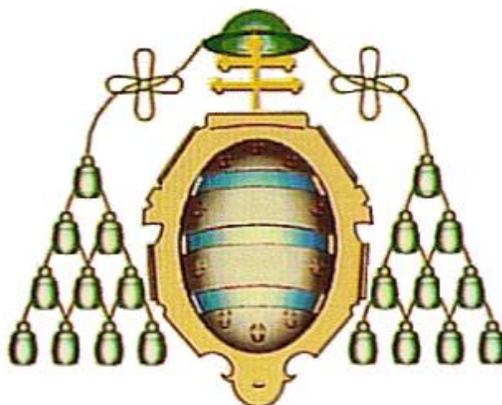


UNIVERSIDAD DE OVIEDO



Máster Universitario en Prevención de Riesgos Laborales

Trabajo Fin de Máster

**EVALUACIÓN DE RIESGOS EN LA
FABRICACIÓN DE SIMULANTE LUNAR**

Tutores: Ana Suárez Sánchez

Fernando Sánchez Lasheras

Melissa Andrea Gutiérrez Mendieta

Julio, 2023

ÍNDICE

	Pág.
DEDICATORIA:	10
AGRADECIMIENTOS:	11
RESUMEN:	12
ABSTRACT:.....	13
CAPITULO I. PLANTEAMIENTO Y OBJETIVOS DEL TRABAJO.....	14
1.1. INTRODUCCIÓN:	14
1.2. MARCO TEÓRICO.....	16
1.2.1. Antecedentes historicos.....	16
1.2.1.1. Antecedentes relacionados con el simulante lunar (regolito):.....	16
1.2.1.2. Antecedentes Internacionales	17
1.2.2. Bases teóricas	17
1.3. OBJETIVOS	20
1.3.1. Objetivo general:.....	20
1.3.2. Objetivos especificos:	20
CAPITULO II. PROCEDIMIENTOS, MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
2.1. METODOLOGÍA	21
2.1.1. Recopilación de información, procesos, equipos y procedimientos a utilizar con el Simulante Lunar (Regolito).....	22
2.1.1.1. Procedimientos y usos del simulante lunar (regolito):.....	22
2.1.1.2. Equipos y maquinaria de los laboratorios:.....	25
2.1.2. Identificación de Medidas Preventivas existentes.....	29
2.1.2.1. Equipos de protección auditiva:	29
2.1.2.2. Equipos para la protección de ojos y cara:.....	30
2.1.2.3. Equipos de protección respiratoria:.....	30
2.1.2.4. Equipos de protección para manos y brazos:	31
2.1.2.5. Equipos de protección del cuerpo:	31
2.1.3. Elaboración y desarrollo de Evaluación de Riesgos	32
2.1.3.1. Clasificación de las actividades de trabajo.....	32

2.1.3.2. Análisis del Riesgo.....	32
2.1.3.3. Valoración de Riesgos.....	33
2.1.4. Elaboración y Revisión de Plan de Control de Riesgos.....	35
2.1.4.1. Preparar un Plan de Control de Riesgos:	35
2.1.4.2. Revisar el plan de actuación:.....	35
CAPITULO III. DESARROLLO, RESULTADOS Y DISCUSIÓN GENERAL.....	36
3.1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
3.1.1. Aplicación del Método de Evaluación de Riesgos General por el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST).....	36
3.1.1.1. Aplicación del apartado 2.1.3.1, donde se exponen las clasificaciones de las actividades de trabajo.....	36
3.1.1.2. Aplicación del apartado 2.1.3.2. en donde se especifican los análisis del Riesgo en la fabricación de simulantes lunares.	43
CAPITULO IV. CONCLUSIONES	56
4.1. CONCLUSIONES	56
4.2. RECOMENDACIONES	57
CAPITULO V. BIBLIOGRAFÍA.....	58
5.1. BIBLIOGRAFIA:	58
ANEXOS	62

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Metodología a desarrollar.....	21
Figura 2. Procedimiento de elaboración de ladrillos con simulantes lunares.	22
Figura 3. Producción de mezclas de Mortero en la Luna utilizando Simulantes JSC-1A (Moraes, Siva Kumar, & al., 2020).....	23
Figura 4. Línea de tiempo de algunos descubrimientos asociados a la luna. (Hormigos, 2018)	24
Figura 5. Impresora en 3D Redwire que emplea el polvo lunar y regolito del planeta rojo para que los astronautas fabriquen sus propias herramientas y estructuras (Hernando, 2021)....	25
Figura 6. Plano de la segunda planta de la Escuela de Ingeniería de Minas, Energía y Materiales de Oviedo, Ubicación del Laboratorio de Cementos en el plano. (UNIOVI, s.f.)	37
Figura 7. Plano de la segunda planta de la Escuela de Ingeniería de Minas, Energía y Materiales de Oviedo, Ubicación del Laboratorio de Ensayos Mecánicos en el Plano. (UNIOVI, s.f.).....	38
Figura 8 Plano de la segunda planta de la escuela de Ingeniería de Minas, Energía y Materiales de Oviedo, Ubicación del Laboratorio de Metalurgia (Mineralurgia) en el plano (UNIOVI, s.f.).	39
Figura 9. Basalto en forma de roca (Alicante, s.f.)	40
Figura 10. Andesita en forma de roca (Alicante, s.f.)	41
Figura 11. Peridotita en forma de roca (Maldonado, 2021).....	41
Figura 12. Envasado del material triturado y tamizado.	42
Figura 13. Medidas adicionales de Prevención de Riesgos (Extintor y botiquín de primeros auxilios).....	42
Figura 14. Actividades con capacidad reconocida para generar Cáncer de Pulmón según el Real Decreto 1299/2006.....	44
Figura 15. Aplicación de sonómetro utilizada para las medidas de ruido de los laboratorios y el sonómetro de mano.	45
Figura 16. Aplicación del Luxómetro utilizado para las medidas de iluminación de los laboratorios y el Luxómetro de mano.	48
Figura 17. Malas Posturas y diseño de puesto de trabajo de los empleados de los laboratorios.	51

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Equipos y Maquinaria del laboratorio de Cementos.....	26
Tabla 2. Equipos y maquinaria del laboratorio de Ensayos Mecánicos de Materiales	27
Tabla 3. Equipos y maquinaria del laboratorio de mineralurgia.....	28
Tabla 4. Equipos de protección auditiva existentes en el laboratorio.....	30
Tabla 5. Equipos de Protección de ojos y cara existentes en el laboratorio.....	30
Tabla 6. Equipos de protección respiratoria existentes en el laboratorio.....	30
Tabla 7. Equipos de protección para manos y brazos existentes en el laboratorio.....	31
Tabla 8. Equipos de protección del cuerpo existentes en el laboratorio.....	31
Tabla 9. Niveles de daño según el INSST.....	33
Tabla 10. Probabilidad de que ocurra el daño según el INSST.....	33
Tabla 11 Matriz de Riesgo implantada por el INSST.....	34
Tabla 12. Criterios para Valoración del Riesgo según el INSST.....	34
Tabla 13. Tareas realizadas por el personal en los laboratorios frente a la fabricación del simulante lunar, con su respectiva duración y frecuencia.....	36
Tabla 14. Composición química de la Superficie Lunar. (Taylor, 1975)	39
Tabla 15. Tabla comparativa de resultados del sonómetro realizados a los equipos con la aplicación de móvil y el aparato de mano en el Laboratorio de Ensayos mecánicos de materiales.....	46
Tabla 16. Tabla comparativa de resultados del sonómetro realizados a los equipos con la aplicación de móvil y el aparato de mano en el Laboratorio de Metalurgia (mineralurgia).47	47
Tabla 17. Niveles mínimos de iluminación de los lugares de Trabajo según el INSST.....	48
Tabla 18. Tabla comparativa de resultados del Luxómetro realizados con la aplicación de móvil y el aparato de mano en el Laboratorio de Cementos.....	49
Tabla 19. Tabla comparativa de resultados del Luxómetro realizados con la aplicación de móvil y el aparato de mano en el Laboratorio de Metalurgia (mineralurgia).....	50
Tabla 20. Tabla comparativa de resultados del Luxómetro realizados con la aplicación de móvil y el aparato de mano en el Laboratorio de Ensayos mecánicos de materiales.....	50
Tabla 21. Estimación y Valoración del Riesgo.....	53
Tabla 22. Medidas preventivas para los Riesgos Moderados, Importantes e Intolerantes. .	54
Tabla 23. Presupuesto de medidas preventivas.....	55

INDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1. Elaboración de ladrillos con simulantes lunares (Regolito) y moldes de acero para realizar la forma de los ladrillos.....	62
ANEXO 2. Simulante JSC-1A (aproximadamente 15 g de JSC-1A (McKay, Carter, Boles, & Allton, 1994).....	62
ANEXO 3. Maquinaria Utilizada en el Laboratorio de Cementos para la fabricación de simulantes lunares.	63
ANEXO 4. Maquinaria Utilizada en el Laboratorio de Ensayos mecánicos de materiales para la fabricación de simulantes lunares.	63
ANEXO 5. Maquinaria Utilizada en el Laboratorio de Metalurgia (mineralurgia) para la fabricación de simulantes lunares.	64
ANEXO 6. Materia prima utilizada para la fabricación de simulantes lunares (Regolito)..	64
ANEXO 7. Materia prima debidamente triturada y tamizada.....	65
ANEXO 8. Tamizado manual con brocha.	65
ANEXO 9. Métodos de extracción y ventilación de polvo (Cámaras extractoras y aspiradora de polvo).	66
ANEXO 10. Laboratorio de Cementos.	66
ANEXO 11. Laboratorio de Ensayos Mecánicos de materiales.	67
ANEXO 12. Limpieza de tamices con aire comprimido.	67
ANEXO 13. Laboratorio de Metalurgia (mineralurgia).	68
ANEXO 14. Medida del Luxómetro en el punto N°1 del laboratorio de cementos (Aplicación de móvil).	69
ANEXO 15. Medida del Luxómetro en el punto N°2 del laboratorio de cementos (Aplicación de móvil).	69
ANEXO 16. Medida del Luxómetro en el punto N°3 del laboratorio de cementos (Aplicación de móvil).	69
ANEXO 17. Medida del Luxómetro en el punto N°4 del laboratorio de cementos (Aplicación de móvil).	70
ANEXO 18. Medida del Luxómetro en el punto N°5 del laboratorio de cementos (Aplicación de móvil).	70
ANEXO 19. Medida del Luxómetro en el punto N°6 del laboratorio de cementos (Aplicación de móvil).	70
ANEXO 20. Medida del Luxómetro de mano en el punto N°1 y N°2 del laboratorio de cementos.....	71
ANEXO 21. Medida del Luxómetro de mano en el punto N°3 y N°4 del laboratorio de cementos.....	71

ANEXO 22. Medida del Luxómetro de mano en el punto N°5 y N°6 del laboratorio de cementos.....	71
ANEXO 23. Medida del Luxómetro en el punto N°1 del laboratorio de Metalurgia (mineralurgia) (Aplicación de móvil).	72
ANEXO 24. Medida del Luxómetro en el punto N°2 del laboratorio de Metalurgia (mineralurgia) (Aplicación de móvil).	72
ANEXO 25. Medida del Luxómetro en el punto N°3 del laboratorio de Metalurgia (mineralurgia) (Aplicación de móvil).	72
ANEXO 26. Medida del Luxómetro en el punto N°4 del laboratorio de Metalurgia (mineralurgia) (Aplicación de móvil).	73
ANEXO 27. Medida del Luxómetro en el punto N°5 del laboratorio de Metalurgia (mineralurgia) (Aplicación de móvil).	73
ANEXO 28. Medida del Luxómetro en el punto N°6 del laboratorio de Metalurgia (mineralurgia) (Aplicación de móvil).	73
ANEXO 29. Medida del Luxómetro en el punto N°7 del laboratorio de Metalurgia (mineralurgia) (Aplicación de móvil).	74
ANEXO 30. Medida del Luxómetro en el punto N°8 del laboratorio de Metalurgia (mineralurgia) (Aplicación de móvil).	74
ANEXO 31. Medida del Luxómetro en el punto N°9 del laboratorio de Metalurgia (mineralurgia) (Aplicación de móvil).	74
ANEXO 32. Medida del Luxómetro en el punto N°10 del laboratorio de Metalurgia (mineralurgia) (Aplicación de móvil).	75
ANEXO 33. Medida del Luxómetro en el punto N°11 del laboratorio de Metalurgia (mineralurgia) (Aplicación de móvil).	75
ANEXO 34. Medida del Luxómetro en el punto N°12 del laboratorio de Metalurgia (mineralurgia) (Aplicación de móvil).	75
ANEXO 35. Medida del Luxómetro en el punto N°13 del laboratorio de Metalurgia (mineralurgia) (Aplicación de móvil).	76
ANEXO 36. Medida del Luxómetro de mano en el punto N°1 y N°2 del laboratorio de Metalurgia (mineralurgia).	76
ANEXO 37. Medida del Luxómetro de mano en el punto N°3 y N°4 del laboratorio de Metalurgia (mineralurgia).	76
ANEXO 38. Medida del Luxómetro de mano en el punto N°5 y N°6 del laboratorio de Metalurgia (mineralurgia).	77
ANEXO 39. Medida del Luxómetro de mano en el punto N°7 y N°8 del laboratorio de Metalurgia (mineralurgia).	77
ANEXO 40. Medida del Luxómetro de mano en el punto N°9 y N°10 del laboratorio de Metalurgia (mineralurgia).	77

ANEXO 41. Medida del Luxómetro de mano en el punto N°11 y N°112 del laboratorio de Metalurgia (mineralurgia).....	78
ANEXO 42. Medida del Luxómetro de mano en el punto N°13 del laboratorio de Metalurgia (mineralurgia).....	78
ANEXO 43. Medida del Luxómetro en el punto N°1 del laboratorio de Ensayos mecánicos de materiales (Aplicación de móvil).....	78
ANEXO 44. Medida del Luxómetro en el punto N°2 del laboratorio de Ensayos mecánicos de materiales (Aplicación de móvil).....	79
ANEXO 45. Medida del Luxómetro en el punto N°3 del laboratorio de Ensayos mecánicos de materiales (Aplicación de móvil).....	79
ANEXO 46. Medida del Luxómetro en el punto N°4 del laboratorio de Ensayos mecánicos de materiales (Aplicación de móvil).....	79
ANEXO 47. Medida del Luxómetro en el punto N°5 del laboratorio de Ensayos mecánicos de materiales (Aplicación de móvil).....	80
ANEXO 48. Medida del Luxómetro en el punto N°6 del laboratorio de Ensayos mecánicos de materiales (Aplicación de móvil).....	80
ANEXO 49. Medida del Luxómetro de mano en el punto N°1 y N°2 del laboratorio de Ensayos mecánicos de materiales.....	80
ANEXO 50. Medida del Luxómetro de mano en el punto N°3 y N°4 del laboratorio de Ensayos mecánicos de materiales.....	81
ANEXO 51. Medida del Luxómetro de mano en el punto N°5 y N°6 del laboratorio de Ensayos mecánicos de materiales.....	81
ANEXO 52. Medida del Sonómetro para la Tamizadora Retsch del laboratorio de Ensayos mecánicos de materiales (Aplicación de móvil).....	81
ANEXO 53. Medida del Sonómetro para el Molino de bola del laboratorio de Ensayos mecánicos de materiales (Aplicación de móvil).....	82
ANEXO 54. Medida del Sonómetro para la Tamizadora de Vaivén del laboratorio de Ensayos mecánicos de materiales (Aplicación de móvil).....	82
ANEXO 55. Medida del Sonómetro para la Trituradora de mandíbula del laboratorio de Metalurgia (mineralurgia) (Aplicación de móvil).....	82
ANEXO 56. Medida del Sonómetro para el compresor de aire del laboratorio de Metalurgia (mineralurgia) (Aplicación de móvil).....	83
ANEXO 57. Medida del Sonómetro para la Tamizadora Retsch del laboratorio de Metalurgia (mineralurgia) (Aplicación de móvil).....	83
ANEXO 58. Medida del Sonómetro de mano en la tamizadora Retsch, Molino de bola y tamizadora de Vaivén del laboratorio de Ensayos mecánicos de materiales.....	84
ANEXO 59. Medida del Sonómetro de mano en la trituradora de mandíbula, el compresor de aire y la tamizadora Retsch del laboratorio de Metalurgia (mineralurgia).....	84

ANEXO 60. Ubicación de las medidas del luxómetro en el laboratorio de Metalurgia (mineralurgia), recuperado de:	
https://gis.uniovi.es/GISUniovi/GeoLoc.do?codEspacio=01.05.06.00.S1.00.07	85
ANEXO 61. Ubicación de las medidas del luxómetro en el laboratorio de Cementos, recuperado de:	
https://gis.uniovi.es/GISUniovi/GeoLoc.do?codEspacio=01.05.06.00.P2.00.02	86
ANEXO 62. Ubicación de las medidas del luxómetro en el laboratorio de Ensayos mecánicos de materiales, recuperado de:	
https://gis.uniovi.es/GISUniovi/GeoLoc.do?codEspacio=01.05.06.00.S1.02.06.02	87
ANEXO 63. Encuesta realizada al trabajador.....	88
ANEXO 64. Encuesta realizada al trabajador.....	89

DEDICATORIA:

Este trabajo de fin de Master está dedicado a mi madre Luz Bertilde Mendieta y a mis hermanos Diana, Paola y Alejandro; los cuales han aportado en mi crecimiento personal y profesional, ellos han sido mi ejemplo a seguir demostrándome que sin esfuerzo y dedicación será imposible obtener algún triunfo, ellos han estado conmigo en cada peldaño y etapa de mi vida, me ayudaron e incentivaron a lograr mi propósito de ser profesional y siguen impulsándome a alcanzar todos mis sueños y metas propuestas.

Por todo esto solo me queda agradecerles por ser tan generosos y amorosos, por toda su constancia, apoyo y esfuerzo; gracias por ser mi motivación todos los días.

AGRADECIMIENTOS:

Mis más profundos agradecimientos por finalizar la tesis de fin de Master son primeramente para Dios por concederme la oportunidad de comenzar y culminar los estudios en el Master de prevención de riesgos laborales, de igual manera agradecer a mi madre quien ha sido mi motor para seguir cada día adelante, quien me ha enseñado e inculcado valores para formarme como una persona de bien, la cual me enseñó que los sueños se cumplen teniendo paciencia, constancia y esfuerzo.

A mis hermanos que me han brindado su amor y me han ayudado a superar cada obstáculo que se me ha presentado en el camino, además han estado conmigo en cada peldaño y en cada meta que he obtenido.

A mis amigos que han estado en cada meta culminada, y que han aportado a mi crecimiento personal ayudándome a obtener los objetivos sin lugar a que me rinda o desfallezca intentando obtenerlos.

A mi tutora Ana Suárez Sánchez quien me ayudo en el proceso y desarrollo de esta tesis de Master, quien estuvo siempre pendiente de mí y no dudo en colaborarme; por último, pero no menos importante a la Universidad de Oviedo y a sus docentes quienes me ayudaron en el proceso de la culminación de esta etapa y fueron parte fundamental de mi formación académica.

RESUMEN:

El desarrollo de esta tesis consistió en identificar y hallar los riesgos derivados de la fabricación del simulante lunar (regolito) en diversos procesos y procedimientos realizados en los laboratorios de ensayos mecánicos, mineralurgia y cementos, para lograr actualizar las medidas preventivas anteriormente ejecutadas frente a los riesgos que se derivan de dichos procesos y de esta manera poder mitigar y reducir el impacto y porcentaje de accidentes laborales, fomentando así las debidas acciones preventivas, fáciles de obtener y de bajo costo con un alto beneficio.

La función principal de esta tesis es lograr minimizar al máximo los riesgos causados por el uso del simulante lunar (regolito), crear conciencia colectiva y formar a los trabajadores con la idea de la importancia de tener un buen uso de equipo de protección individual (EPis), adecuado manejo de posturas y apropiado manejo de equipos y maquinaria, ya que de esto dependerá su calidad de vida y seguridad laboral.

