, VILELLA, & SOLÀ, 2014, pp.255) punto clave que debe ser considerado al momento de implementar un sistema de ventilación

Las campanas de aspiración acopladas a ventiladores móviles pueden resultar eficaces cuando se opera en grandes estructuras en astilleros, calderería pesada, etc. especialmente en el interior de piezas huecas, cisternas cubas y espacios confinados en general, donde normalmente es necesario introducir aire limpio mediante ventiladores soplantes complementarios para asegurar una renovación adecuada de su ambiente interior (OSALAN (Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales), 2009, pp.32)

Para mejorar el sistema de ventilación estudiado se sugiere contemplar su modificación y anexar a este un mecanismo de inyección de aire ya sea a través de la colocación de una línea de inyección la cual podría estar ubicada en la parte inferior del piso de trabajo del pilote, la cual garantizaría la inyección de aire fresco, de igual forma propiciaría la diferencia de presiones dentro del pilote de esta manera se previene el acolchonamiento de los humos metálicos en un tramo del pilote, garantizando que la ventilación sea lo más eficiente posible, tal como se puede apreciar en la figura N° 5.

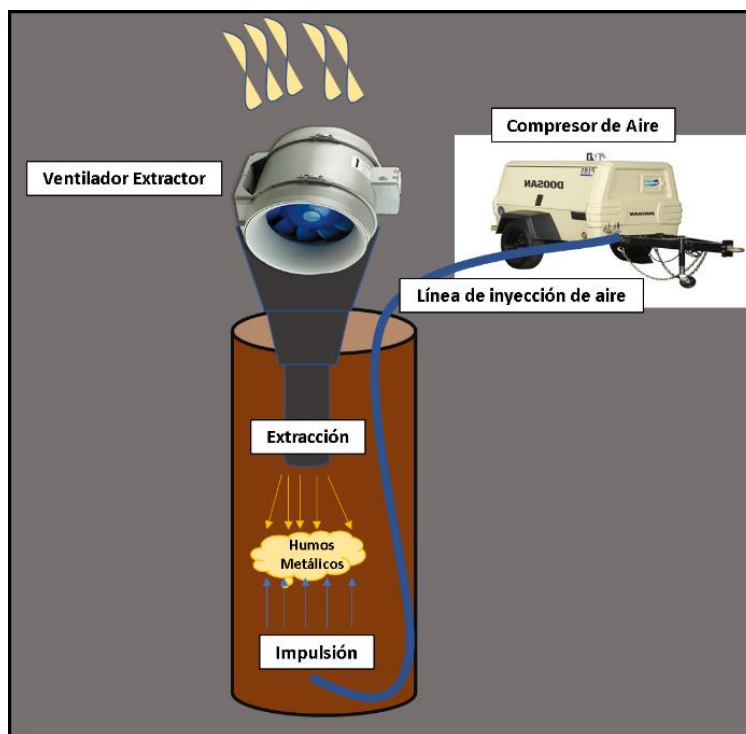
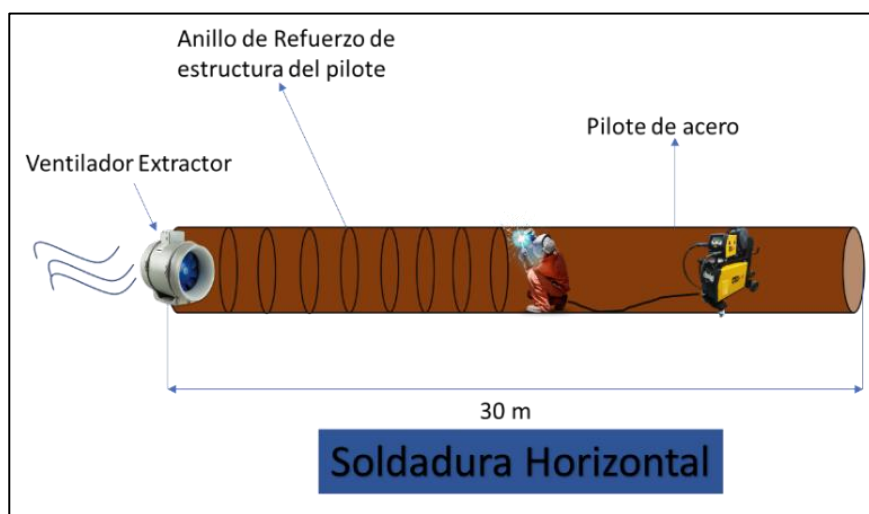