Este trabajo se ejecutó a través de una investigación teórica-práctica, en la cual fue esencial la recolección de información de los procesos, procedimientos y maquinarias a utilizar con el simulante lunar, además de la importancia de realizar un buen estado del arte relacionado con todo lo que se encuentra de dicho material, desde su concepto hasta como se logra la obtención de este; a su vez es importante y vanguardista poder identificar e implementar acciones con este, como la realización de materiales constructivos (ladrillos), la obtención de su resistencia y funcionalidad, la posibilidad de sembrar y cultivar en dicho simulante entre otras funcionalidades de este; asimismo esta tesis se desarrolló en el ámbito práctico ya que fue necesario observar y realizar un seguimiento de los trabajadores o personas que operan con este simulante los diversos procedimientos y tratamientos del material en las zonas delimitadas y a su vez crear un informe con las respectivas medidas preventivas para estos, teniendo en cuenta la respectiva normativa vigente.

PALABRAS CLAVES: Regolito, mecánicos, mineralurgia, riesgos, EPis, acciones preventivas.

ABSTRACT:

The development of this thesis consisted of identifying and finding the risks derived from the manufacture of the lunar simulant (regolith) in various processes and procedures carried out in the mechanical testing, minerallurgy and cement laboratories, in order to update the preventive measures previously carried out against the risks derived from said processes and in this way to be able to minimize and reduce the impact and percentage of accidents at work, thus promoting the appropriate preventive actions, easy to obtain and low cost with high benefit.

The main function of this thesis is to minimize the risks caused by the use of the lunar simulant (regolith), create collective awareness and train workers with the idea of the importance of having a good use of personal protective equipment. (EPis), proper handling of postures and proper handling of equipment and machinery, since this resulted in their quality of life and job security.

This work was carried out through a theoretical-practical investigation, in which the collection of information on the processes, procedures and machinery to be used with the lunar simulant was essential, in addition to the importance of carrying out a good state of the art related to everything. what is found of said material, from its concept to how it is obtained; At the same time, it is important and avant-garde to be able to identify and implement actions with it, such as making construction materials (bricks), obtaining its resistance and functionality, the possibility of planting and cultivating in said simulant, among other functionalities of it; Despite the fact that this thesis was developed in the practical field, since it was necessary to observe and monitor the workers or people who operate with this simulant, the various procedures and treatments of the material in the delimited areas and, in turn, create a report with the respective preventive measures for these, taking into account the respective regulations in force.

KEYWORDS: Regolith, mechanics, minerallurgy, risks, EPis, preventive actions.

CAPITULO I. PLANTEAMIENTO Y OBJETIVOS DEL TRABAJO

1.1.INTRODUCCIÓN:

El regolito puede definirse como el manto de fragmentos de roca y minerales poco compactos que cubren un fondo rocoso sólido. Dicho de otro modo, el regolito es ese fino polvo gris que recubre toda la superficie de la Luna. Es precisamente gracias a esta capa de polvo que podemos ver tan marcadas las huellas de los astronautas en la Luna (Bravo, 2019), el estudio del simulante lunar (regolito) es de suma importancia debido a que se cree que en un futuro la luna puede ser habitable por lo cual es indispensable conocer las diversas composiciones, condiciones del medio ambiente y geología de dicho material, frente a diversas categorías en las que se encuentran los niveles constructivos, las cosechas, las siembras, entre otras; además sin dejar a un lado la importancia que tiene poder estudiar e identificar los componentes y condiciones del simulante para poder facilitar estimativos que se usen en futuras misiones desarrolladas en la luna.

La evaluación de riesgos laborales es un proceso que implica identificar y evaluar los riesgos laborales para la seguridad y la salud de los trabajadores. Esta evaluación ayuda a asegurar que todos los riesgos sean controlados adecuadamente. Se trata de una parte importante de la gestión de la seguridad y salud en el trabajo, dicha evaluación garantiza que los trabajadores estén expuestos a un nivel de riesgo aceptable, minimizando los riesgos de lesiones, enfermedades y muertes relacionadas con el trabajo. (Grupo, 2022), planteando el concepto de evaluación de riesgos se puede verificar lo indispensable que es el desarrollo de esta tesis, en donde se logran identificar los riesgos derivados por la fabricación del simulante lunar, además de proporcionar una lista con dichos riesgos, se desarrolla un plan de prevención para controlarlos o mitigarlos, que a su vez facilitaran los diversos protocolos a desarrollar frente a situaciones potenciales de riesgo; así mismo el desarrollo de esta evaluación de riesgos será útil para aumentar la productividad y desarrollo seguro del simulante lunar sin dejar a un lado la seguridad del personal de trabajo, además se disminuirán los costos a causa de lesiones o enfermedades laborales, por lo cual se tendrá un beneficio tanto económico, como de calidad de vida.

El desarrollo de la tesis se encuentra dividida en V capítulos, los cuales se limitan en lo siguiente; el capítulo I se encuentra categorizado por una introducción en la cual se puntualiza el alcance del desarrollo de la tesis, además de identificar el por qué y para que se desarrolló este es decir su finalidad y la importancia de realizarla, además consta de un marco teórico en donde se exponen antecedentes teóricos del simulante lunar tanto nacionales como internacionales, es decir en este subcapítulo se recoge la información necesaria sobre el tema a desarrollar, además de esto cuenta con unas bases teóricas necesarias para la comprensión de la lectura de esta tesis y por último para cerrar este capítulo se tienen unos objetivos generales y otros específicos los cuales se plantearon conforme al desarrollo y planteamiento de la tesis; en el capítulo II se elaboró y desarrollo una metodología para utilizar en la

Planteamiento y objetivos del Trabajo

ejecución del proyecto la cual se encuentra ejecutada en base a los métodos propuestos por el INSSST, la metodología a usar fue mixta es decir cualitativa pero también cuantitativa; en este capítulo se desglosan cuatro (4) caracterizaciones, la primera es la recopilación de información necesaria sobre las tareas, actividades, materiales a usar y duración de procedimientos de la fabricación del simulante lunar, la segunda es la identificación de medidas preventivas existentes, la tercera es la identificación de posibles riesgos frente a dicho material de acuerdo a su probabilidad estimada y a las consecuencias esperadas, la cuarta es la delimitación y evaluación de los riesgos más urgentes frente a su nivel de riesgo y por último se desarrolló la actualización de medidas preventivas ante los riesgos encontrados; En el capítulo III se desarrolló los resultados y discusiones del desarrollo de la metodología, en el cual se delimitaron subcapítulos de aplicación de los métodos propuestos para la evaluación de riesgos planteados por el INSSST, en los cuales se identificaron los riesgos y se implementaron aparatos de medición para la obtención de valores límites de exposición ante estos, de igual manera se desarrolló un plan de control de estos riesgos y un presupuesto de las mejoras que se deben realizar en los tres laboratorios; En el capítulo IV se desarrollaron las conclusiones y recomendaciones que se obtuvieron con la elaboración de la evaluación de riesgos frente a la fabricación de simulantes lunares (regolito), en este capítulo se tuvo en cuenta las ventajas y limitaciones que se pudieran haber encontrado en el desarrollo de esta tesis; por último se encuentra el capítulo V donde se limitan las referencias bibliográficas usadas para llevar a cabo la ejecución de esta tesis; además de esto, este trabajo cuenta con anexos en los cuales se pudo realizar varios registros fotográficos de la zona estudiada, materiales y maquinaria a usar, entre otros.

Según la Ley 31/95 del 08 de noviembre establece el objetivo de promover la seguridad y la salud de los trabajadores mediante la aplicación de medidas y desarrollo de las actividades necesarias para la prevención de riesgos derivados del trabajo; de esta ley se deriva la importancia y necesidad de crear un ámbito laboral adecuado para poder prevenir los riesgos laborales que garantice y mejore las condiciones y calidad de vida del trabajador, aunque se hable de tres (3) laboratorios por separados la evaluación de riesgos que se desarrollo es solo una teniendo en cuenta estas 3 áreas de trabajo enfocadas a los procesos y riesgos que se desarrollen frente a la fabricación del simulante lunar (regolito).

1.2.MARCO TEÓRICO

1.2.1. Antecedentes historicos

1.2.1.1. Antecedentes relacionados con el simulante lunar (regolito):

En este apartado se realizó una recopilación de trabajos, artículos e informes referentes o similares al objetivo principal del desarrollo de esta tesis y del material a estudiar, para tener una idea del tema a tratar y de los avances que se han podido hacer con este.

Inicialmente se encontró un estudio desarrollado en la Universidad politécnica de Valencia el cual tuvo como objetivo principal estudiar la sinterabilidad de simulantes de regolitos lunares [Simulante Lunar Highland (LHS-1) y Simulante Lunar Mare (LMS-1)] y de Marte [Simulante Global de Marte (MGS-1)]. El cual utilizo la metodología de dos fases, la primera es la caracterización de los polvos simulantes donde se determina la densidad, expansión térmica y distribución de tamaño de las partículas, además de realizar diferentes moliendas de alta energía para establecer la relación entre el tamaño de grano y la sinterización. La segunda es sinterizar los materiales mediante técnicas convencionales y no convencionales, utilizando microondas monomodo y multimodo (Gilbert, 2022), este trabajo de fin de master fue impactante y de utilidad debido a que este procedimiento de sinterizar los simulantes de regolitos lunares, se utiliza en los laboratorios para unificar el material y crear ladrillos con este (Véase Anexo 1).

Otro antecedente que tuvo relevancia fue un artículo desarrollado en Lanzarote el cual se centró en la realización de una caracterización multianalítica de tres regiones de Lanzarote (Maciot, Tao y Lavas de Timanfaya) a través del empleo de diferentes técnicas geoquímicas y petrofísicas. Con el cual se pudo concluir que los recursos son potencialmente extraíbles del regolito lunar y su función en una futura base semipermanente, además se propone la posibilidad de elaborar el primer simulante regolítico lunar usando basalto de Lanzarote (Alberquilla, Martinez, Lunar, & Garcia, 2022), de este artículo se pudo concluir e identificar la diversidad de posibles simulantes de regolito lunar, utilizando varios tipos de materiales que se asemejen a este material y la alta posibilidad que tiene el habitar en un futuro la luna.

Estar a la vanguardia es lo que ha llevado al mundo a mejorar, por esto es de suma importancia ver los avances tecnológicos que se han desarrollado para poder identificar situaciones o comportamientos de un sitio y una de las cuantas formas que se han creado es por medio de simulaciones, modelaciones o impresiones aditivas (simulaciones en 3D) en las cuales utilizando ecuaciones y formulas se identifica ciertos comportamientos y características de dicha zona, una de los trabajos más interesantes fue la propuesta en Madrid para un trabajo de fin de grado, en el cual se quería lograr identificar los criterios para el diseño de arquitectura lunar, el fin de este trabajo es, a través del estudio de las aproximaciones históricas y el análisis de las propuestas y técnica actual, revisar los criterios a tener en cuenta en el diseño de los posibles asentamientos (Hormigos, 2018), este trabajo es interesante ya que toma como partida un sistema de modelación el 3d planteado y evalúa los criterios que este debe tener para posibles asentamientos.

Planteamiento y objetivos del Trabajo

Por último se tiene una tesis de fin de master propuesta en Oviedo en la cual se planteó y desarrollo una evaluación de riesgos laborales para los laboratorios de cementos y ensayos mecánicos de la universidad de Oviedo (Enamorado & Rodriguez, 2020), la cual fue indispensable para el desarrollo de esta tesis debido a que en este trabajo se quiso realizar la misma evaluación de riesgos solo que se implementó un laboratorio más (Mineralurgia) y el desarrollo de esta no fue enfocado a los laboratorios sino a la utilización y riesgos provocados por el simulante lunar (regolito) en estas áreas de trabajo.

1.2.1.2. Antecedentes Internacionales

Ademas de desarrollarse trabajos y artículos en el ambito nacional, este tema ha creado tanto impacto a nivel mundial por lo cual en otros países también se están evaluando criterios a fines de identificar comportamientos y características de la luna utilizando regolitos lunares , uno de estos casos fue el desarrollo de un trabajo de fin de grado en la ciudad de México en el cual se expuso las simulaciones numéricas de dinámica de Regolito en la superficie cercana de la luna y su interacción con instrumentación científica donde básicamente el enfoque central fue estudiar el proceso de carga superficial en una porción de la luna, caracterizar las propiedades del plasma polvoso cercano a la superficie y la dinámica del regolito suspendido en su atmosfera cercana y estimar la influencia sobre la instrumentación espacial (Vladimir, 2020), este trabajo fue interesante para el desarrollo de la tesis porque nos muestra otro uso del regolito lunar y como por medio de la modelación en 3D y elaboración de ecuaciones y formulas se puede observar el comportamiento, propiedades y características de este material.

En Chile se planteó un estudio análogo geoquímico marciano-terrestre-lunar con prospección de simulantes lunares y marcianos a partir de rocas de composiciones basálticas y andesíticas del complejo epimetamorfico y diques del cerro, el cual tiene como fin determinar la viabilidad de la elaboración de simulantes lunares a partir de dichas muestras de composiciones (San Martín, 2020), este estudio fue fundamental para lograr conocer que se pueda hacer simulantes lunares de diversos materiales que cumplan con la composición química y física que se necesita, pero a su vez se tiene que ofrecer la calidad de este material y la economía, ya que existen algunos simulantes lunares pero no todos cuentan con bajos costos, así que esta propuesta fue interesante por que ofrecen la posibilidad de un material de simulante lunar de calidad y económico.

1.2.2. Bases teóricas

- **CONDICIÓN DE TRABAJO:** Es cualquier característica del mismo que pueda tener una influencia significativa en la generación de riesgos para la seguridad y la salud del trabajador. (Ley 31/1995)
- **EQUIPO DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPis):** Es cualquier equipo destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador para que le proteja de uno o varios riesgos que puedan

Planteamiento y objetivos del Trabajo

amenazar su seguridad o su salud en el trabajo, así como cualquier complemento o accesorio destinado a tal fin. (Ley 31/1995)

- EXPOCISIÓN LABORAL: Es la situación de trabajo en la que un individuo puede recibir la acción y sufrir el efecto de un agente químico, comportando todo ello un posible daño o riesgo para su salud. ((INSHT), 1994)
- JSC-1^a: (Johnson Space Center Number One) fue un simulador de regolito lunar que fue desarrollado en 1994 por la NASA y el Centro Espacial Johnson. Sus desarrolladores pretendieron que se aproximara al suelo lunar de los maría. Se obtuvo de una ceniza basáltica con un alto contenido de vidrio (McKay, Carter, Boles, & Allton, 1994). (Véase Anexo 2.)
- PREVENCIÓN: Es el conjunto de actividades o medidas adoptadas o previstas en todas las fases de actividad de la empresa con el fin de evitar o disminuir los riesgos derivados del trabajo. (Ley 31/1995)
- RIESGO LABORAL: Es la posibilidad de que un trabajador sufra un determinado daño derivado del trabajo. Para calificar un riesgo desde el punto de vista de su gravedad, se valorarán conjuntamente la probabilidad de que se produzca el daño y la severidad del mismo. (Ley 31/1995)
- REGOLITO LUNAR: Es el resultado de los continuos impactos de meteoroides, grandes y pequeños, y por el constante bombardeo de partículas atómicas cargadas provenientes del sol y demás estrellas. El regolito lunar tiene gran similitud, en cuanto a tamaño, con la arena arcillosa, con un tamaño medio de grano entre los 45 y 100 m. Muchos de estos granos son angulosos y abrasivos, similares a la ceniza volcánica terrestre. Este material tiene una muy baja conductividad y poca pérdida dieléctrica, permitiendo la acumulación de carga electrostática bajo la radiación ultravioleta, provocando su levitación cuando los campos eléctricos normales a la superficie son lo suficientemente fuertes (Vladimir, 2020).
- SILICIO: “Es un metaloide abundante en todo el material lunar, con una concentración de aproximadamente el 20% en peso. Es de enorme importancia producir matrices de paneles solares para la conversión de la luz solar en electricidad, así como vidrio, fibra de vidrio y una variedad de cerámicas útiles.”¹
- SILICOSIS: Se trata de una enfermedad incapacitante e irreversible a día de hoy, que puede agravar o ser precursora de otras enfermedades que afectan a los pulmones u otros órganos. Además, la inhalación de SCR se ha asociado también con la aparición de cáncer de pulmón (Carballo, Fernández, & al., 2022).

¹ *Un nuevo mineral descubierto en un meteorito lunar, Investigación y ciencia.* Recuperado el 20 de junio de 2023, Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Recursos_lunares#cite_note-19

Planteamiento y objetivos del Trabajo

- **SIMULANTE LUNAR:** Estos son elaborados en la tierra y tienen que reproducir la composición química del suelo lunar pues es la base de las reacciones químicas del proceso de construcción (Hormigos, 2018).

1.3.OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general:

Ejecutar y elaborar una evaluación de riesgos con sus debidas medidas preventivas para los diversos procedimientos a realizar con la fabricación del simulante lunar (regolito) desarrollados en los laboratorios de cementos, metalurgia (mineralurgia) y ensayos mecánicos de materiales de la universidad de Oviedo y que a su vez sirva como una herramienta preventiva para evitar riesgos laborales con dicho material en estas zonas de trabajo.

1.3.2. Objetivos específicos:

- Interpretar y recopilar información de los procesos, equipos a utilizar y procedimientos a ejecutar con la fabricación del simulante lunar (regolito).
- Observar e identificar las medidas protectoras que se usan en el momento para realizar estos procedimientos en las diversas zonas de trabajo.
- Estudiar e identificar los posibles riesgos laborales que se derivan de las acciones y procedimientos a realizar con el simulante lunar (regolito).
- Identificar los principales afectados a estos riesgos hallados.
- Elaborar las medidas preventivas y correctoras ante los riesgos encontrados, teniendo en cuenta las anteriores soluciones pactadas para dichos procesos.

CAPITULO II. PROCEDIMIENTOS, MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. METODOLOGÍA

Para empezar con la realización de esta tesis de fin de master se ejecutó una recopilación de artículos e investigaciones planteadas sobre el tema de fabricación y usos de simulante lunar para poder conocer y comprender el tema que se va a tratar y de esta manera poder desarrollar una óptima evaluación de riesgos, de igual manera fue indispensable asistir a las áreas donde se elaboró el proceso en este caso los laboratorios de metalurgia, cementos y ensayos mecánicos.

El proceso que se estableció fue el que se puede observar en la Figura 1, cabe resaltar lo indispensable que fue tener una adecuada historia del arte, recopilación de información y artículos para conseguir desarrollar esta tesis; La metodología utilizada fue mixta de tipo cuantitativa y descriptiva debido a que esta se enfocó en la observación y análisis para la recopilación de datos estadísticos (numéricos) en este caso se utilizaron diversas aplicaciones para obtener exposiciones de riesgos (luxómetro, sonómetro), por lo cual se obtuvieron datos numéricos y con estos resultados se pudo evaluar las características de los procedimientos y límites de exposición permitidos y de esta manera definir y delimitar los riesgos provocados por la fabricación y usos del simulante lunar.

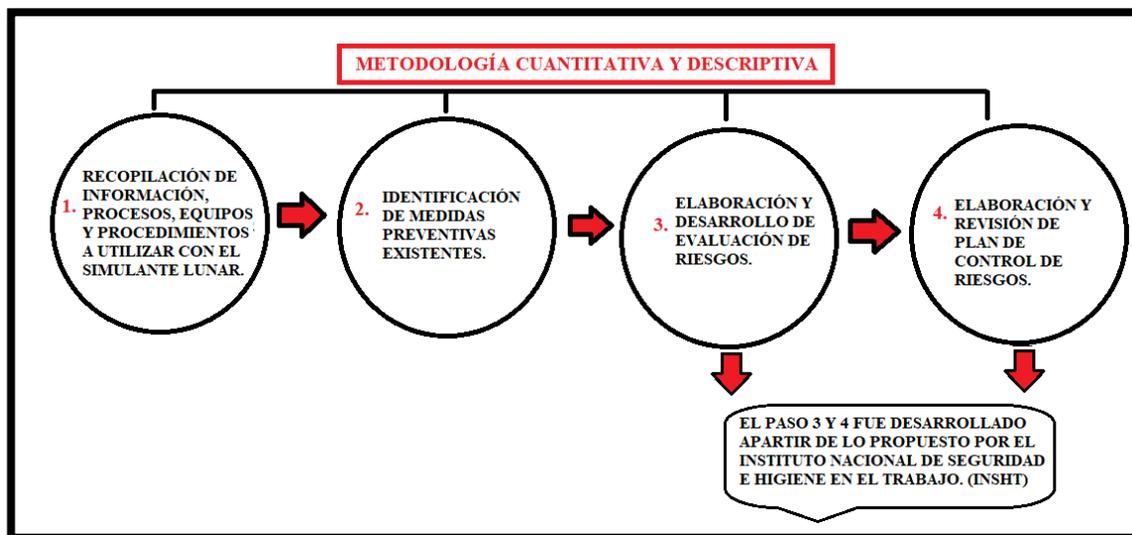


Figura 1. Metodología a desarrollar.

En la Figura 1. se puede observar las etapas que se utilizaron en el proceso de la elaboración y desarrollo de la evaluación de riesgos y de sus respectivos planes de control y prevención, la cual consta de 4 etapas fundamentales para lograr la obtención de todos los riesgos asociados a la fabricación eliminación de estos, el cual es el propósito principal de

este trabajo que es mitigar, disminuir y si es posible eliminar en su totalidad los riesgos asociados a estos simulantes.

2.1.1. Recopilación de información, procesos, equipos y procedimientos a utilizar con el Simulante Lunar (Regolito).

2.1.1.1. Procedimientos y usos del simulante lunar (regolito):

Se realizó una recopilación de información de los procedimientos y usos del material a evaluar para tener claro cuáles serían los ámbitos, lugares y equipos en los que pudiera suceder accidentes o daños al trabajador, además de conocer las diversas funciones e importancia de la fabricación de estos simulantes.

En la Figura 2. podemos observar uno de los tantos usos que tiene los simulantes lunares en este caso la elaboración de ladrillos (Véase Anexo 1), con lo cual el objetivo es conseguir e identificar las características constructivas del material desde su resistencia hasta que tan apta es como material de construcción.

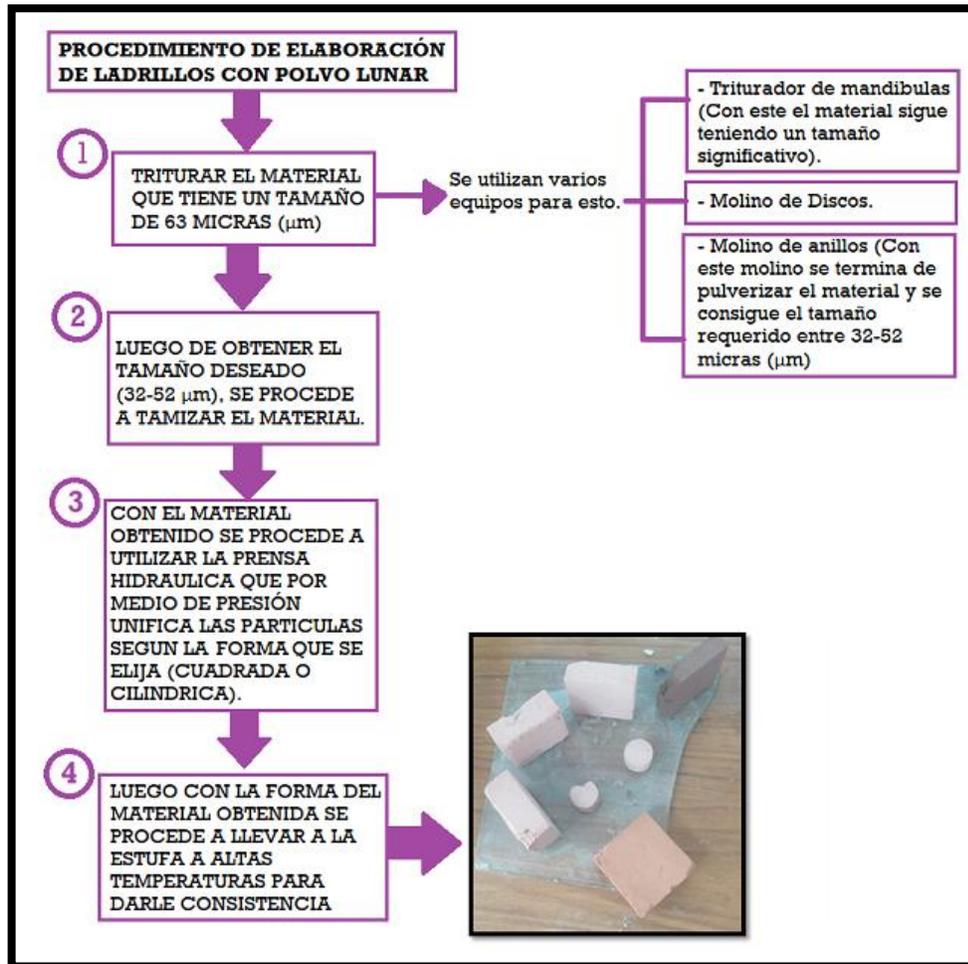


Figura 2. Procedimiento de elaboración de ladrillos con simulantes lunares.

Procedimientos, materiales y métodos

En el procedimiento anterior cabe resaltar que se puede realizar la trituración del material con cualquier equipo de molino esto dependerá del tamaño que se quiere obtener, además el procedimiento de trituración es la base esencial para derivar los usos del simulante lunar (regolito) ya que para la gran mayoría de usos se necesita que la materia se encuentre bien triturada, cabe mencionar que el único procedimiento ejecutado en los 3 laboratorios es la elaboración de ladrillos, que basa su proceso en triturar, tamizar, prensar y calentar el material; a continuación se exponen otros usos que se encontraron en el estado del arte realizado y que son de mucho interés.

En la Figura 3. se muestra uno de los tantos usos de la fabricación de simulantes lunares en este caso se realizó un esquema en donde se explicó el procedimiento de producción de morteros con simulante JSC-1A esto con fines constructivos, todo este procedimiento fue realizado por (Moraes, Siva Kumar, & al., 2020) y en este se puede observar que los simulantes lunares han llegado a obtener usos grandiosos, cabe mencionar que el JSC-1A es un material muy bueno pero de un alto costo puede oscilar entre los 40.000 – 50.000 €, debido a esto se creó el simulante D-NA-1 a partir de las cenizas volcánicas de la región del lago Bolseña, situado en el cráter volcánico del centro de Italia (Hormigos, 2018)

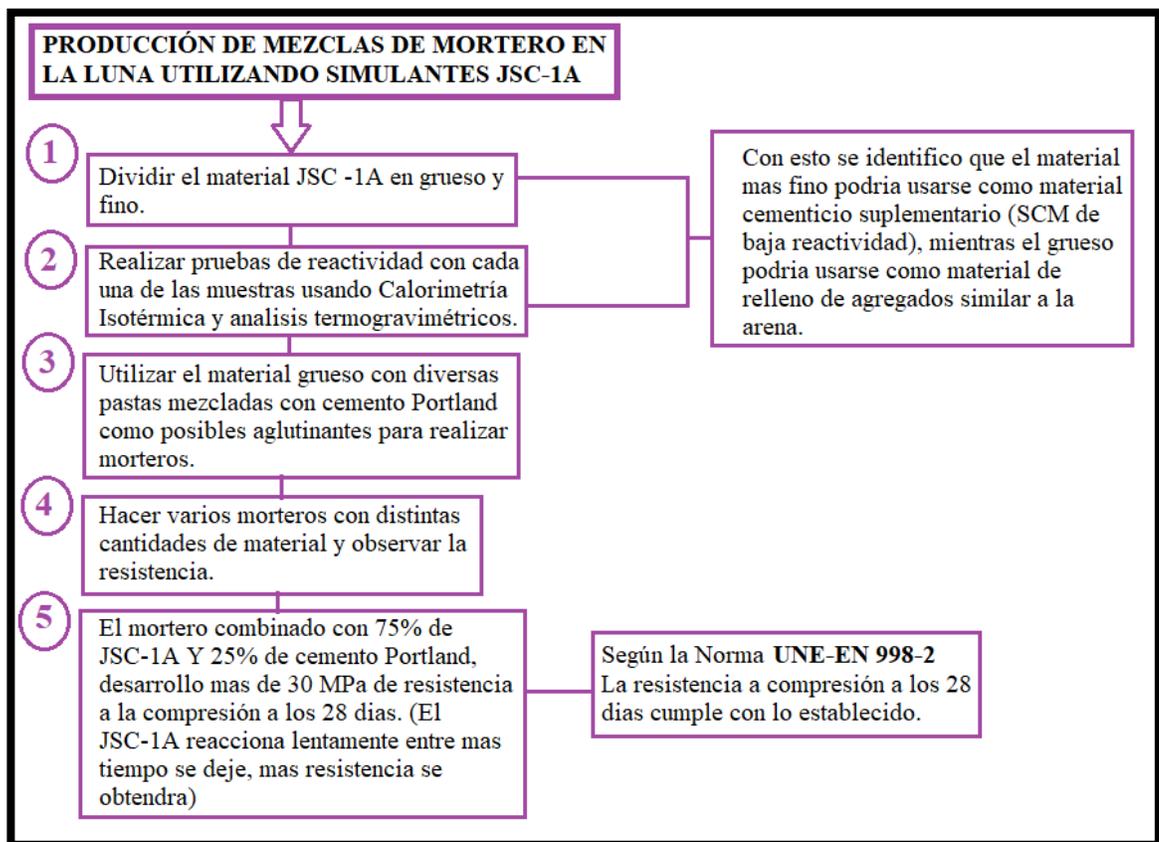


Figura 3. Producción de mezclas de Mortero en la Luna utilizando Simulantes JSC-1A (Moraes, Siva Kumar, & al., 2020)

Procedimientos, materiales y métodos

Además de estos usos la NASA se ha ido actualizando con los avances tecnológicos para poder prever situaciones y comportamientos en la luna y de esta manera suplir las necesidades que se le presenten al astronauta sin necesidad de volver a la tierra, con lo anterior se puede definir la importancia de las impresiones en 3D, como se muestra en la Figura 4. hay una línea de tiempo de algunos descubrimientos asociados a la luna el primero de estos fue en 1970 donde se inició la investigación del regolito encontrado en la luna, en 2010 se desarrolló simulantes de regolito y por último en el 2015 se desarrolló impresiones en 3D (Hormigos, 2018).

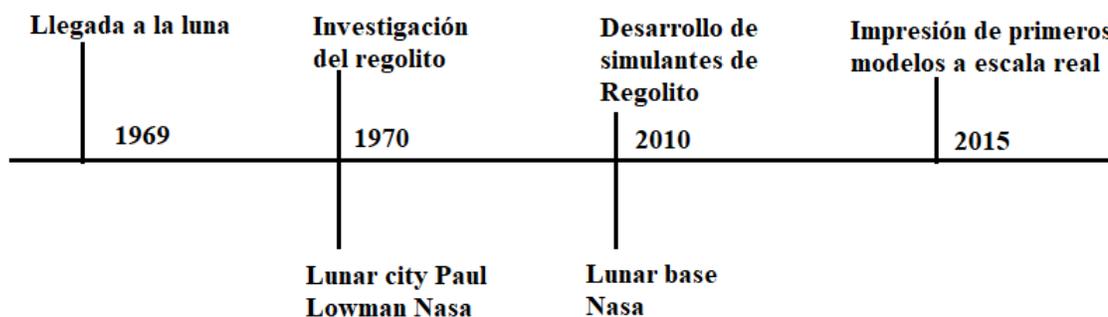


Figura 4. Línea de tiempo de algunos descubrimientos asociados a la luna. (Hormigos, 2018)

Con lo anteriormente mencionado cabe resaltar el descubrimiento por parte del proyecto Artemis el cual fue una impresora en 3D de Redwire que emplea el polvo lunar y regolito del planeta rojo para que los astronautas fabriquen sus propias herramientas y estructuras, el programa Artemis es aún más ambicioso pretende que a largo plazo se pueda establecer la sociedad en la luna; el sistema operado por la impresora es llamado MOONRISE y toma el polvo lunar como materia prima (Hernando, 2021), las diversas aplicaciones con la que esta cuenta son:

- Construcción de herramientas.
- Hábitats enteros.
- Pistas de aterrizaje.
- Otras estructuras de todo tamaño.

Esta impresora ya fue utilizada en la tierra con materiales de simulantes lunares que cuentan tanto con las especificaciones y condiciones físicas y químicas del polvo lunar y el resultado fue totalmente óptimo, lo que queda por observar y concluir es si en un futuro esta será de utilidad en la luna (Véase Fig. 5).



Figura 5. Impresora en 3D Redwire que emplea el polvo lunar y regolito del planeta rojo para que los astronautas fabriquen sus propias herramientas y estructuras (Hernando, 2021).

2.1.1.2. Equipos y maquinaria de los laboratorios:

Es importante definir algunos de los equipos y maquinarias que se utilizaron en el desarrollo de la fabricación y usos del simulante lunar (regolito), para lograr identificar los riesgos en los apartados posteriores a este, cabe mencionar que solo se nombraran los más relevantes de las 3 áreas de trabajo (laboratorios de cementos, ensayos mecánicos materiales y mineralurgia).

Este subapartado se dividió en 3 tablas diferentes para poder delimitar en que laboratorio se encuentra cada maquina y la función que esta cumplen, en la Tabla 1. se pueden observar los 3 equipos más relevantes utilizados para la fabricación del simulante lunar que son la tamizadora de sacudidas con tamices metálicos, la prensa hidráulica y por último la estufa (Véase Anexo 3).

Procedimientos, materiales y métodos

LABORATORIO	NOMBRE	FUNCIÓN	
CEMENTOS	TAMIZADORA DE SACUDIDAS CON TAMICES METALICOS.	"Equipo mecanico que se encarga de un método físico para separar mezclas. Consiste en hacer pasar una mezcla de partículas de diferentes tamaños por un tamiz o cedazo. Las partículas de menor tamaño pasan por los poros del tamiz atravesándolo y las grandes quedan retenidas por el mismo." ²	
	PRENSA HIDRAULICA	"Es una herramienta cuya característica principal, es su capacidad de realizar trabajos que implican gran despliegue de fuerza. Con la prensa hidráulica, se puede doblar, enderezar y/o ejercer presión sobre cualquier tipo de material u objeto, con el fin de cambiar su forma final." ³	
	ESTUFA	"Es un instrumento que se usa para secar y esterilizar recipientes de vidrio, los cuales provienen de un lavado de laboratorio. Es decir que esta cámara con cavidad, la cual tendrá una mayor temperatura a la del ambiente, quitará toda la humedad del recipiente de metal o vidrio." ⁴	

Tabla 1. Equipos y Maquinaria del laboratorio de Cementos.

De igual manera a continuación en la Tabla 2. se especifican los equipos más relevantes para el uso de la fabricación de simulantes lunares en el laboratorio de Ensayos Mecánicos de Materiales; en este se escogieron el molino de bola de acero, la tamizadora de Vaivén y la tamizadora Retsch Modelo AS 2000 (Véase Anexo 4).

Estos 3 equipos descritos anteriormente son utilizados para triturar el material y tamizarlo hasta conseguir el tamaño óptimo para realizar los procesos y procedimientos pertinentes.

² CISA, *Sieving Technologies, Principios de tamizado*, Recuperado el día 27 de junio de 2023, Disponible en <https://www.cisa.net/principios-tamizado/#:~:text=El%20tamizado%20es%20un%20m%C3%A9todo,quedan%20retenidas%20por%20el%20mismo.>

³ IGARDI HERRAMIENTAS, *Que es y como funciona una prensa hidráulica* (2012), Disponible en <https://igardi.com/blog/que-es-y-como-funciona-una-prensa-hidraulica/>

⁴ Kalstein, *¿Para qué sirve una estufa de laboratorio?*, Recuperado el día 27 de junio de 2023, Disponible en <https://kalstein.co.ve/para-que-sirve-una-estufa-de-laboratorio/#:~:text=L%20estufa%20de%20laboratorio%20es,recipiente%20de%20metal%20o%20vidrio.>

Procedimientos, materiales y métodos

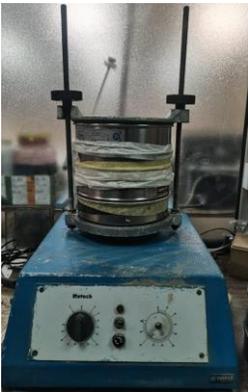
LABORATORIO	NOMBRE	FUNCIÓN	
ENSAYOS MECÁNICOS DE MATERIALES	MOLINO DE BOLA DE ACERO	"Es un tipo de molino utilizado para moler y mezclar materiales para ser utilizados en procesos de mezclado de minerales, pinturas, pirotecnia, cerámicas y sinterización de láser selectivo. Funciona por el principio de impacto y fricción: la reducción de tamaño es lograda cuando los medios de molienda característicos de este equipo (bolas o esferas) impactan entre ellas y contra las partículas del material a fraccionar." ⁵	
	TAMIZADORA DE VAIVÉN	"Realiza el proceso de tamizado, reproduciendo los movimientos habituales del tamizado manual: la combinación de movimientos laterales de tamizado y el golpeo en la parte superior facilita el paso de las partículas de las muestras, evitando la colmatación del producto en los tamices." ⁶	
	TAMIZADORA LA CASA RESTCH MODELO AS 2000	"Se utilizan en las áreas de investigación y desarrollo, control de calidad de materias primas, productos intermedios y acabados, así como en la supervisión de procesos de producción. El accionamiento electromagnético regulado permite una adaptación óptima a cualquier tipo de material. Estas máquinas convienen por su gran precisión de separación en tiempos cortos de tamizado." ⁷	

Tabla 2. Equipos y maquinaria del laboratorio de Ensayos Mecánicos de Materiales

⁵ Carbosystem, *Molienda de bolas*, Recuperado el día 16 de junio del 2023, Disponible en <https://carbosystem.com/como-funciona-un-molino-de-bolas/#:~:text=Un%20molino%20de%20bolas%20es,y%20sinterizaci%C3%B3n%20de%20l%C3%A1ser%20selectivo.>

⁶ Filtra vibración, *Salomón- Tamizadora de Vaivén y golpeteo*, Recuperado el día 16 de junio del 2023, Disponible en <https://filtra.com/tamizadora-ro-tap/#:~:text=La%20tamizadora%20de%20vaiv%C3%A9n%20y,evitando%20la%20colmataci%C3%B3n%20del%20producto>

⁷ Retsch, *Funcionamiento y características de las tamizadoras analíticas de la serie AS 2000*, Recuperado el día 16 de junio del 2023, Disponible en <https://www.retsch.es/es/productos/tamizado/tamizadoras/as-200-control/>

Procedimientos, materiales y métodos

En la Tabla 3. se especifican los equipos más relevantes para el uso de la fabricación de simulantes lunares en el laboratorio de Mineralurgia; en este se encuentran una trituradora de mandíbulas, un molino de discos, un molino de anillos y una bomba de aire comprimido (Véase Anexo 5).

LABORATORIO	NOMBRE	FUNCIÓN	
MINERALURGIA	TRITURADOR DE MANDIBULAS	"Cumple la función de triturar minerales y rocas duras, pero que también pueden ser utilizados para triturar materiales menos exigentes. Éstos equipos son mayormente utilizados en la industria de la minería, extracción, reciclaje entre otras aplicaciones industriales, realiza esta labor mediante la compresión, utilizando una mandíbula fija y una móvil en forma de V. Durante el proceso, la parte móvil comprime los minerales y rocas contra la parte fija, ejerciendo presión hasta que el material se encuentra en el tamaño que se desea." ⁸	
	MOLINO DE DISCOS	"El material es alimentado por la tolva a la cámara de molienda hermética cayendo entre los dos discos de molienda dispuestos de manera vertical. Uno de los discos es giratorio y se mueve contra el otro fijo triturando el material. La trituración deseada se produce por efectos de presión y fricción. La disposición progresiva de los dientes hace que el material sea primero partido y luego empujado por la fuerza centrífuga hacia el área perimetral de los discos, donde se realiza la trituración fina." ⁹	
	MOLINO DE ANILLOS	"Permite la pulverización extremadamente rápida (velocidad de hasta 1500 rpm) de materiales duros, frágiles o fibrosos hasta una granulometría muy fina, tipo talco, además permite la molienda en seco o en húmedo de materiales sólidos, quebradizos y muy duros. Molienda extremadamente rápida hasta obtener la granulometría de análisis." ¹⁰	
	BOMBA DE AIRE COMPRIMIDO	"Una bomba de aire comprimido es un dispositivo hidráulico de accionamiento neumático, caracterizado por su grado de succión bajo y por su capacidad de descargar líquidos con sólidos en suspensión. La bomba inyecta aire comprimido por el fondo del tubo de descarga que está sumergido en el líquido." ¹¹	

Tabla 3. Equipos y maquinaria del laboratorio de mineralurgia.