Figura 5: Propuesta de Sistema de Ventilación



En este tipo de procesos constructivos se debe considerar como factor importante la posibilidad de llevar la soldadura de anillos de forma horizontal o en suelo, antes de realizar el hincado de pilotes en mar, esta debe priorizarse desde el planeamiento dado que de esta manera se contará con una entrada y salida de aire al realizar la soldadura de anillos, facilitando la generación de diferencia de presión y propiciando se produzca cierta ventilación natural(Griffin, Sosa, 1999), la cual puede ser apoyada de forma mecánica ver figura 6.



**Figura 6:** Soldadura Horizontal

Dentro de los trabajos de soldadura observados en el presente estudio, se verificó que el personal soldador ingresaba con su EPP correspondiente (Respirador de media cara con filtros metálicos), en el mercado si bien es conocido existen un sin número de tipos de respiradores y filtros para humos metálicos, la utilización de un sistema de ventilación forzada es ideal, dado que estos equipos si bien contribuyen a filtrar los humos metálicos emanados en los trabajos de soldadura su efectividad varía de acuerdo a muchos factores, tales como : utilización degaste y vida útil, tipo de agente químico a filtrar,

humedad acción térmica, almacenamiento y limpieza y por último la utilización y su colocación por parte del usuario el cual debe garantizar su correcto sellado, respecto al tema del sellado este también se ve afectado según el tipo de rostro, presencia de barba, talla del respirador, por lo que resultada muy difícil un control eficiente utilizando solo este tipo de protección.(Faciales, n.d.), por lo que debería ser medidas de protección complementarias, sumado a esto la legislación nacional ley 29783 establece los equipos de protección personal como la última medida de prevención dentro de la gestión de seguridad, poniendo como prioridad la eliminación de los peligros y riesgos desde su origen al igual que el control a través de medidas técnicas y administrativas.(Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo 29783.pdf, 2011)

Aunque no fue un objetivo de la investigación, algo que se pudo apreciar durante la toma de muestra sin la colocación del ventilador extractor, fue observar un ambiente un poco más cargado de humos metálicos, generando poca visibilidad dentro del área de trabajo, lo cual afecto la productividad de la tarea dificultando la correcta soldadura del anillo, esto también pudo mostrar un riesgo no contemplado dentro del análisis, la inadecuada visibilidad del trabajador podría conducir durante su salida del pilote a accidentes, al hacerlo propenso a golpes o caída por pisar en falso, esto podría ser un factor para investigar en futuros estudio los cuales podrían medir el grado de visibilidad en una comparativa con el método de ventilación.

## 6. CONCLUSIONES

De los resultados analizados, se pueden diferenciar muestras de concentración de metales, las cuales se encuentran por debajo de los límites de detección de laboratorio y solo 4 metales en los que el laboratorio encontró concentraciones significativas, para cada uno de estos metales se puede concluir que no existe diferencia significativa entre los resultados de las muestras con y sin la implementación del método de ventilación por lo que se puede concluir que el sistema de ventilación forzada empleado por la empresa en los pilotes hincados no marca ninguna diferencia, por lo que si el fin de este está enfocado a la dilución de la concentración de los humos metálicos, no sería un método idóneo si lo que se busca es reducir la exposición de los trabajadores a este tipo de agentes.

Este estudio muestra una alternativa para determinar las concentraciones de humos metálicos emanados por la soldadura en espacios reducidos o confinados, con estas concentraciones se puede evaluar el grado de aporte en la dilución de humos metálicos por parte de un sistema de ventilación, teniendo gran utilidad para conocer el método más adecuado según su efectividad, para su posterior implementación en trabajos donde se requiera disminuir la exposición a inhalación de agentes químicos en trabajos de soldadura.