Procedimientos, materiales y métodos

Los equipos expuestos anteriormente en el laboratorio de mineralurgia, están encargados de triturar el material, cada uno de esos molinos tanto de discos como de anillos, y la trituradora de mandíbulas son utilizados para conseguir cierto tamaño del material, lo que los diferencia es que obtienen diferentes tamaños del polvo además de que unos resistan materiales más fuertes y rudos a la hora de triturar; además la bomba de aire comprimido es utilizada para limpiar los tamices por medio del aire a presión, pero esto se observará más adelante un poco más detallado.

2.1.2. Identificación de Medidas Preventivas existentes

Los laboratorios de cementos, mineralurgia y ensayos mecánicos cuentan con normas preventivas existentes las cuales se han ido implementando a lo largo de los años con ayuda del departamento de prevención de Riesgos Laborales de la Universidad; se iniciará por describir los equipos de protección individual (EPis) con los que cuentan los trabajadores del laboratorio y seguidamente se nombrarán algunos de los elementos de equipos de prevención y seguridad adicionales con los que cuentan estos ante diversos riesgos.

2.1.2.1. Equipos de protección auditiva:

Pueden existir de varios tipos de protección auditiva, entre esos están los cuales se encuentran acoplados a los cascos hasta los tapones adaptados para el trabajador según su límite de exposición, en el caso de los laboratorios se cuenta con audífonos compuestos por cojines de PVC que dan la sensación de cuero; para la labor rutinaria de la manipulación de maquinaria (Véase Tabla 4.)

⁸ Cromtek, *Triturador de mandíbula así funciona en minería y el laboratorio*, Recuperado el día 15 de junio de 2023, Disponible en <https://www.cromtek.cl/2021/04/16/triturador-de-mandibula-asi-funciona-en-mineria-y-el-laboratorio/#:~:text=El%20Triturador%20de%20Mand%C3%ADbula%20o,reciclaje%20entre%20otras%20aplicaciones%20industriales.>

⁹ Retsch, *Molino de discos, Principios de funcionamiento*, Recuperado el día 15 de junio de 2023, Disponible en <https://www.retsch.es/es/productos/molienda/molinos-de-discos/dm-200/#:~:text=Principio%20de%20funcionamiento&text=La%20trituraci%C3%B3n%20deseada%20se%20produce,se%20realiza%20la%20trituraci%C3%B3n%20fina.>

¹⁰ LavalLab, *Molino de anillos vibratorio Pulverisette 9*, Recuperado el día 15 de junio de 2023, Disponible en <https://lavallab.com/es/products/molinos/molino-de-anillos-vibratorio/>

¹¹ Wikipedia, *Bomba hidráulica de aire comprimido*, Recuperado el día 15 de junio de 2023, Disponible en https://es.wikipedia.org/wiki/Bomba_hidr%C3%A1ulica_de_aire_comprimido#:~:text=Una%20bomba%20de%20aire%20comprimido,est%C3%A1%20sumergido%20en%20el%20%C3%ADquido.

Procedimientos, materiales y métodos

AUDIFONOS DE PROTECCIÓN AUDITIVA		NORMATIVA
Los audífonos sirven para proteger al trabajador del ruido provocado por la maquinaria o por actividades que generen un volumen que supere los límites de exposición diaria, evita que el trabajador presente problemas auditivos y sordera.		Real Decreto 773/1997

Tabla 4. Equipos de protección auditiva existentes en el laboratorio.

2.1.2.2. Equipos para la protección de ojos y cara:

Igual que en los equipos de protección auditiva, en los de protección de ojos y cara hay diversos tipos en los cuales se encuentran gafas de montura universal, pantallas de protección total, graduadas, entre otras; en el caso de los laboratorios se utiliza las gafas de protección ligeras y cómodas para facilitar el trabajo del empleador, además de tener un campo visual óptimo y de contar con protecciones laterales incorporadas (Comercial, s.f.) (Véase Tabla 5.)

GAFAS DE PROTECCIÓN		NORMATIVA
Estas son las encargadas de proteger los ojos de las partículas o virutas que puedan saltar mientras se desarrolla el trabajo.		Real Decreto 773/1997

Tabla 5. Equipos de Protección de ojos y cara existentes en el laboratorio.

2.1.2.3. Equipos de protección respiratoria:

Existen varios equipos de protección que se pueden utilizar para la protección de partículas, polvo o aerosoles en el aire, que se usen como aislantes y mitiguen los riesgos respiratorios, en este caso en los 3 laboratorios estudiados se utiliza la mascarilla FFP3 para la trituración de simulantes lunares (Véase Tabla 6), ya que como el producto final es polvo se provocan diversos riesgos de este; existen varios tipos con aislantes y diferentes filtros, pero en este caso la universidad utiliza la FFP3 por su eficacia y economía.

MASCARILLAS FFP3		NORMATIVA
Son mascarillas con filtro que protegen al trabajador ante partículas demasiado pequeñas como el polvo o aerosoles difíciles de contener.		Real Decreto 773/1997

Tabla 6. Equipos de protección respiratoria existentes en el laboratorio.

Procedimientos, materiales y métodos

2.1.2.4. Equipos de protección para manos y brazos:

Existen varios tipos de protección de manos y brazos, en los cuales se encuentran los guantes para riesgos térmicos, eléctricos, químicos y biológicos, se clasifican en base a su nivel de riesgo y van de categoría I a III (Perez, 2022), en el caso de la trituración de simulantes lunares el riesgo es mínimo, ya que el producto con el que se trabaja no es tóxico ni químico nocivo para el trabajador por ende los guantes utilizados son los de nitrilo (Véase Tabla 7.)

GUANTES DE NITRILLO		NORMATIVA
En el laboratorio existen varios tipos de guantes, pero en el caso de las actividades que se quieren evaluar se utilizan los de nitrilo que son los encargados de proteger al trabajador de sustancias y polvos no deseados, evitando dermatitis o enfermedades peores de la piel.		Real Decreto 773/1997

Tabla 7. Equipos de protección para manos y brazos existentes en el laboratorio.

2.1.2.5. Equipos de protección del cuerpo:

Existen diversos equipos de protección para el cuerpo en los cuales se encuentran los trajes, monos, pantalones, chalecos, delantales, algunos contienen efectos reflectantes si los trabajos se desarrollan en áreas bajas de luminosidad, como se nombró anteriormente escoger el tipo de protección de cuerpo dependerá de las actividades que se realicen, en este caso como el procedimiento se basa solo en triturar, prensar y calentar los simulantes lunares (regolito) para elaborar los ladrillos el equipo de protección que se utiliza es la bata, la cual protege hasta las rodillas (Véase Tabla 8.)

BATAS DE LABORATORIO		NORMATIVA
Estas son las encargadas de proteger al trabajador de sustancias, líquidos o polvos que puedan caer en su cuerpo, vienen diseñadas hasta la rodilla y contienen mangas largas para a su vez proteger los brazos.		Real Decreto 773/1997

Tabla 8. Equipos de protección del cuerpo existentes en el laboratorio.

2.1.3. Elaboración y desarrollo de Evaluación de Riesgos

Los trabajadores del laboratorio se encuentran expuestos a riesgos constantemente en sus zonas de trabajo, que van desde accidentes, quemaduras, cortes entre otras hasta consecuencias más graves como enfermedades irreversibles o crónicas (Real Decreto 1299/2006, s.f.), la evaluación de riesgos y el plan de prevención que se piensa desarrollar en esta tesis la cual enfoca 3 áreas de trabajo (laboratorios de cementos, mineralurgia y ensayos mecánicos) será solo una ya que a pesar que se utilicen 3 zonas de trabajo, el punto principal de desarrollo de esta tesis son los riesgos ocasionados por la fabricación del simulante Lunar en dichos ámbitos laborales.

Para el desarrollo de la evaluación de riesgos y plan de control de estos la metodología que se utilizó fue la planteada por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, la cual está comprendida por 5 subapartados que van delimitando los riesgos con mayor impacto en cuanto a daño y probabilidad, a continuación, se exponen estos 5 subapartados explicando el proceso que se desarrolla en cada uno para obtener una evaluación de riesgos óptima.

2.1.3.1. Clasificación de las actividades de trabajo.

En este subapartado se exponen las actividades a desarrollar en la fabricación del simulante lunar en las 3 áreas de trabajo (Cementos, mineralurgia y ensayos mecánicos), estas se dividen en los siguientes ítems:

- Tareas que se realizan, la duración y frecuencia con que se ejecuta.
- Lugares y descripciones donde se realiza el trabajo.
- Quien realiza el trabajo y la cantidad de trabajadores.
- Tamaño, forma y características del material utilizado.
- Formación que han recibido los trabajadores sobre la ejecución de sus tareas.
- Contenido y recomendaciones del etiquetado de las sustancias utilizadas en el laboratorio.
- Organización del Trabajo.

Cabe mencionar que algunos parámetros de este subapartado fueron suprimidos ya que en apartados anteriores ya se tiene dicha información (Maquinarias a utilizar y medidas de control existentes).

2.1.3.2. Análisis del Riesgo.

En este subapartado se identifican los peligros causados por la fabricación y proceso con el simulante lunar, como ocurren estos y cuáles son las causas; de este subapartado se derivan 2 ítems para poder identificar los riesgos con un enfoque de identificación del riesgo, severidad del daño y probabilidad.

Procedimientos, materiales y métodos

- Identificación del Peligro: El fin del proceso de identificación de peligros, es útil para categorizarlos de distintas formas; los riesgos pueden ser mecánicos, eléctricos, por radiaciones, por sustancias, por incendios, por explosiones, entre otras.
- Estimación del riesgo: Para elaborar esta estimación se tienen 2 variables la severidad del daño y la probabilidad de que este ocurra:
- Severidad del Daño: Para esto es indispensable determinar la zona del cuerpo afectada y el nivel de daño que varía desde ligero a extremo como se muestra en la Tabla 9.

NIVEL DE DAÑO		
LIGERAMENTE DAÑINO	DAÑINO	EXTREMADAMENTE DAÑINO
*Daños superficiales *Cortes *Magulladuras. *Molestias e irritaciones.	*Laceraciones *Quemaduras *Torceduras Importantes *Sordera *Dermatitis *Asma *Trastornos muscoesqueleticos.	*Amputaciones *Fracturas mayores *Intoxicaciones *Lesiones fatales *Cancer *Enfermedades cronicas que acorten severamente la vida.

Tabla 9. Niveles de daño según el INSST.

- Probabilidad de que ocurra el daño: Este ítem es la probabilidad de que ocurra el daño y se utilizan las variables desde baja a alta como se muestra en la Tabla 10.

PROBABILIDAD DE QUE OCURRA EL DAÑO		
PROBABILIDAD ALTA	PROBABILIDAD MEDIA	PROBABILIDAD BAJA
El daño ocurrirá siempre o casi siempre.	El daño ocurrirá en algunas ocasiones.	El daño ocurrirá raras veces.

Tabla 10. Probabilidad de que ocurra el daño según el INSST.

2.1.3.3. Valoración de Riesgos.

Para lograr establecer una óptima probabilidad de daño, se debe considerar varios aspectos como si las medidas existentes implantadas son las más adecuadas para estos riesgos, observar si se lleva a cabo un buen procedimiento de manipulación de las máquinas y si se cumple a cabalidad la normativa para cada una de estas, a su vez si estas reciben el respectivo mantenimiento anual; de igual manera tener en cuenta la frecuencia con la que el trabajador se expone al peligro, además de tener en cuenta en la valoración de los riesgos si los trabajadores son sensibles a ciertas sustancias o se encuentran en estado de embarazo o invalidez.

Procedimientos, materiales y métodos

El siguiente cuadro expone un método simple para estimar los niveles de riesgo de acuerdo a su probabilidad estimada y a sus consecuencias esperadas (Véase Tabla 11.)

		Niveles de riesgo		
		Consecuencias		
		Ligeramente Dañino LD	Dañino D	Extremadamente Dañino ED
Probabilidad	Baja B	Riesgo Trivial T	Riesgo Tolerable TO	Riesgo Moderado MO
	Media M	Riesgo Tolerable TO	Riesgo Moderado MO	Riesgo Importante I
	Alta A	Riesgo Moderado MO	Riesgo Importante I	Riesgo Intolerable IN

Tabla 11 Matriz de Riesgo implantada por el INSST.

Para poder decidir si los riesgos son tolerables es necesario utilizar la Tabla 11. ya que es la base fundamental para decidir si los controles de medidas preventivas existentes son óptimos o es necesario mejorarlos y a su vez es indispensable observar la Tabla 12. donde se muestran criterios sugeridos como puntos de partida para ayudar a la toma de decisiones, de igual manera también especifica la urgencia con la cual se deben solucionar estos ya que es proporcional al nivel de riesgo.

La Tabla 12. Muestra varios criterios a través de parametros que van desde Trivial (T) que es el nivel de riesgo valorado más bajo hasta Intolerable (IN) que es el nivel de riesgo valorado más alto es decir es que en definitiva urge corregir estos ya que si no es de este modo, las actividades deben cesar por completo.

Riesgo	Acción y temporización
Trivial (T)	No se requiere acción específica.
Tolerable (TO)	No se necesita mejorar la acción preventiva. Sin embargo se deben considerar soluciones más rentables o mejoras que no supongan una carga económica importante. Se requieren comprobaciones periódicas para asegurar que se mantiene la eficacia de las medidas de control.
Moderado (M)	Se deben hacer esfuerzos para reducir el riesgo, determinando las inversiones precisas. Las medidas para reducir el riesgo deben implantarse en un periodo determinado. Cuando el riesgo esta asociado con consecuencias extremadamente dañinas, se precisará una acción posterior para establecer, con más precisión, la probabilidad de daño como base para determinar la necesidad de mejora de las medidas de control.
Importante (I)	No debe comenzarse el trabajo hasta que se haya reducido el riesgo. Puede que se precisen recursos considerables para controlar el riesgo. Cuando el riesgo corresponda a un trabajo que se esta realizando, debe remediarse el problema en un tiempo inferior al de los riesgos moderados.
Intolerable (IN)	No debe comenzar ni continuar el trabajo hasta que se reduzca el riesgo. Si no es posible reducir el riesgo, incluso con recursos limitados, debe prohibirse el trabajo.

Tabla 12. Criterios para Valoración del Riesgo según el INSST.

Procedimientos, materiales y métodos

Los dos subapartados que faltan en la evaluación de riesgos los desarrolle en el apartado de elaboración y revisión de planes de control de riesgos.

2.1.4. Elaboración y Revisión de Plan de Control de Riesgos.

Este apartado es demasiado importante porque es el resultado final del desarrollo de la evaluación de riesgos, es decir aquí se identificará si se mitigaron los riesgos o por lo menos se disminuyeron, ya que en este ítem se efectuarán cambios y medidas preventivas antes los riesgos hallados.

2.1.4.1. Preparar un Plan de Control de Riesgos:

El resultado de la evaluación de riesgos ayudara a implementar, diseñar y mejorar los controles de riesgos, en este ítem se diseña un plan de mejoras preventivas para mitigar los riesgos obtenidos teniendo en cuenta el presupuesto por parte de la universidad, cabe recalcar que este plan tendrá que ser verificado y tener un debido proceso de control periódicamente, donde se pueda observar si se logró minimizar los riesgo o aumento el nivel de estos ya sea por medidas preventivas erróneas o por aumento de actividades a desarrollar que no se contemplaron antes.

2.1.4.2. Revisar el plan de actuación:

Para este ítem es indispensable revisar si los sistemas planteados servirán para adecuar los riesgos en aceptables, de la misma forma concretar si el desarrollo de estos sistemas o medidas llevaran a la obtención de nuevos riesgos, ademas de tener en cuenta la opinión del trabajador ya que de esto dependerá que el plan de actuación funcione puesto que el desarrollo será efectivo si los trabajadores se sienten conformes con estos cambios.

CAPITULO III. DESARROLLO, RESULTADOS Y DISCUSIÓN GENERAL

3.1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1.1. Aplicación del Método de Evaluación de Riesgos General por el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST).

Luego de haber nombrado los subapartados a seguir de la metodología para hacer una evaluación de riesgos expuesta por el INSST se procede a desarrollar cada apartado en orden, cabe mencionar y aclarar que esta evaluación de riesgos se realiza para el trabajador que está expuesto a la utilización y fabricación de simulante lunar (Regolito) y que desarrolla estas actividades en las 3 áreas de estudio (Laboratorio de cementos, mineralurgia y ensayos mecánicos).

3.1.1.1. Aplicación del apartado 2.1.3.1, donde se exponen las clasificaciones de las actividades de trabajo.

Para el desarrollo de este apartado se realizó visitas y se habló con el personal para observar las actividades cotidianas que se realizan en los laboratorios frente a la fabricación del simulante lunar (Véase Tabla 13), fue necesario identificar la frecuencia y la duración de estas para poder definir los niveles de exposición de los riesgos.

TAREAS QUE SE REALIZAN	DURACIÓN	FRECUENCIA
*Obtención del material (Basaltos, Andesitas y Peridotita).	Cada 2 meses	
*Trituración del material (Simulante lunar).	1 hora	2 veces al mes
*Tamizado del material (simulante lunar).	1 hora	2 veces al mes
*Envasado y etiquetado del material (simulante lunar).	2 horas	2 veces al mes
*Colocar el material en los moldes y por medio de la prensa hidráulica unificar los sedimentos.	2 horas	2 veces al mes
*Llevar a la estufa a altas temperaturas, para que por medio del calor se obtenga una resistencia del material (simulante lunar).	6 horas	2 veces al mes

Tabla 13. Tareas realizadas por el personal en los laboratorios frente a la fabricación del simulante lunar, con su respectiva duración y frecuencia.

En la Tabla 13. Se pueden observar que las actividades cotidianas están resumidas en 6, las cuales tienen duraciones y frecuencias mínimas, ya que la labor se realiza quincenalmente y el tiempo máximo de duración es de 6 horas laborales. A demás de esto es importante describir las 3 áreas de trabajo para el personal.

Desarrollo, resultados y discusión general

La Escuela de Ingeniería de Minas, Energía y Materiales de Oviedo, se encarga de brindar servicios académicos de Grado en Ingeniería de Tecnologías, Máster en Ingeniería de Minas, Máster en Dirección de Proyectos, Máster en Ingeniería Energética, Máster en Ciencias y Tecnología de Materiales y Máster en Prevención de Riesgos, esta universidad se encuentra compuesta por varios salones y 25 laboratorios especializados, de los cuales solo nos enfocaremos en los 3 del estudio.

Inicialmente se describirá el Laboratorio de Cementos el cual se encuentra ubicado en la segunda planta de la Escuela, cuenta con una superficie de 90 m² en el cual se encuentran 2 departamentos, una cámara climática con sistema de monitorización y control de la temperatura y humedad, mesetas con las máquinas para la realización de los ensayos y en la parte de debajo cajones con los accesorios necesarios para cada una de las máquinas (Enamorado & Rodriguez, 2020), las maquinas más utilizadas para el procedimiento de la fabricación del simulante lunar son la tamizadora de sacudidas con tamices metálicos, prensa hidráulica y estufas (Véase Anexo 10).

En la Figura 6. se puede observar un plano de la segunda planta de la Escuela de Minas, en la cual se enmarca con rojo la zona de estudio, en este caso el laboratorio de cementos, el cual se encuentra en el medio del laboratorio de Recursos Energéticos y Medio Ambiente y el despacho; esta planta está constituida por 28 instalaciones.

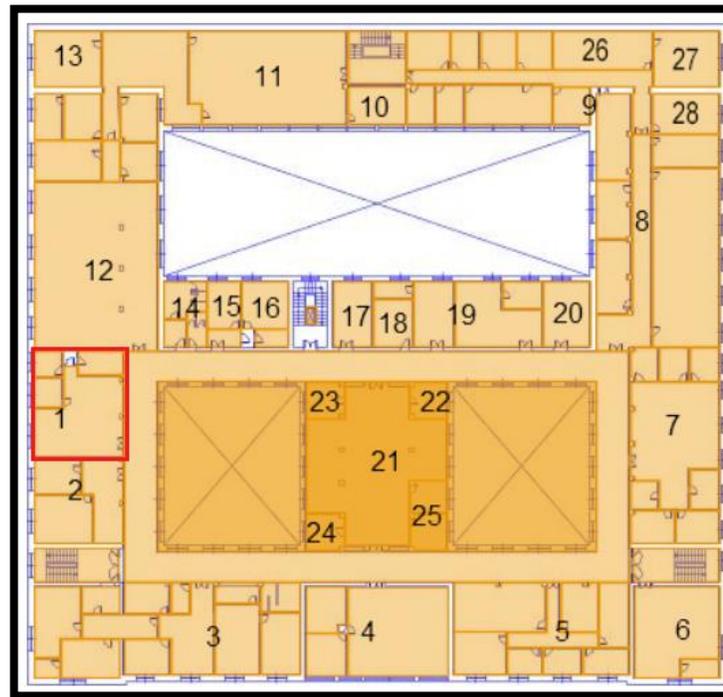


Figura 6. Plano de la segunda planta de la Escuela de Ingeniería de Minas, Energía y Materiales de Oviedo, Ubicación del Laboratorio de Cementos en el plano. (UNIOVI, s.f.)

El Laboratorio de Ensayos Mecánicos de Materiales se encuentra en la planta del sótano de la Escuela, con una superficie de 42m², cuenta con 28 recursos materiales, entre

Desarrollo, resultados y discusión general

ellos los más utilizados para la finalidad de esta tesis son los molinos de bola, la tamizadora de vaivén y la tamizadora Retsch modelo AS200, con un equipo para tamizado húmedo (Véase Anexo 11).

En la Figura 7. se puede observar un plano de la planta del sótano de la Escuela de Minas, en la cual se enmarca con rojo la zona de estudio, en este caso el laboratorio de Ensayos Mecánicos, el cual se encuentra en el medio del servicio de limpieza y la caldera; esta planta está constituida por 25 instalaciones.

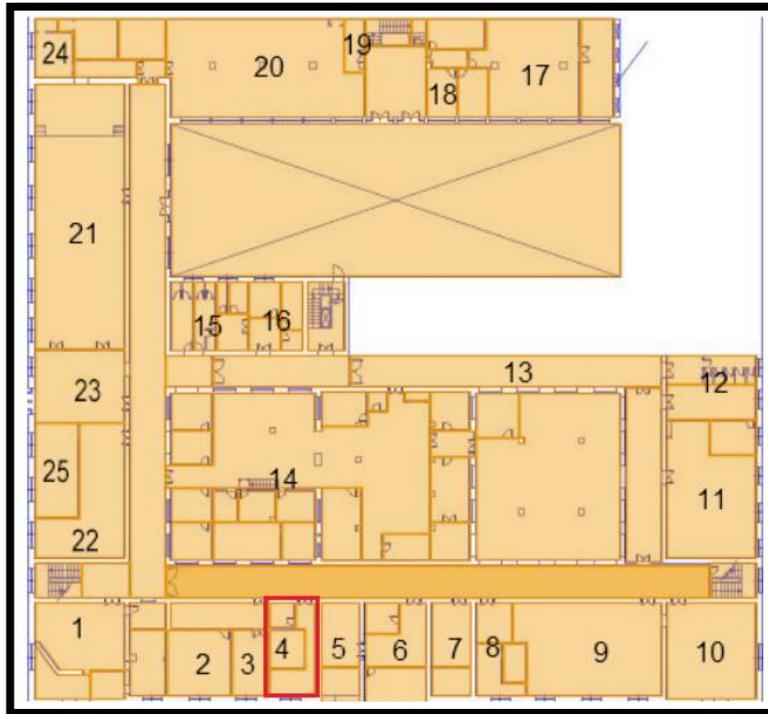


Figura 7. Plano de la segunda planta de la Escuela de Ingeniería de Minas, Energía y Materiales de Oviedo, Ubicación del Laboratorio de Ensayos Mecánicos en el Plano. (UNIOVI, s.f.)

El Laboratorio de Metalurgia (mineralurgia) se encuentra en la planta del sótano de la Escuela, cuenta con 40 recursos materiales fuera de equipos y herramientas del laboratorio, una gran parte de su maquinaria es de trituración y tamizado, entre ellos los más utilizados para la finalidad de esta tesis son la trituradora de mandíbulas, el molino de discos, el molino de anillos y equipo de bomba de aire comprimido (Véase Anexo 13).

En la Figura 8. se puede observar un plano de la planta del sótano de la Escuela de Minas, en la cual se enmarca con rojo la zona de estudio, en este caso el laboratorio de Metalurgia (mineralurgia), el cual se encuentra en el medio de zonas de servicio de limpieza; esta planta está constituida por 25 instalaciones.

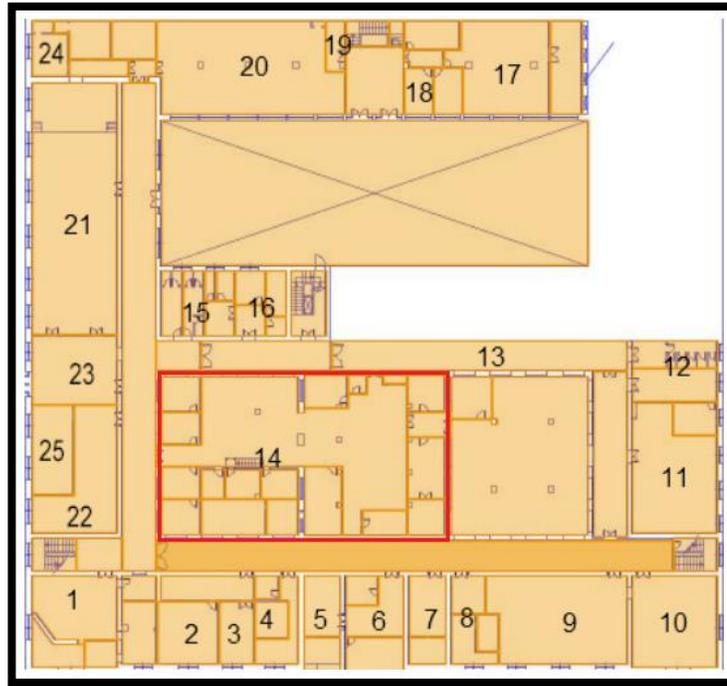


Figura 8 Plano de la segunda planta de la escuela de Ingeniería de Minas, Energía y Materiales de Oviedo, Ubicación del Laboratorio de Metalurgia (Mineralurgia) en el plano (UNIOVI, s.f.).

Luego de explicar las áreas donde se elabora el trabajo y la maquinaria más usada por los trabajadores es indispensable identificar las personas que realizan estos trabajos, en este caso son dos (2) estudiantes del grado de Geología (Raquel Vázquez González y Mateo Favila Fernández Suárez) quienes elaboran las actividades en compañía del tutor en jefe Antonio Márquez, además de esto se debe explicar un poco los 2 tipos de material que se utilizan como simulantes lunares (Regolito).

Para poder describir los materiales utilizados en el laboratorio es importante partir del hecho que al querer fabricar un simulante lunar es indispensable que los materiales que se usen tengan la composición química y física de la superficie lunar, por esto se define en la Tabla 14. los compuestos químicos de la superficie lunar que se tuvieron en cuenta para la obtención de los materiales en el laboratorio.

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA SUPERFICIE LUNAR			
COMPUESTO	FÓRMULA	COMPOSICIÓN	
		Maria	Tierras altas
Sílice	SiO ₂	45,4%	45,5%
Alúmina	Al ₂ O ₃	14,9%	24,0%
Cal	CaO	11,8%	15,9%
Óxido de Hierro (II)	FeO	14,1%	5,9%
Magnesia	MgO	9,2%	7,5%
Óxido de titanio (IV)	TiO ₂	3,9%	0,6%
Óxido de sodio	Na ₂ O	0,6%	0,6%
		99,9%	100,0%

Tabla 14. Composición química de la Superficie Lunar. (Taylor, 1975)

Desarrollo, resultados y discusión general

Como podemos observar en la Tabla 14. La superficie lunar está compuesta casi en su mitad de medida por un 45,5 % de sílice el cual es nocivo y puede provocar riesgos para la salud, pero esto se verá en un apartado más adelante, teniendo en cuenta estos datos se escogieron los materiales a usar.

El primer material se compone por una mezcla de Basaltos y Andesitas los cuales son traídos del congreso de Viñon Infiesto y de Ciudad Real, en algunas ocasiones es traído de Isla Decepción de la Antártida; “los Basaltos son las rocas volcánicas más comunes en nuestro planeta, cubren prácticamente todas las cortezas oceánicas. Un basalto es una roca ígnea de composición básica y de color mafico, de grano fino que contiene plagioclasa cálcicas y piroxeno (generalmente augita) \pm olivino. Los basaltos también pueden contener hornblenda, biotita, ortopiroxeno y feldespatoides” (Alicante, s.f.), a la hora de escoger el Basalto como material para simulante lunar se tuvo en cuenta que este tiene entre 45-53% de sílice, además de ser abundante en hierro (Fe), magnesio (Mg) y calcio (Ca), y poco sodio (Na) y Potasio (K), es decir cumple con el porcentaje alto del sílice de la superficie lunar.

En la figura 9. podemos observar una roca de basalto la cual se utiliza con las rocas andesitas para formar el simulante lunar.



Figura 9. Basalto en forma de roca (Alicante, s.f.)

Las andesitas “son rocas de composición intermedia. La descripción de la roca y el término fue introducido para describir un grupo de rocas encontradas en los Andes de Bolivia y Chile (Leopold von Buch en 1835), posteriormente descrita también en Kamchatka en Rusia. La andesita es una roca muy común, apareciendo fundamentalmente en márgenes continentales activos donde hay subducción, la andesita se registra como un tipo de roca importante asociado con la mayoría de los volcanes activos hoy en día. La mayor parte de la andesita moderna se encuentra en márgenes continentales activos (subducción océano-continente) y la composición química media de la andesita es muy similar a la composición química media estimada de la corteza continental de la Tierra. Las andesitas suelen tener texturas porfídicas o vitrofíricas, y los fenocristales a menudo proporcionan un registro notable de al menos parte de la historia evolutiva de las rocas. Su índice de color (M) varía

Desarrollo, resultados y discusión general

generalmente de 20 a 40, siendo intermedias. La plagioclasa, piroxeno y hornblenda son los minerales esenciales normales, y la plagioclasa es el fenocristal que suele ser el más abundante, mostrando textura porfídica” (Alicante, s.f.). La andesita fue escogida por ser un material muy similar a la corteza de la tierra, que a su vez unido con el basalto crea un simulante lunar que cumple con las exigencias de composición de la superficie lunar.

En la figura 10. podemos observar una roca de Andesita y podemos percibir su color arenoso, aunque tiene diversas tonalidades.



Figura 10. Andesita en forma de roca (Alicante, s.f.).

El segundo material utilizado como simulante lunar (regolito) es la Peridotita que es obtenida del cabo ortegal, La peridotita es una roca ígnea intrusiva que se caracteriza por representar a las rocas del manto superior de la tierra, por lo tanto, su composición química es ultrabásica es decir que tiene menos del 43% de sílice (SiO_2), además, está compuesta principalmente por olivino, clinopiroxeno y ortopiroxeno (Maldonado, 2021), esta roca también cumple con las especificaciones de la composición química de la superficie lunar ya que tiene altos niveles de sílice.

En la figura 11. se puede observar una roca Peridotita que sirve para la fabricación de simulantes lunares (Regolito).



Figura 11. Peridotita en forma de roca (Maldonado, 2021)

Desarrollo, resultados y discusión general

Anteriormente se describió los 3 materiales a usar, ahora es imprescindible nombrar que la materia prima se obtiene en un tamaño grande (Véase Anexo 6) y es necesario realizar los diversos procedimientos para obtener el polvo (Véase Anexo 7) que servirá como simulante lunar (Regolito), este se debe encontrar entre 32-52 μm dependiendo de la actividad que se quiera realizar. Como se puede observar en la Fig. 12 donde el material ya se encuentra debidamente triturado y tamizado y a su vez se encuentra en bolsas para realizar el respectivo envasado.



Figura 12. Envasado del material triturado y tamizado.

Ademas de delimitar todos los aspectos anteriores es importante mencionar que los laboratorios cuentan con medidas preventivas como el extintor y botiquín de primeros auxilios, y cabe mencionar que los equipos cuentan con mantenimiento anual, para el buen manejo de estos (Véase Fig. 13).



Figura 13. Medidas adicionales de Prevención de Riesgos (Extintor y botiquín de primeros auxilios)

Desarrollo, resultados y discusión general

3.1.1.2. Aplicación del apartado 2.1.3.2. en donde se especifican los análisis del Riesgo en la fabricación de simulantes lunares.

Para el desarrollo de este apartado se elaboró una encuesta para los trabajadores, la cual consto de 27 preguntas relacionadas con el diseño de su puesto de trabajo, condiciones ambientales de este, equipos de trabajo, incendios y explosiones, factores ergonómicos, psicosociales y por último deficiencias en la actividad preventiva, para poder observar los puntos de vistas del personal que elabora cotidianamente estas funciones (Véase Anexo 63-64) luego de realizar las encuestas a los dos trabajadores del estudio y conocer las falencias y necesidades que ellos creen tener se procede a valorar los riesgos individualmente teniendo en cuenta estos resultados y observaciones a la hora de evaluar la severidad y probabilidad del daño frente a los riesgos.

- **Identificación del peligro:** En este ítem se identificaron los peligros causados por la Fabricación de simulantes lunares (Regolito) en los cuales se encuentran los siguientes:

GOLPES Y CORTES: Algunas maquinarias de los laboratorios tienen esquinas filosas por ende es necesario que el trabajador tenga en cuenta las puntas filosas para evitar cortes con estas.

CAIDAS: En las actividades realizadas cotidianamente en la fabricación de simulantes lunares (Regolito), es indispensable tener una zona de trabajo ordenada y bien señalizada, en los laboratorios de metalurgia (Mineralurgia), cementos y ensayos mecánicos, se manejan diversos equipos y maquinaria la cual no siempre se encuentra ordenada, además de que en algunos laboratorios se encuentran desniveles los cuales pueden provocar caídas.

PELIGROS ASOCIADOS A LAS MAQUINAS: En la fabricación de simulante lunar (Regolito) se utilizan maquinas como Trituradoras de mandíbula que como su nombre lo dice es la que se encarga de pulverizar o triturar el material en polvo, el manejo de esta puede ocasionar proyección de partículas a la hora de poner el material encima ya que la manera de cubrir este es una lámina de acero, pero entre el proceso de ubicar el material y poner la lámina encima puede proyectarse partículas en un instante, además cabe recalcar que esta lamina fue una adecuación por parte del personal del laboratorio ya que esta máquina no cuenta con pantallas de protección.

SUSTANCIAS QUE PUEDEN INHALARSE: Debido a las materias primas utilizadas en el simulante lunar (Regolito) se pudo observar en la Tabla 14. que el componente más alto de la superficie lunar es el sílice con un 45% y debido a que los simulantes lunares tienen que cumplir con las composiciones tanto físicas como químicas; los materiales usados tienen un porcentaje similar en sílice que se encuentra entre 45-53% de sílice; este material al ser triturado expone a los trabajadores a un riesgo ocasionado por vía inhalatoria debido a los polvos obtenidos, hay que mencionar que este es nocivo para la salud en grandes

Desarrollo, resultados y discusión general

proporciones o cantidades, a continuación se especificaran algunas de las enfermedades provocadas por el sílice las cuales se encuentran en la *Guía Técnica para la Prevención del Riesgo por exposición a la Sílice cristalina Respirable (SCR) en el ámbito laboral*, antes de nombrar las enfermedades relacionadas con la exposición por sílice es importante nombrar que el valor VLA-ED no puede exceder el 0,05 mg/m³ aunque con valores mínimos a este no quiere decir que no puedan existir efectos adversos a esta exposición por ende lo ideal es disminuir en totalidad la exposición o cambiar el material de uso.

La utilización de las materias primas en la fabricación de simulantes lunares pueden ocasionar desde silicosis que esta causado por partículas de tamaño por debajo de 10 micras y en fracciones inferiores a 5 micras, esta se acumula en los alvéolos pulmonares dando lugar a esta enfermedad pulmonar que se presenta por altos niveles de concentración de polvo durante periodos de tiempo prolongados, lo más grave de esta enfermedad es que puede ser asintomática por ende es difícil de detectar y además de esto puede progresar con el tiempo así se evite la exposición, el daño es irreversible, por esto debe implementarse las medidas preventivas antes de que esto ocurra.

Otras de las enfermedades son la tuberculosis, enfermedades pulmonares obstructivas crónicas (EPOC) o enfermedades autoinmunes y del colágeno como la artritis reumatoide o la esclerodermia y la enfermedad renal crónica; en extremos casos se puede adquirir por el tiempo de exposición y su concentración cáncer pulmonar o problemas en el sistema nervioso y vascular.

Como se puede observar en la Fig. 2. Una de las causas que ocasiona el cáncer pulmonar según el Decreto 1299/2006 es el tallado y pulido de rocas silíceas en este caso, no se elaboró tallado y pulido, pero si triturado y tamizado que genera niveles de polvo de sílice similar al nombrado anteriormente.



Figura 14. Actividades con capacidad reconocida para generar Cáncer de Pulmón según el Real Decreto 1299/2006

Desarrollo, resultados y discusión general

ENERGIAS PELIGROSAS: En estas se van a delimitar los riesgos del Ruido, Electricidad y Luminosidad de la zona de estudio.

- Ruido: Para poder identificar si los niveles de exposición de ruido cumplían o superaban los parámetros expuestos por la norma UNE EN-ISO 9921:2003 Ergonomía. Evaluación de la Comunicación Verbal (ISO9921-2003) en su Anexo B: Ensayos de Inteligibilidad Verbal Subjetiva, donde su Valor Límite Ambiental de Exposición Diaria (VLA-ED) es de 80 dB(A), es decir con este valor ya se deben tomar medidas preventivas, pero el límite máximo de exposición es de 85 dB(A), para medir estos valores se utilizó una aplicación que se descargó en el móvil y un sonómetro de mano. La aplicación del sonómetro fue escogida por ser una de las aplicaciones mejores valoradas para el sistema Android, esta aplicación cuenta con niveles mínimos, máximos y promedios del sonido, además de contar con un stop para capturar la medida y un temporizador para realizar las medidas en ciertos periodos de tiempo, el sonómetro de mano facilitado por la universidad cuenta con un amplificador, un micrófono, un sistema de parada para capturar la medida, un temporizador y los niveles mínimos, máximos y promedios de la medida (Ver Fig. 15).



Figura 15. Aplicación de sonómetro utilizada para las medidas de ruido de los laboratorios y el sonómetro de mano.

La medida de ruido se realizó para la maquinaria utilizada en la fabricación de simulantes lunares, en este caso para el laboratorio de Ensayos Mecánicos se realizó dicha medida para la tamizadora Retsch, el molino de bola y la tamizadora de Vaivén y para el laboratorio de Metalurgia (mineralurgia) se realizó las medidas para la trituradora de mandíbulas, el compresor de aire y por último la tamizadora.

Desarrollo, resultados y discusión general

Los resultados que se obtuvieron para la maquinaria del laboratorio de Ensayos mecánicos son los siguientes:

En la tabla 15. se pueden observar los resultados que se obtuvieron tanto con la aplicación de móvil como el aparato de mano facilitado por la universidad, se puede concluir que difieren un mínimo entre resultados aunque el valor no es excesivo no alcanzaron los mismos valores en ambos, cabe recalcar que en los tres aparatos evaluados (tamizadora de Retsch, molino de bola y tamizadora de Vaivén) se superó los valores límites promedio de ruido ya que todas superan los 80dB de ruido, si bien es cierto el resultado concluye que hay que tener medidas preventivas, solo una de las maquinas supera los 85dB de límite de exposición diaria, esta tendrá que tener unas medidas preventivas más urgentes que las anteriores sin restarle importancia a las otras dos.