Como líneas de trabajo futuras, se podría estudiar qué sistema de ventilación sería el más efectivo para implementar en condiciones de trabajo de soldadura en el interior de pilotes según el grado de dilución de los humos metálicos, así como en el costo de implementación, haciendo un análisis de costo beneficio para este tipo de casos.

## 7. ASPECTOS ÉTICOS.

El estudio se centró específicamente en las concentraciones de humos metálicos generados por la soldadura de anillos en el interior del pilotes hincados, teniendo como finalidad la utilización de los resultados para mejorar el control de exposición al personal soldador, resultados que servirán de referencia para otras obras al momento de proponer medidas de control frente a los humos de soldadura, y así reducir el riesgo de exposición de los trabajadores a estos agentes químicos, de igual forma dentro de las mediciones de estas condiciones sin ventilador, el personal soldador que llevo consigo la bomba de succión para toma de muestras, permaneció en todo momento aislado del riesgo por inhalación de humos metálicos al ingresar con un equipo de respiración autónoma o más conocidos como SCBA por sus siglas en inglés (self-contained breathing apparatus) evitando el contacto directo con los humos metálico, de esta forma se eliminó el riesgo en su totalidad manteniendo en todo momento la integridad del trabajador.

Para la realización del estudio se contó con la carta de autorización de la empresa para uso de sus instalaciones y la información plasmada en los resultados del estudio.

## 8. REFERENCIAS / REFERENCES

- (1) Alonso, M. B. (2012). Los riesgos de la soldadura y su prevención Los riesgos de la soldadura y su prevención. INSHT, 13.
- (2) Argon, I. C., & Emission, A. (2003). ELEMENTS by ICP ( Aqua Regia Ashing ). (1), 1–8.
- (3) Cavallé Oller, N., & Hernández, A. (2004). NTP 741 : Ventilación general por dilución. In Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo.
- (4) Español, M. L., Valero, C., & Garcíaa Castrillo, L. (2002). Metal fume fever [6]. Medicina Clinica, Vol. 119, p. 39. [https://doi.org/10.1016/S0025-7753\(02\)73308-3](https://doi.org/10.1016/S0025-7753(02)73308-3)
- (5) Estadística de Accidentes por Actividad Económica - Notificaciones Estadísticas \_I\_SEMESTRE\_2019. (n.d.).
- (6) Faciales, A. (n.d.). Selección y Utilización de Protectores Respiratorios Guía Orientativa – Area Higiene y Seguridad Selección y Utilización de Protectores Respiratorios. 1–11.
- (7) Flynn, M. R., & Susi, P. (2009). Neurological risks associated with manganese exposure from welding operations - A literature review. International Journal of Hygiene and Environmental Health, 212(5), 459–469. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2008.12.003>
- (8) Griffin, Sosa, M. E. (1999). Ventilación natural efectiva y cuantificable. Caracas, Venezuela: Universidad Central de Venezuela.

- (9) Harsem, T. E. (2005). Diseño de estructuras de Concreto Armado (4ta Edició; Teodoro E. Harsem por Pontifica Universidad Católica del Perú, Ed.). Lima: Pontifica Universidad Católica del Perú.
- (10) INSHT. (2006). Bombas para el muestreo personal de agentes químicos. 18. Retrieved from [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/MetodosAnalisis/Ficheros/CR/CR\\_001\\_A06.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/MetodosAnalisis/Ficheros/CR/CR_001_A06.pdf)
- (11) Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo 29783.pdf. , (2011).
- (12) OSALAN (Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales). (2009). El soldador y los humos de soldadura. Retrieved from [www.osalan.net](http://www.osalan.net)
- (13) Perú, M. de salud del. DS N°015-2005 S.A Aprueban Reglamento Sobre Valores Límite Permisibles Para Agentes Químicos En El Ambiente De Trabajo. , Pub. L. No. Diario El Peruano-Normas Legales, 16 (2005).
- (14) Perú, M. de salud del. RM 480-2010 MINSA Norma Técnica de Salud que establece el listado de enfermedades profesionales. , (2008).
- (15) SÁNCHEZ, X. B., VILELLA, E. C., & SOLÀ, X. G. (214AD). HIGIENE INDUSTRIAL (Primera Ed; E. UOC, Ed.). Barcelona.
- (16) Soldexa. (2017). MSDS-205 Edición: 06 (pp. 1–7). pp. 1–7.
- (17) Ventilation, C. on I. (1988). Industrial Ventilation: Manual De Recomendaciones Prácticas Para La Prevención De Riesgos Laborales (20th Editi). Ohio-USA: American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Inc.