LABORATORIO DE ENSAYOS MECÁNICOS		
EQUIPO	MEDIDA CON APLICACIÓN DE MOVIL (dB)	MEDIDA CON APARATO DE MANO (dB)
TAMIZADORA RETSCH	81	98,6
MOLINO DE BOLA	82	80,4
TAMIZADORA DE VAIVÉN	86	93,7

Tabla 15. Tabla comparativa de resultados del sonómetro realizados a los equipos con la aplicación de móvil y el aparato de mano en el Laboratorio de Ensayos mecánicos de materiales.

De igual manera estos resultados tomados se pueden verificar en los anexos (52,53,54 y 58), los valores tomados en la tabla 15, son los promedios de cada medida realizada en el laboratorio de Ensayos mecánicos de materiales.

Los resultados de las medidas tomadas en el Laboratorio de Metalurgia (mineralurgia) son las siguientes:

En la tabla 16. se pueden observar los resultados que se obtuvieron tanto con la aplicación de móvil como el aparato de mano facilitado por la universidad, se puede concluir que difieren un mínimo entre resultados aunque el valor no es excesivo no alcanzaron los mismos valores en ambos, cabe recalcar que dos de los tres aparatos evaluados (tritadora de mandíbula y compresor de aire) superó los valores límites promedio de ruido ya que las dos superan los 85dB de ruido el cual es el valor límite de exposición diaria permitido, por ende es importante y urgente realizar medidas preventivas ante estos riesgos que eviten enfermedades a largo plazo relacionadas con problemas auditivos, el valor de la tamizadora Retsch a pesar de que no supera el valor promedio establecido se encuentra en un rango alto, por lo tanto hay que tenerlo en cuenta para que no genere riesgos más adelante.

Desarrollo, resultados y discusión general

LABORATORIO DE METALURGIA (MINERALURGIA)		
EQUIPO	MEDIDA CON APLICACIÓN DE MOVIL (dB)	MEDIDA CON APARATO DE MANO (dB)
TRITURADORA DE MANDIBULA	87	85,4
COMPRESOR DE AIRE	86	99,9
TAMIZADORA RETSCH	77	76,0

Tabla 16. Tabla comparativa de resultados del sonómetro realizados a los equipos con la aplicación de móvil y el aparato de mano en el Laboratorio de Metalurgia (mineralurgia).

De igual manera estos resultados tomados se pueden verificar en los anexos (55, 56, 57 y 59), los valores tomados en la tabla 16, son los promedios de cada medida realizada en el laboratorio de Metalurgia (mineralurgia).

- Electricidad: Los laboratorios de Cementos, Ensayos Mecánicos y Metalurgia (mineralurgia) se encuentran expuestos algunas veces a contactos directos con cableado y debido a que la maquinaria no se puede ejecutar al mismo tiempo por que salta el switch, el trabajador se debe ver expuesto a conectar y desconectar los equipos dependiendo de su uso, se debe tener precaución ya que existe muy poco orden y limpieza entre las maquinarias.
- Luminosidad: La iluminación de los laboratorios estudiados se realizó a través de la aplicación del luxómetro descargado desde el móvil y el luxómetro de mano facilitado por la Universidad de Oviedo (Ver Fig. 16.), se utilizó una distribución de puntos para medir en varias ubicaciones de los laboratorios; en el laboratorio de Cementos se realizaron 6 medidas con los dos luxómetros (Véase Anexo 61), en el laboratorio de Ensayos Mecánicos también se realizaron 6 medidas con los dos luxómetros (Véase Anexo 62) pero en el Laboratorio de Metalurgia (mineralurgia) se realizaron 13 medidas (Véase Anexo 60) debido a que es un área de trabajo más grande y es necesario tomar más medidas para obtener un buen resultado del valor de la iluminación.

El luxómetro de mano cuenta con un lector de luz, con botones de rango y hold (botón de stop), además cuenta solo con un valor de la medida promedio y la aplicación del móvil cuenta con un lector de luz, con un sistema de parado, un nivel de rango, y valores mínimos, máximos y promedios, cabe mencionar que esta aplicación fue escogida por ser una de las mejores valoradas para el sistema Android.



Figura 16. Aplicación del Luxómetro utilizado para las medidas de iluminación de los laboratorios y el Luxómetro de mano.

Los niveles mínimos de iluminación para las actividades realizadas en los laboratorios se pueden observar en la Tabla 15, que se encuentran en el *Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, BOE n°97 del 23 de abril, Anexo IV Iluminación de los lugares de trabajo*. donde se expone un nivel mínimo de iluminación de 500 Lux debido a que el lugar de trabajo en este caso los laboratorios tienen una exigencia visualmente alta por el desarrollo de sus actividades.

Zona o parte del lugar de trabajo (*)	Nivel mínimo de iluminación (lux)
Zonas donde se ejecuten tareas con:	
1º Bajas exigencias visuales100
2º Exigencias visuales moderadas200
3º Exigencias visuales altas500
4º Exigencias visuales muy altas1.000
Áreas o locales de uso ocasional50
Áreas o locales de uso habitual100
Vías de circulación de uso ocasional25
Vías de circulación de uso habitual50

Tabla 17. Niveles mínimos de iluminación de los lugares de Trabajo según el INSST.

Para el Laboratorio de cementos se obtuvieron las siguientes medidas respectivamente en los seis puntos señalizados en el Anexo 61.

En la Tabla 18. se encuentran las medidas tomadas con el aparato mano y las medidas tomadas con la aplicación y se pueden observar las variaciones tan extremas que hay entre ambas medidas (Ver Anexos 14-22), cabe mencionar que la aplicación cuenta con un nivel bastante alto de error, esto también depende del móvil con el que se realice la medida ya que este debe tener un buen lector de luz (una buena cámara profesional) para que capte el nivel de iluminación apropiado, aquí se puede definir que la aplicación no reemplaza la función del instrumental calibrado bajo normas internacionales pero permite adquirir un estado de situación medianamente cercano a la realidad.

Desarrollo, resultados y discusión general

LABORATORIO DE CEMENTOS				
UBICACIÓN	MEDIDA CON APARATO DE MANO (LUX)	MEDIDA CON APLICACIÓN DE MOVIL (LUX)	RANGO	TIEMPO (min)
1	151,1	397	200	1
2	119,8	405	200	1
3	86,8	334	200	1
4	43,7	268	200	1
5	104,0	285,0	200	1
6	164,1	3780	200	1

Tabla 18. Tabla comparativa de resultados del Luxómetro realizados con la aplicación de móvil y el aparato de mano en el Laboratorio de Cementos.

En la Tabla 18. Se puede observar que los puntos tomados no superan los valores mínimos establecidos por la norma, es decir faltaría aumentar el nivel de iluminación, mucho más en los puntos 3 y 4 para lograr cumplir con los parametros, cabe mencionar que los trabajadores se sienten a gusto con la iluminación existente, pero en cuanto a cumplir con los valores limites queda muy debajo de los valores que deben alcanzar en este caso 500 (Lux), cabe resaltar que la medida más alta de luz se obtuvo en ubicación N°6 que se encuentra cerca del ventanal y que ayuda a capturar la luz natural para el laboratorio.

Para el Laboratorio de Metalurgia (mineralurgia) se obtuvieron las siguientes medidas respectivamente en los trece puntos señalizados en el Anexo 60.

En la tabla 19. se puede observar que los puntos tomados no superan los valores mínimos establecidos por la norma (Ver Anexos 23-42), es muy probable que se deba a que este laboratorio se encuentra ubicado en el sótano y que la luz natural es más limitada, de igual forma es necesario aumentar el nivel de iluminación para mejorar esta, es evidente que los puntos tomados en las ubicaciones número 2 y 13 tienen elevados los valores de iluminación porque cuentan con un ventanal en el techo que aumenta la luz natural del ambiente del laboratorio, de igual manera la medida con mayor valor tomada es la de ubicación numero 4 donde se encuentra maquinaria pesada y esta cuenta con iluminaria bastante optima que aumenta los niveles de luz en este espacio. Se debe tener en cuenta mejorar la iluminación de este laboratorio con focos más óptimos asi el personal no se queje.

Desarrollo, resultados y discusión general

LABORATORIO DE MINERALURGIA				
UBICACIÓN	MEDIDA CON APARATO DE MANO (LUX)	MEDIDA CON APLICACIÓN DE MOVIL (LUX)	RANGO	TIEMPO (min)
1	153,3	341	200	1
2	193,7	3447	200	1
3	110,0	997,0	200	1
4	195,8	1450	200	1
5	77,3	959,0	200	1
6	66,9	317	200	1
7	184,8	367	200	1
8	167,7	774	200	1
9	118,3	294	200	1
10	172,9	279	200	1
11	148,4	573	200	1
12	146,7	640	200	1
13	189,1	1511	200	1

Tabla 19. Tabla comparativa de resultados del Luxómetro realizados con la aplicación de móvil y el aparato de mano en el Laboratorio de Metalurgia (mineralurgia).

Para el Laboratorio de Ensayos mecánicos de materiales se obtuvieron las siguientes medidas respectivamente en los seis puntos señalizados en el Anexo 62.

En la tabla 20. se puede observar que los puntos tomados no superan los valores mínimos establecidos por la norma (Ver Anexos 43-51), es muy probable que se deba a que este laboratorio se encuentra ubicado en el sótano igual que el de metalurgia por ende la luz natural es más limitada, de igual forma es necesario aumentar el nivel de iluminación para mejorar esta, se puede concluir que el punto con más iluminación es el numero 3 el cual se encuentra muy cerca de la ventana del laboratorio, cabe mencionar que el punto 4 que obtuvo el menor valor de iluminación, fue un error que no capto el aparato de mano y que en este la iluminación era muy buena y a la hora de captar la medida dio un valor erróneo pero cabe aclarar que en este punto la iluminación es adecuada.

LABORATORIO DE ENSAYOS MECÁNICOS				
UBICACIÓN	MEDIDA CON APARATO DE MANO (LUX)	MEDIDA CON APLICACIÓN DE MOVIL (LUX)	RANGO	TIEMPO (min)
1	237	2023	2000	1
2	219	1222	2000	1
3	316	692	2000	1
4	044	701	2000	1
5	123	837	2000	1
6	121	1095	2000	1

Tabla 20. Tabla comparativa de resultados del Luxómetro realizados con la aplicación de móvil y el aparato de mano en el Laboratorio de Ensayos mecánicos de materiales.

Desarrollo, resultados y discusión general

Por último, es importante mencionar que el análisis de la iluminación se realizó con las medidas tomadas por el aparato de mano, ya que este se encuentra calibrado y su sistema de verificación es mejor que el de la aplicación.

- Trastornos muscoesqueléticos derivados de movimientos repetitivos y malas posturas: Las actividades que se desarrollan en los laboratorios frente a la fabricación de simulantes lunares pueden provocar trastornos muscoesqueléticos derivados del diseño de puesto de trabajo ya que los trabajadores realizan las funciones en sillas sin espaldar y de gran altura que hacen incrementar sus malas posturas (Ver Fig. 17), además de realizar repetitivamente el tamizado manualmente para conseguir el tamaño final del polvo, ocasionando dolores en muñeca y brazo, cabe mencionar que el personal no se encuentra con ningún tipo de dolencia por realizar estas actividades de este modo.



Figura 17. Malas Posturas y diseño de puesto de trabajo de los empleados de los laboratorios.

En la figura 17. podemos observar la postura inclinada del trabajador, tendiendo a encorvarse ya que la silla no tiene espaldar para manejar una postura recta.

En cuanto a la ventilación de los 3 laboratorios, se puede decir que el laboratorio de Cementos y el de Ensayos mecánicos cuenta con un buen sistema de ventilación ya que tienen ventanales en cada uno de estos, cabe aclarar que la ventilación en el laboratorio de cementos es mejor que la de Ensayos mecánicos y esto se debe a la ubicación de estos ya que uno se encuentra en la segunda planta y el otro en la parte del sótano, en cuanto al laboratorio de Metalurgia (mineralurgia) este cuenta también con un buen sistema de ventilación ya que tiene grandes ventanales pero además de esto cuenta con una distancia amplia entre la superficie del suelo y el Techo lo que hace que de este modo mejore la ventilación allí.

Desarrollo, resultados y discusión general

- Estimación del Riesgo y valoración del Riesgo: Para este ítem se definieron los riesgos anteriormente mencionados y se catalogaron en base al daño que ocasiona sea este ligeramente dañino, dañino o extremadamente dañino y en base a la probabilidad de que ocurra ya sea alta, media o baja, con esto se logró obtener los niveles de riesgo es decir las consecuencias que se evaluaron en triviales, tolerables, moderadas, importantes e intolerables para los riesgos provocados por la fabricación de simulantes lunares (Ver Tabla 21).

Desarrollo, resultados y discusión general

RIESGO	FACTORES DE RIESGO	SEVERIDAD DEL DAÑO	PROBABILIDAD	NIVEL DE RIESGO (Consecuencias)
		LD/D/ED	B/M/A	T/TO/MO/IN
Golpes y Cortes	Maquinaria con bordes punzantes.	LD	B	T
Caidas al mismo nivel.	Desorganización del laboratorio y de las materias primas, pisos en mal estado.	LD	B	T
Atrapamiento con maquinaria	El trabajador invade la zona de movimiento de las piezas u órganos auxiliares en movimiento (Trituradora de Mandibulas).	D	M	MO
Proyección de fragmentos y partículas.	Piezas o restos que pueden salir en dirección al puesto de trabajo que ocupa el trabajador. (Trituradora de mandibulas)	D	M	MO
Exposición a producto fisico (Polvo).	Trabajos con materias primas que se trituran hasta obtener un polvo.	ED	M	I
Exposición al Ruido.	Trabajos realizados con maquinaria (Tamizadoras, molinos, trituradoras y compresores de aire) que superan los límites de exposicion del ruido.	ED	M	I
Contacto electrico.	Cableado en desorden y en mal estado en la zona de trabajo.	LD	B	T
Exposición a baja luminosidad.	Trabajos realizados con niveles bajos de iluminación que no superan los límites admitidos.	D	B	TO
Trastornos muscoesqueleticos	Trabajos realizados con malas posturas.	LD	A	MO
Contacto térmico	Contacto con elementos que son sometidos a altas temperaturas (estufas).	LD	A	MO
Exposición a agentes quimicos.	Trabajos con materias primas compuesta por un alto porcentaje de sílice.	ED	M	I

LD=Ligeramente dañino
D= Dañino
ED=Extremadamente dañino
B=Baja
M=Media
A=Alta
T=Trivial
TO=Tolerable
MO=Moderado
I=Importante
IN=Intolerable

Tabla 21. Estimación y Valoración del Riesgo

Con la Tabla 21, se utilizan los riesgos con valoraciones de Moderados, Importantes e Intolerables y con estos se desarrolla el apartado 2.1.4.1 donde se elabora un plan de control ante estos riesgos que son de carácter urgente o extremadamente urgentes dependiendo de su nivel de riesgo, en la Tabla 22 se desarrollaron unas medidas preventivas para los riesgos anteriormente mencionados.

Desarrollo, resultados y discusión general

SEÑAL	RIESGO	MEDIDAS PREVENTIVAS	SEVERIDAD DEL DAÑO	PROBABILIDAD	NIVEL DE RIESGO (Consecuencias)	FECHA	RESPONSABLE
			LD/D/ED	B/M/A	T/TO/MO/I/TN		
	Atrapamiento con maquinaria	Introducir los materiales y encender la maquinaria luego de haber dejado ubicado los materiales, evitar introducir partes del cuerpo en estas, las operaciones de limpieza y mantenimiento solo se deben realizar con la maquinaria apagada.	D	M	MO	jul-23	Trabajador del laboratorio
	Proyección de fragmentos y partículas.	Evitar el acercamiento innecesario a la maquinaria, introducir los materiales y colocar la lamina de protección antes de encender la maquina, usar equipos de protección individual (gafas), implementar sistemas de pantallas de protección.	D	M	MO	jul-23	Departamento de Prevención de Riesgos de la Universidad de Oviedo.
	Exposición a producto físico (Polvo).	Aunque existan campanas extractoras (ANEXO 15), en el lugar del trabajo, es necesario la utilización de equipos de protección individual como mascarillas filtrantes con mayor grado de cubrimiento además de equipo de protección visual, o en su caso la implementación de mejoras en la campana extractora con un adicional de pantalla.	ED	M	I	jul-23	Departamento de Prevención de Riesgos de la Universidad de Oviedo.
	Exposición al Ruido.	Uso obligatorio de protección auditiva, realizar el encendido de la maquinaria y salir del laboratorio hasta que este termine, para evitar directamente el exceso de ruido. Instalar cerramientos acusticos.	ED	M	I	jul-23	Departamento de Prevención de Riesgos de la Universidad de Oviedo.
	Trastornos muscoesqueleticos	Utilizar una silla y mesa adecuada para desarrollar las actividades, Realizar pausas activas, Procurar mantener posturar adecuadas, estire los musculos para ayudar a aliviar las tensiones.	LD	A	MO	jul-23	Trabajador del laboratorio
	Contacto térmico	Utilizar equipos de portección individual como (guantes), señalar la zona de trabajo, Dejar enfriar de manera prudente las muestras antes de retirarlas de la estufa.	LD	A	MO	jul-23	Trabajador del laboratorio
	Exposición a agentes químicos.	Limitar las cantidades del agente (silice), limitar los trabajadores expuestos, uso de quipo de protección individual inhalatoria (tapabocas filtrantes de alto cubrimiento), Mejora de campanas extractoras, Reemplazar el material si se puede hacer, Implementación de pantallas para aumentar el grado de cierre de la extracción de polvos.	ED	M	I	jul-23	Departamento de Prevención de Riesgos de la Universidad de Oviedo.

Tabla 22. Medidas preventivas para los Riesgos Moderados, Importantes e Intolerantes.

Desarrollo, resultados y discusión general

Para desarrollar el punto final de esta evaluación de riesgos (apartado 2.1.4.2) fue necesario la identificación y medidas preventivas evaluadas en las tablas anteriores ya que en este ítem se proponen una serie de medidas preventivas que deben adoptarse para mitigar o reducir los riesgos hallados.

Estas medidas preventivas están divididas por carácter urgente para las cuales están delimitadas con un nivel de riesgo Moderado (Mo), es decir su nivel de urgencia no es tan alto, pero sin quitarles importancia y otras con carácter extremadamente urgentes las cuales se encuentran delimitadas por riesgos Importantes (I) los cuales necesitan un desarrollo rápido y eficaz.

Ademas de esto es necesario realizar cada cierto periodo de tiempo inspecciones que identifiquen si estas medidas han sido de utilidad para disminuir los riesgos y que a su vez a la hora de actualizar la evaluación de riesgos se valore si se han desarrollado nuevos riesgos ya sea por cambios de procedimientos, cambios de material o de infraestructura entre otros.

En la Tabla 23 se llevó a cabo una cotización presupuestal para las mejoras que se deben implementar en los laboratorios de estudio (cementos, metalurgia y ensayos mecánicos).

PRESUPUESTO PARA APLICAR LAS MEDIDAS PREVENTIVAS Y OBTENER UNA MEJORA		
PRODUCTO	CANTIDAD	PRECIO
Implementación de Botas de Seguridad.	2 Pares	50 euros
Pantallas de Protección	2	158 euros
Cabina Acustica	1	2.990 euros
Mascarillas FFP3 con valvula.	10	45,70 euros
TOTAL		3243,7

Tabla 23. Presupuesto de medidas preventivas.

Es importante mencionar que el apartado de cabina acústica es necesario para controlar el ruido de la maquinaria y en coste beneficioso es la más económica, debido a que se cotizo el apantallamiento y cercamiento acústico pero este supera los niveles de precio, es verdad que entre las dos opciones la mas recomendada seria el cercamiento y apantallamiento de la zona de trabajo, pero la cabina acústica cumple y brinda los beneficios en cuanto a precio y efectividad, de igual manera las pantallas de protección son coste/beneficio asequibles, si bien es cierto la inversión es de 3243,7 euros, esta será una inversión a largo plazo y tendrá beneficios óptimos en los niveles de ruido ocasionados por la maquinaria.

CAPITULO IV. CONCLUSIONES

4.1. CONCLUSIONES

Tras el análisis y desarrollo de la evaluación de riesgos se pudo concluir que los riesgos más relevantes en a la fabricación de simulantes lunares son el atrapamiento y proyección de partículas por parte de la maquinaria, la exposición al ruido ya que al trabajar con equipos de triturado y tamizado se ven expuestos los trabajadores a altos niveles de ruido, la exposición a agentes químicos y polvo, los cuales se presentan debido a las grandes proporciones de sílice de las materias primas utilizadas en el puesto de trabajo, y, por último, pero no menos importante, los trastornos muscoesqueléticos presentes, debido a las malas posturas desarrolladas por los trabajadores y a la falta de un adecuado diseño de puesto para estos, y la poca iluminación en las zonas de trabajo, que se incrementan con la luminaria implementada en dichas zonas.

Además se pudo observar que, si bien es cierto la tecnología ha ido avanzando, un móvil no reemplazara las medidas tomadas con un equipo profesional que está debidamente calibrado. Ya que con el pasar de los años el móvil se ha convertido en una herramienta esencial para el ser humano, y por esto se le han desarrollado aplicaciones y procesadores que pueden cumplir relativamente funciones de aparatos o equipos de mano, con el desarrollo de esta tesis se pudo comprobar que efectivamente el móvil es útil si no contamos con un aparato de mano para realizar las medidas, pero que no suplirá nunca la efectividad de estos, ya que con la aplicación el rango de error aumenta en más del 40% y se pudo comprobar en la comparación de valores obtenidos que difieren mucho unos de otros.

De igual manera, el desarrollo del presupuesto de mejoras para la implementación de medidas preventivas alcanzó un valor considerable de coste, ya que las mejoras que se proponen implican inversiones importantes. Por lo general se implementan medidas que disminuyan un poco los valores de ruido, pero en este caso se propuso implementar cabinas de ruido que aislaran efectivamente el ruido, por lo que el riesgo no disminuirá sino desaparecerá. Si se valora desde este punto de vista es una gran inversión inicial, pero los beneficios serán mayores que su costo.

Finalmente se pudo concluir que el desarrollo de la evaluación de riesgos es necesario e indispensable para poderle brindar calidad de vida y comodidad al empleador en el lugar de trabajo, además de evitar enfermedades o accidentes que conlleven a altos costes. Es mejor evitar y disminuir el riesgo en su momento y realizar pequeñas inversiones que indemnizar a un trabajador por montos mayores, que además de ocasionarle problemas en su salud lo limitarán. Cabe resaltar que esta evaluación de riesgos que se desarrolló para la fabricación de simulantes lunares (regolito) se debe actualizar constantemente, ya que pueden aparecer mas riesgos derivados de este o inclusive que las medidas preventivas no cumplan la función de disminución del riesgo.

4.2. RECOMENDACIONES

Para una segunda valoración y desarrollo de la evaluación de riesgos en la fabricación de simulantes lunares sería beneficioso poder medir los niveles de gases contaminantes para cada trabajador por medio de aparatos de mano que nos puedan brindar un valor promedio de gases o polvos emitidos por día, para realizar el comparativo de los límites de exposición diaria y poder identificar si cumplen o superan estos parámetros y poder establecer si existe un riesgo o no debido a la emisión de estos gases.

De igual manera, es recomendable que, en una próxima valoración de riesgos, se utilicen solo aparatos profesionales de medidas para obtener valores de medidas correctos y con menos índices de error, además de ser muy minucioso a la hora de calibrar estos equipos para que las medidas tomadas se realicen de una manera adecuada.

CAPITULO V. BIBLIOGRAFÍA

5.1. BIBLIOGRAFIA:

- Alberquilla, F., Martínez, J., Lunar, R., & García, V. (2022). *Caracterización multianalítica de basaltos de Lanzarote como simulante regolítico y recurso de habitabilidad lunar*. Madrid: Sociedad Geológica de España.
- Alicante, U. d. (s.f.). *Atlas Digital de Petrología Ígnea y Metamórfica, Andesita*. Obtenido de <https://web.ua.es/es/pim/roca-volcanicas/andesita.html>
- Alicante, U. d. (s.f.). *Atlas Digital de Petrología Ígnea y Metamórfica, Basalto*. Obtenido de <https://web.ua.es/es/pim/roca-volcanicas/basalto.html#:~:text=Un%20basalto%20es%20una%20roca,%2C%20biotita%2C%20ortopiroxeno%20y%20feldespatoides>.
- Bravo, R. (22 de Julio de 2019). *AstroAfición*. Obtenido de AstroAfición: <https://astroaficion.com/2019/07/22/que-es-el-regolito-lunar/>
- Carballo, M., Fernández, E., & al., e. (2022). Guía Técnica para la prevención del riesgo por exposición a la sílice cristalina respirable (SCR) en el ámbito laboral. *Instituto Nacional de Silicosis (INS). Departamento Técnico*.
- Carbosystem, *Molienda de bolas*, Recuperado el día 16 de junio del 2023, Disponible en <https://carbosystem.com/como-funciona-un-molino-de-bolas/#:~:text=Un%20molino%20de%20bolas%20es,y%20sinterizaci%C3%B3n%20de%20l%C3%A1ser%20selectivo>.
- CISA, *Sieving Technologies, Principios de tamizado*, Recuperado el día 27 de junio de 2023, Disponible en <https://www.cisa.net/principios-tamizado/#:~:text=El%20tamizado%20es%20un%20m%C3%A9todo,quedan%20retenidas%20por%20el%20mismo>.
- Comercial, L. (s.f.). *Material de laboratorio, Gafas de seguridad de laboratorio 511*, Recuperado el día 08 de Junio de 2023. Obtenido de <https://www.labcomercial.com/es/material-uso-general/2356-gafas-de-seguridad-de-laboratorio-511.html>
- Cromtek, *Triturador de mandíbula así funciona en minería y el laboratorio*, Recuperado el día 15 de junio de 2023, Disponible en <https://www.cromtek.cl/2021/04/16/triturador-de-mandibula-asi-funciona-en-mineria-y-el->

[laboratorio/#:~:text=El%20Triturador%20de%20Mand%C3%ADbula%20o,recicla%20entre%20otras%20aplicaciones%20industriales.](#)

Enamorado, & Rodríguez, K. (2020). *Evaluación de Riesgos en los Laboratorios de Cemento y el Laboratorio de Ensayos Mecánicos de materiales*. Oviedo.: Escuela de Ingeniería de Minas Energía y Materiales, Universidad de Oviedo.

Filtra vibración, *Salomón- Tamizadora de Vaivén y golpeteo*, Recuperado el día 16 de junio del 2023, Disponible en <https://filtra.com/tamizadora-rotap/#:~:text=La%20tamizadora%20de%20vaiv%C3%A9n%20y,evitando%20la%20colmataci%C3%B3n%20del%20producto>

Gilbert, A. (2022). *Estudio de sinterabilidad de simulantes de regolito lunar y de marte mediante métodos convencionales y no convencionales*. Universitat Politècnica de València.

Grupo, M. (20 de Diciembre de 2022). Obtenido de <https://mpeprevencion.com/la-evaluacion-de-riesgos-laborales-y-su-importancia/>

Hernando, A. (18 de Julio de 2021). *La impresora 3D que usara la Nasa para conquistar la Luna y Marte*. Obtenido de Esquire: <https://www.esquire.com/es/tecnologia/a37337406/impresora-3d-nasa-polvo-lunar-colonizar-luna-marte/>

Hormigos, M. (2018). *Man on the moon, Criterios para el diseño de arquitectura lunar, Trabajo de fin de grado. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid. Universidad politecnica de Madrid*.

IGARDI HERRAMIENTAS, *Que es y cómo funciona una prensa hidráulica (2012)*, Disponible en <https://igardi.com/blog/que-es-y-como-funciona-una-prensa-hidraulica/>

(INSHT), I. N. (1994). *NTP 406: Contaminantes químicos: evaluación de la exposición laboral*.

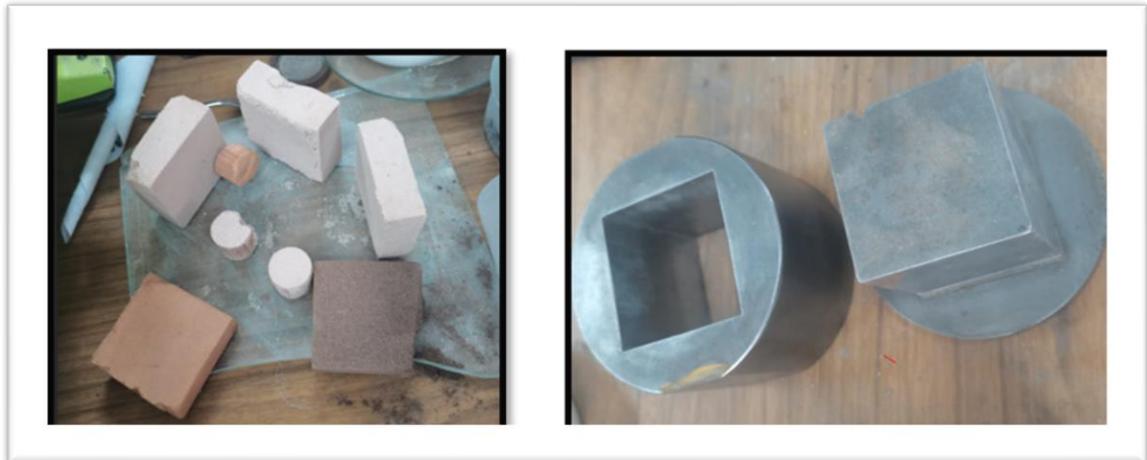
Kalstein, *¿Para qué sirve una estufa de laboratorio?*, Recuperado el día 27 de junio de 2023, Disponible en <https://kalstein.co.ve/para-que-sirve-una-estufa-de-laboratorio/#:~:text=La%20estufa%20de%20laboratorio%20es,recipiente%20de%20metal%20o%20vidrio.>

Lavallab, *Molino de anillos vibratorio Pulverisette 9*, Recuperado el día 15 de junio de 2023, Disponible en <https://lavallab.com/es/products/molinos/molino-de-anillos-vibratorio/>

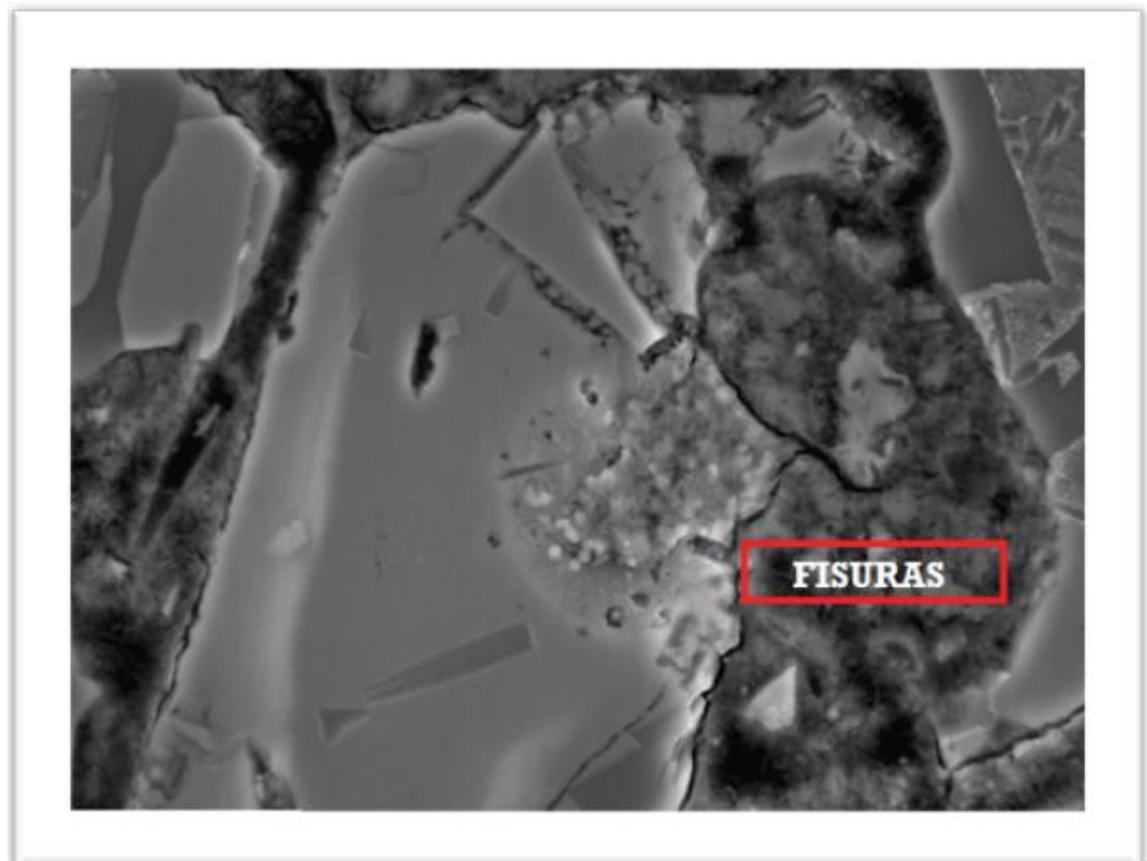
Bibliografía

- Ley 31/1995, d. 8. (1995). *Prevención de Riesgos Laborales. Art. 4.* Madrid: BOE.
- Maldonado, Y. (26 de Octubre de 2021). *Geologia Web, Peridotita*. Obtenido de <https://geologiaweb.com/rocas/peridotita/>
- McKay, D. S., Carter, J. L., Boles, W. W., & Allton, C. C. (1994). *JSC-1: un nuevo simulador de suelo lunar. En Rodney G. Galloway y Stanley Lokaj (eds.). Ingeniería, Construcción y Operaciones en el Espacio IV. Actas de la 4ª Conferencia Internacional, Albuquerque, Nuevo México, 26 de febrero al 3 de marzo de 1994. vol. 2. Nueva York: Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles. págs. 857–866. ISBN 0-87262-937-6.*
- Moraes, J., Siva Kumar, R., & al., e. (2020). *Characterizacion mechanical properties, and microstructural development of Lunar Regolith Simulant- Portland cement, blended mixtures.* The pennsylvania state university.
- Orden TED/723/2021 de 01 de julio, por la que se aprueba la instrucción técnica complementaria 02.0.02 "Protección de los trabajadores contra el riesgo por inhalación de polvo y sílice cristalina respirables" del Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera.
- Perez, S. (24 de Noviembre de 2022). *ProLaboral, Clasificación y normativa de los guantes de seguridad.* Obtenido de <https://www.prolaboral.com/es/blog/clasificacion-y-normativa-de-los-guantes-de-seguridad.html>
- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, *por el que aprueba el reglamento de los servicios de prevención.*
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, *por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.*
- Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, *por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.*
- Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, *sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.*
- Real Decreto 1299/2006, d. 1. (s.f.). *por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social y se establecen criterios para su notificación y registro.* Obtenido de <https://www.boe.es/eli/es/rd/2006/11/10/1299>

ANEXOS



ANEXO 1. Elaboración de ladrillos con simulantes lunares (Regolito) y moldes de acero para realizar la forma de los ladrillos.



ANEXO 2. Simulante JSC-1A (aproximadamente 15 g de JSC-1A (McKay, Carter, Boles, & Allton, 1994)



ANEXO 3. Maquinaria Utilizada en el Laboratorio de Cementos para la fabricación de simulantes lunares.



ANEXO 4. Maquinaria Utilizada en el Laboratorio de Ensayos mecánicos de materiales para la fabricación de simulantes lunares.



ANEXO 5. Maquinaria Utilizada en el Laboratorio de Metalurgia (mineralurgia) para la fabricación de simulantes lunares.



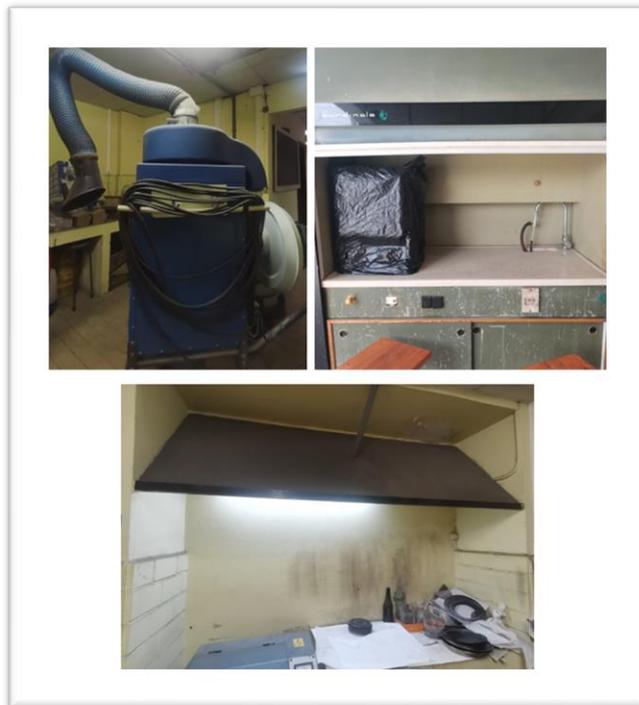
ANEXO 6. Materia prima utilizada para la fabricación de simulantes lunares (Regolito)



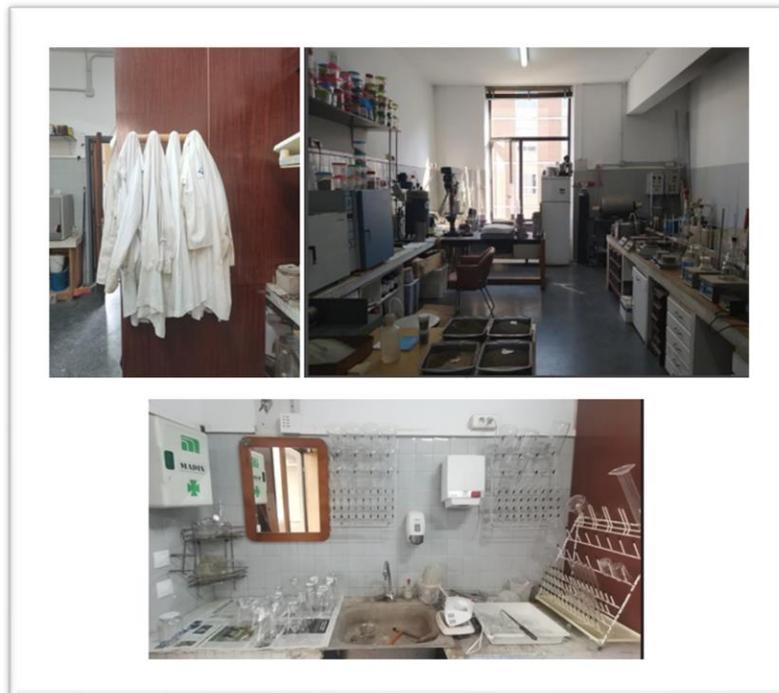
ANEXO 7. Materia prima debidamente triturada y tamizada.



ANEXO 8. Tamizado manual con brocha.



ANEXO 9. Métodos de extracción y ventilación de polvo (Cámaras extractoras y aspiradora de polvo).



ANEXO 10. Laboratorio de Cementos.



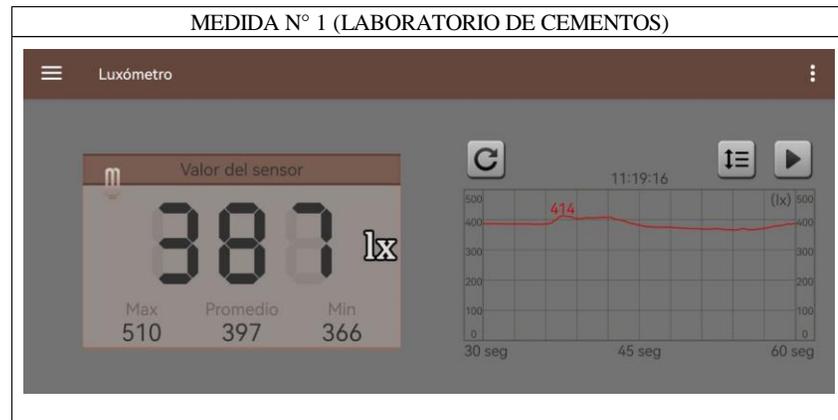
ANEXO 11. Laboratorio de Ensayos Mecánicos de materiales.