(18) Westerdal, M., Rights, A., & Copyright, I. (1991). ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). Emission Factors & AP 42, Compilation of Air Pollutant Emission Factors – “Electric Arc Welding” (Vol. I). 1995. 43(8), 4320–4327.

(19) Xavier Guardino Solá, C. H. C. (2004). NTP 672: Extracción localizada en el laboratorio. Barcelona.

(20) Zukauskaitė, A., Mickeviciene, R., Kamauskaitė, D., & Turkina, L. (2013). Environmental and humane health issue of welding in the shipyard. Transport Means - Proceedings of the International Conference, 177–180.

## 9. ANEXOS

- ANEXO 01: Evidencia del envío a revista científica
- ANEXO 02: Copia de carta de aprobación académica
- ANEXO 03: Copia de documento de aprobación de comité de ética
- ANEXO 04: Copia de resolución de aprobación del proyecto de tesis

ANEXO 1


Andres Bello <abellosuazo@gmail.com>

---

**[IC] Envío recibido de Ref. 89617**  
1 mensaje

---

**recyt@recyt.fecyt.es** <recyt@recyt.fecyt.es>  
Responder a: Juan Queipo de Llano Moya <informes@ietcc.csic.es>  
Para: ANDRES EDUARDO BELLO SUAZO <abellosuazo@gmail.com>

25 de mayo de 2021, 15:54

Estimado ANDRES EDUARDO BELLO SUAZO,

Gracias por enviarnos su manuscrito "Estudio de sistema de ventilación forzada para dilución de humos metálicos de soldadura en interior de pilotes hincados en la construcción del terminal portuario general de San Martín,2020" a Informes de la Construcción, que ha recibido el número de referencia 89617.

Previo a su evaluación por revisores externos, es el Consejo de Redacción quien decide sobre la adecuación del mismo a la línea editorial y las normas de la Revista. Gracias al sistema de gestión de revistas online que usamos podrá seguir su progreso a través del proceso editorial identificándose en el sitio web de la revista:

URL del manuscrito: <https://recyt.fecyt.es/index.php/informesdelaconstruccion/authorDashboard/submission/89617>  
Nombre de usuario: andres\_be2021

En cualquier caso la decisión se le comunicará lo antes posible.

Si tiene cualquier pregunta no dude en contactar con nosotros, haciendo mención al número de referencia asignado.

Agradeciéndole el envío de dicho artículo a nuestra redacción, reciba un cordial saludo.

Secretaría, Control y Gestión de Artículos  
Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja  
[Serrano Galvache, 4. 28033 Madrid](#)  
Tel.: 91 302 04 40 (Ext 870276)  
<http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/>



ANEXO 2



**RESOLUCIÓN DIRECTORAL ACADÉMICA DE CARRERA No. 145 - DACMH-DAFCS-U. CIENTIFICA-2020**

Lima, 27 de febrero del 2020

**VISTO:**

El informe de revisión independiente académica y la aprobación de un Comité de Ética del proyecto de tesis titulado: "ESTUDIO DE SISTEMA DE VENTILACIÓN FORZADA PARA DILUCIÓN DE HUMOS METÁLICOS DE SOLDADURA EN INTERIOR DE PILOTES HINCADOS EN LA CONSTRUCCION DEL TERMINAL PORTUARIO GENERAL DE SAN MARTIN".

**CONSIDERANDO:**

Que, de acuerdo al Reglamento General de la Universidad Científica del Sur y el reglamento y Procedimientos de trabajos de Investigación para obtener el **Grado de Maestro en Seguridad y Salud en el Trabajo**.

Que, de acuerdo a la normativa vigente de la Universidad Científica del Sur, en uso de las atribuciones conferidas al Director Académico de la Carrera.

**SE RESUELVE:**

**ART. 1°** **Aprobar**, en vías de regularización e inscribir el proyecto de tesis titulado: "ESTUDIO DE SISTEMA DE VENTILACIÓN FORZADA PARA DILUCIÓN DE HUMOS METÁLICOS DE SOLDADURA EN INTERIOR DE PILOTES HINCADOS EN LA CONSTRUCCION DEL TERMINAL PORTUARIO GENERAL DE SAN MARTIN", presentado por los alumnos ANDRES EDUARDO BELLO SUAZO y JEAN CARLO REYES PINEDO, con N° de registro: 612-2019-POS15.

**ART. 2°** **Nombrar** al docente Mg. Juan Carlos Palomino Baldeón, como asesor para el desarrollo de la tesis en cuestión.

Regístrese, comuníquese y archívese.

**MC. VICTOR VALLEJO SANDOVAL**  
**Director Académico (e)**  
**Carrera de Medicina Humana**



c.c. Archivo

T/(51) 610 6400  
 opción 2  
[www.cientifica.edu.pe](http://www.cientifica.edu.pe)

Campus  
 Panamericana Sur  
 km 19 - Lima 42

ANEXO 3

**COMITÉ INSTITUCIONAL DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN**



CONSTANCIA N° 003-CIEI-CIENTÍFICA-2020

El presidente del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Científica del Sur (CIEI-CIENTÍFICA) da constancia que el proyecto de investigación, cuyos datos se registran a continuación, ha sido **aprobado** por el CIEI-CIENTÍFICA.

Código de registro: **612-2019-POS15**  
 Título: **Estudio de sistema de ventilación forzada para dilución de humos metálicos de soldadura en interior de pilotes hincados en la construcción del Terminal portuario General de San Martín**  
 Investigador(a): **Andres Eduardo Bello Suazo  
 Jean Carlo Reyes Pinedo**

La aprobación del proyecto de investigación implica que el documento presentado a evaluación cumple con los lineamientos de Universidad en materia de investigación y ética, los cuales se sustentan en la normativa internacional vigente.

En tal sentido, esta aprobación carecerá de valor si es que el proyecto de investigación arriba indicado es modificado de cualquier forma. Toda enmienda, añadido, eliminación o eventualidad (eventos adversos, etc.) posterior a la fecha de aprobación debe ser reportado al CIEI-CIENTÍFICA.

La vigencia de la aprobación de este documento es de dieciocho (18) meses (**hasta el 08 de julio del 2021**), periodo en el que puede desarrollarse el proyecto. Cualquier trámite para su renovación deberá ser enviado antes del término de la vigencia de este documento, debiendo suspenderse todo desarrollo hasta que la renovación sea aprobada.

Villa El Salvador, 09 de enero de 2020




Méd. Fernando M. Runzer Colmenares  
 Presidente  
 Comité Institucional de Ética en Investigación

T // (511) 610 6400  
 opción 3  
[www.cientifica.edu.pe](http://www.cientifica.edu.pe)

Campus  
 Panamericana Sur  
 km 19 - Lima 42

ANEXO 4

**CIENTÍFICA**  
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Lima, 31 de Octubre de 2019

**Aprobación de proyecto**  
Pte.-

*Universidad Científica del Sur  
Facultad de Ciencias de la Salud  
Carrera de Medicina Humana*

Por medio del presente, dejo constancia que el estudiante de posgrado del programa de Maestría en Seguridad Y Salud En El Trabajo de la Carrera de Medicina Humana **Andres Eduardo Bello Suazo y Jean Carlo Reyes Pinedo** ha presentado su proyecto "ESTUDIO DE SISTEMA DE VENTILACIÓN FORZADA PARA DILUCIÓN DE HUMOS METÁLICOS DE SOLDADURA EN INTERIOR DE PILOTES HINCADOS EN LA CONSTRUCCION DEL TERMINAL PORTUARIO GENERAL DE SAN MARTIN" y ha sido aprobado.

Atentamente,

**CIENTÍFICA**  
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR




---

Dr. Fernando Runzer Colmenares  
Responsable de Investigación  
Universidad Científica del Sur  
Facultad de Ciencias de la Salud  
Carrera de Medicina Humana