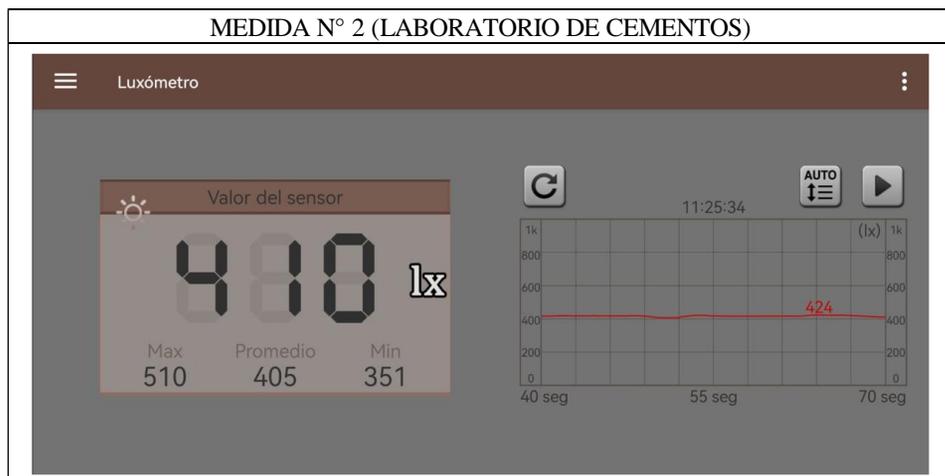
ANEXO 12. Limpieza de tamices con aire comprimido.



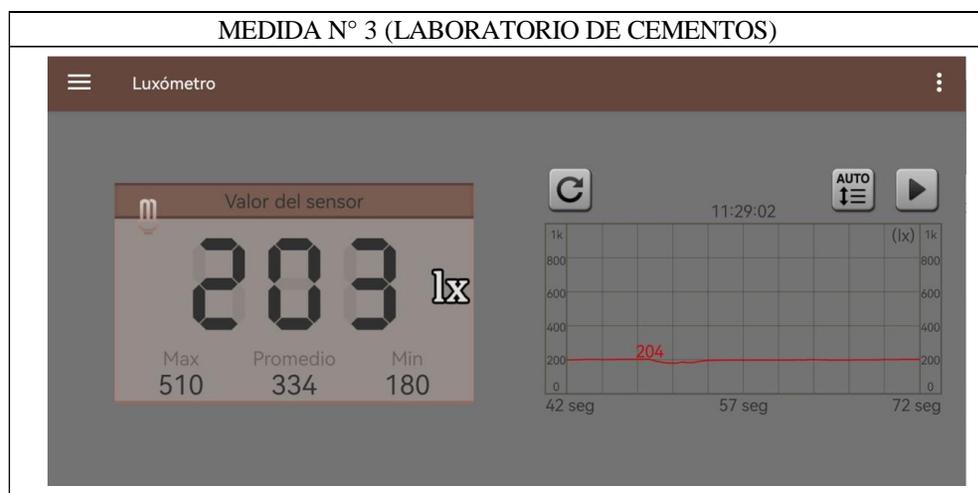
ANEXO 13. Laboratorio de Metalurgia (mineralurgia).



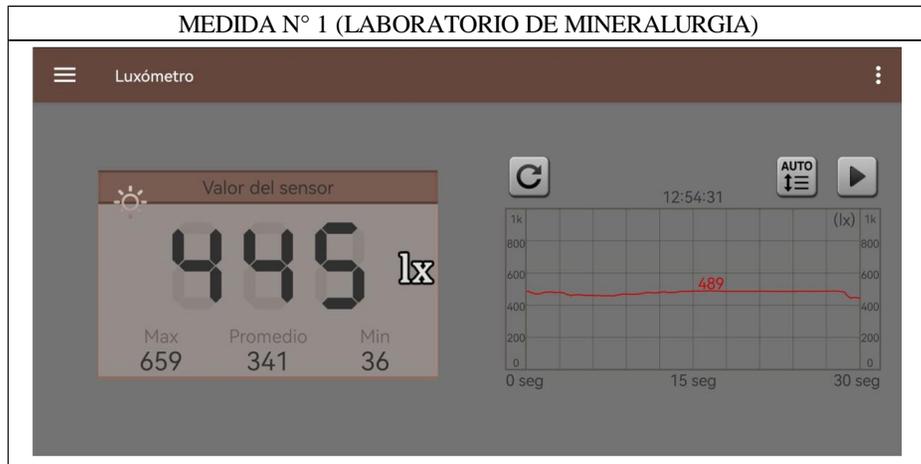
ANEXO 14. Medida del Luxómetro en el punto N°1 del laboratorio de cementos (Aplicación de móvil).



ANEXO 15. Medida del Luxómetro en el punto N°2 del laboratorio de cementos (Aplicación de móvil).



ANEXO 16. Medida del Luxómetro en el punto N°3 del laboratorio de cementos (Aplicación de móvil).



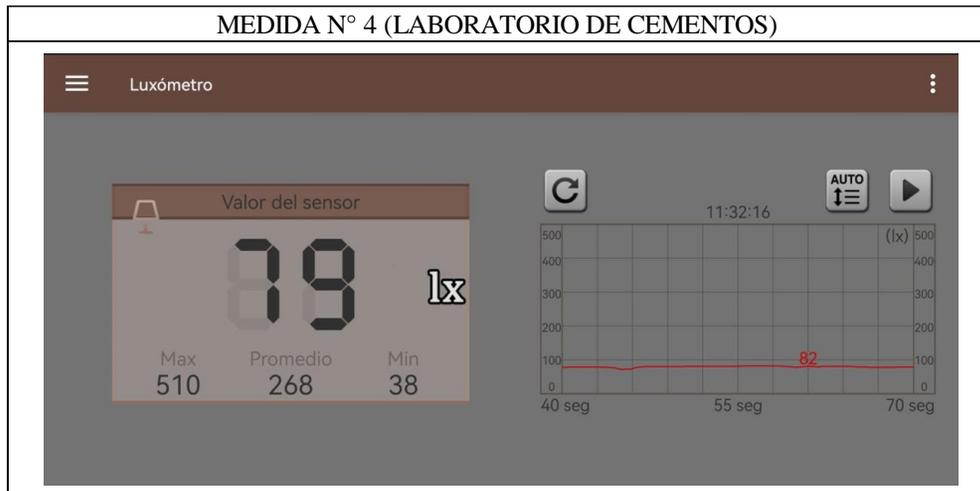
ANEXO 23. Medida del Luxómetro en el punto N°1 del laboratorio de Metalurgia (mineralurgia) (Aplicación de móvil).



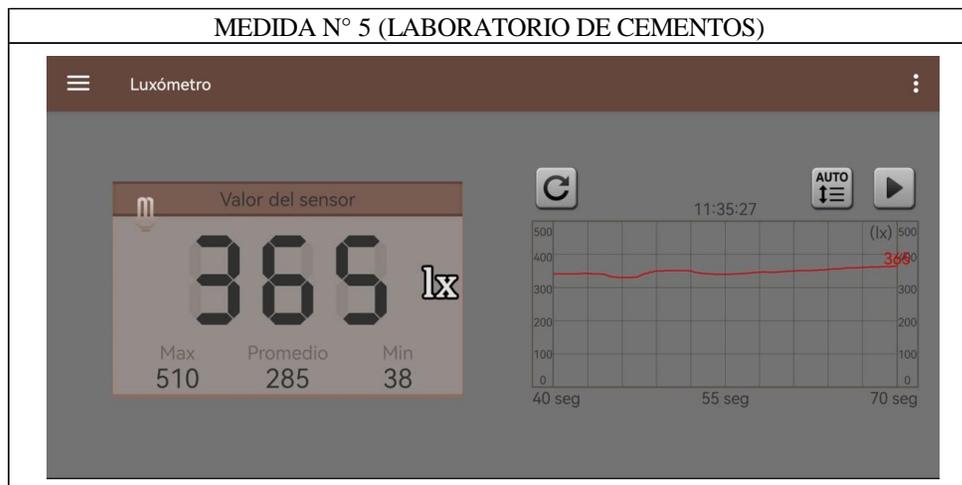
ANEXO 24. Medida del Luxómetro en el punto N°2 del laboratorio de Metalurgia (mineralurgia) (Aplicación de móvil).



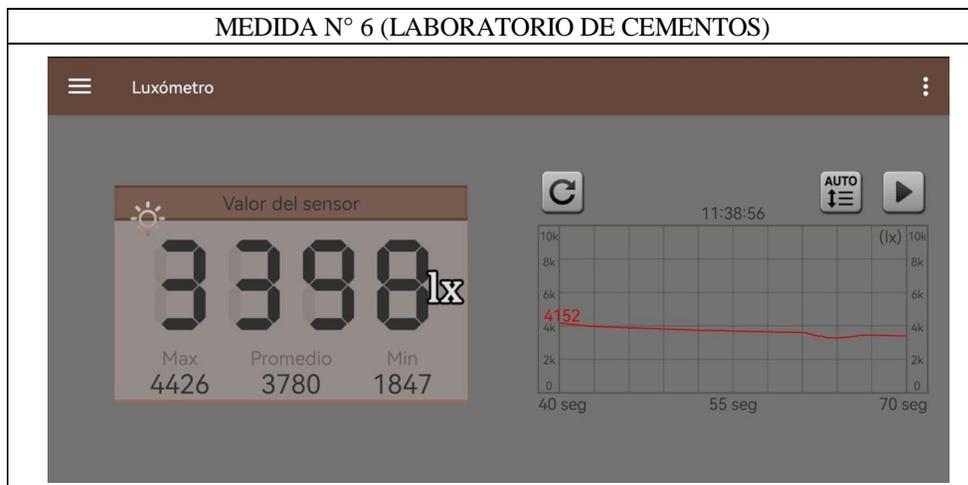
ANEXO 25. Medida del Luxómetro en el punto N°3 del laboratorio de Metalurgia (mineralurgia) (Aplicación de móvil).



ANEXO 17. Medida del Luxómetro en el punto N°4 del laboratorio de cementos (Aplicación de móvil).



ANEXO 18. Medida del Luxómetro en el punto N°5 del laboratorio de cementos (Aplicación de móvil).



ANEXO 19. Medida del Luxómetro en el punto N°6 del laboratorio de cementos (Aplicación de móvil).



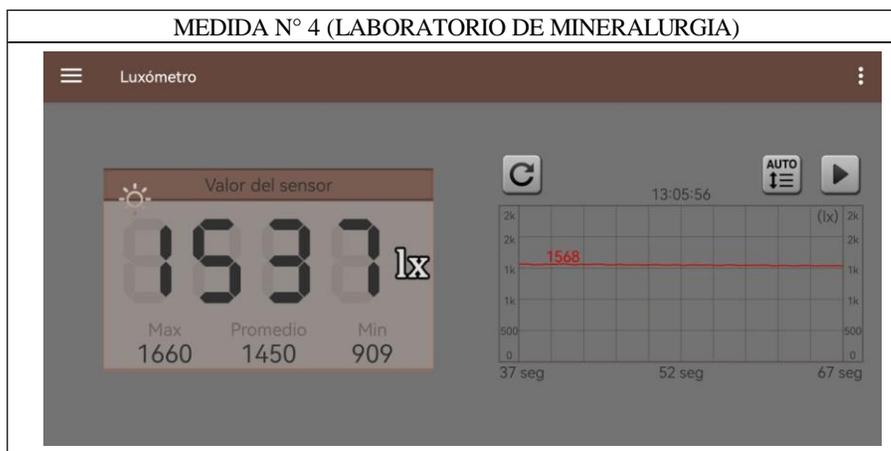
ANEXO 20. Medida del Luxómetro de mano en el punto N°1 y N°2 del laboratorio de cementos.



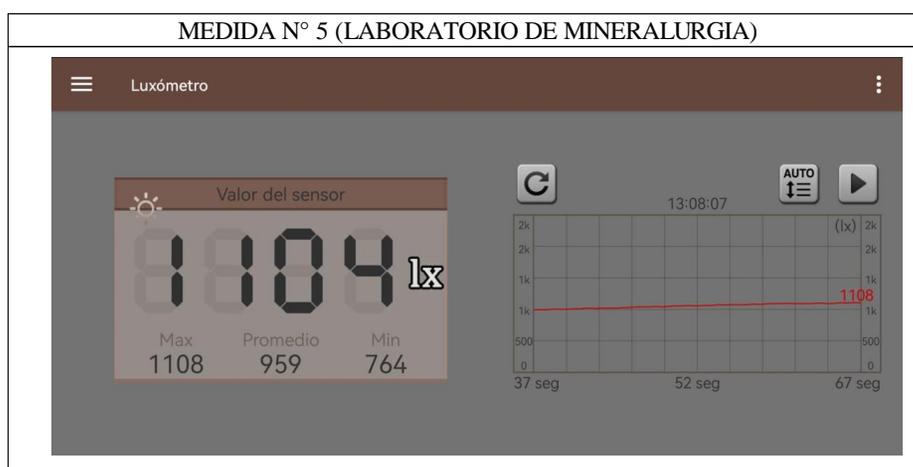
ANEXO 21. Medida del Luxómetro de mano en el punto N°3 y N°4 del laboratorio de cementos.



ANEXO 22. Medida del Luxómetro de mano en el punto N°5 y N°6 del laboratorio de cementos.



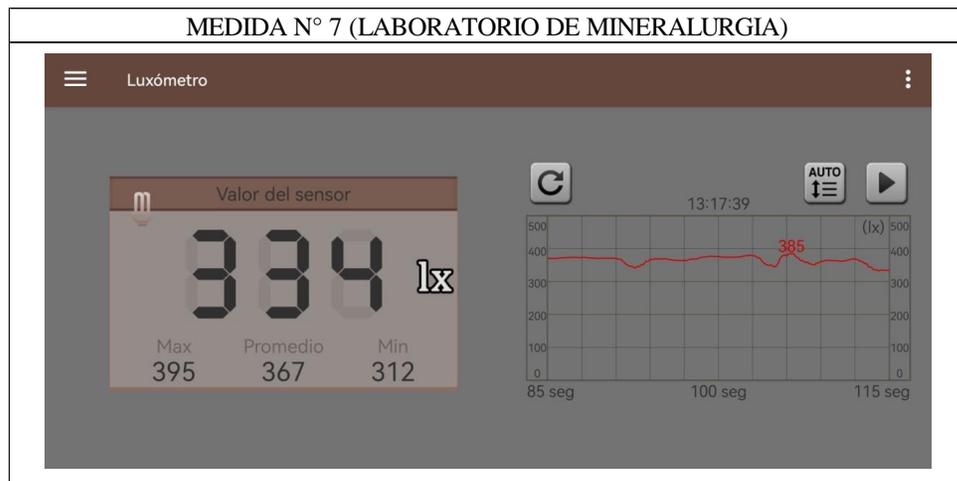
ANEXO 26. Medida del Luxómetro en el punto N°4 del laboratorio de Metalurgia (mineralurgia) (Aplicación de móvil).



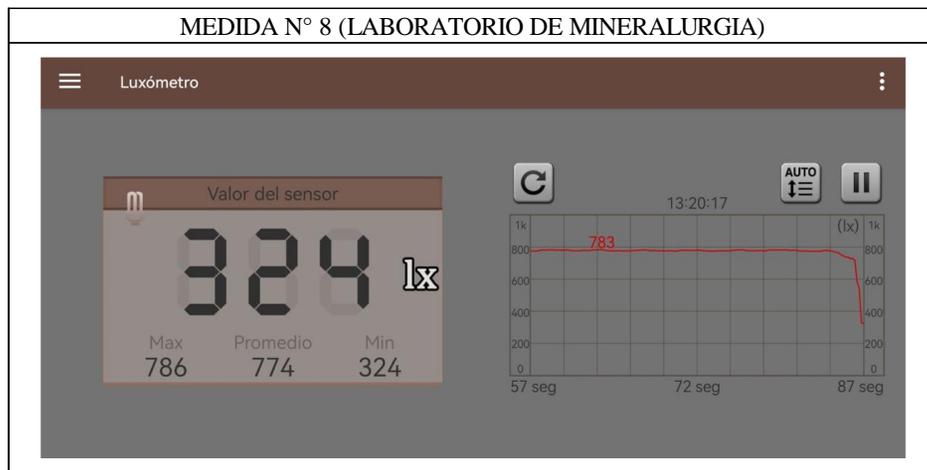
ANEXO 27. Medida del Luxómetro en el punto N°5 del laboratorio de Metalurgia (mineralurgia) (Aplicación de móvil).



ANEXO 28. Medida del Luxómetro en el punto N°6 del laboratorio de Metalurgia (mineralurgia) (Aplicación de móvil).



ANEXO 29. Medida del Luxómetro en el punto N°7 del laboratorio de Metalurgia (mineralurgia) (Aplicación de móvil).



ANEXO 30. Medida del Luxómetro en el punto N°8 del laboratorio de Metalurgia (mineralurgia) (Aplicación de móvil).



ANEXO 31. Medida del Luxómetro en el punto N°9 del laboratorio de Metalurgia (mineralurgia) (Aplicación de móvil).



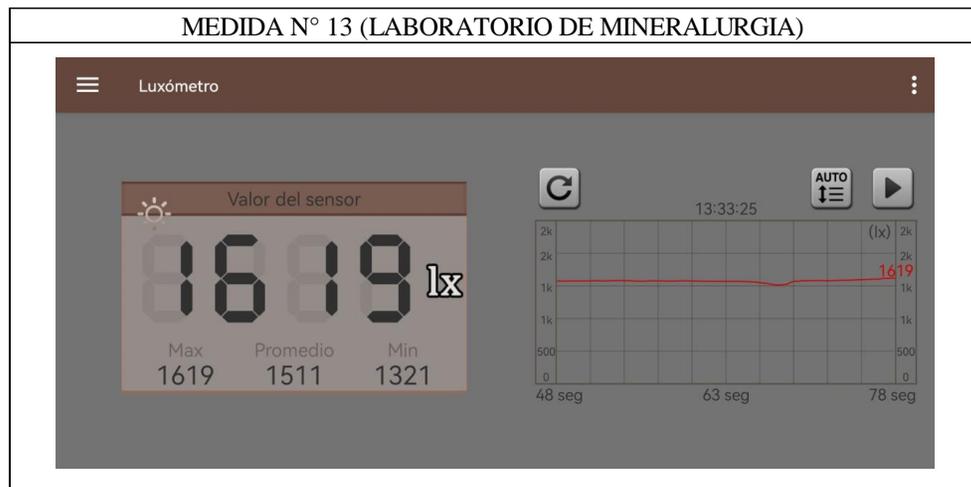
ANEXO 32. Medida del Luxómetro en el punto N°10 del laboratorio de Metalurgia (mineralurgia) (Aplicación de móvil).



ANEXO 33. Medida del Luxómetro en el punto N°11 del laboratorio de Metalurgia (mineralurgia) (Aplicación de móvil).



ANEXO 34. Medida del Luxómetro en el punto N°12 del laboratorio de Metalurgia (mineralurgia) (Aplicación de móvil).



ANEXO 35. Medida del Luxómetro en el punto N°13 del laboratorio de Metalurgia (mineralurgia) (Aplicación de móvil).



ANEXO 36. Medida del Luxómetro de mano en el punto N°1 y N°2 del laboratorio de Metalurgia (mineralurgia).



ANEXO 37. Medida del Luxómetro de mano en el punto N°3 y N°4 del laboratorio de Metalurgia (mineralurgia).



ANEXO 38. Medida del Luxómetro de mano en el punto N°5 y N°6 del laboratorio de Metalurgia (mineralurgia).



ANEXO 39. Medida del Luxómetro de mano en el punto N°7 y N°8 del laboratorio de Metalurgia (mineralurgia).



ANEXO 40. Medida del Luxómetro de mano en el punto N°9 y N°10 del laboratorio de Metalurgia (mineralurgia).



ANEXO 41. Medida del Luxómetro de mano en el punto N°11 y N°112 del laboratorio de Metalurgia (mineralurgia).



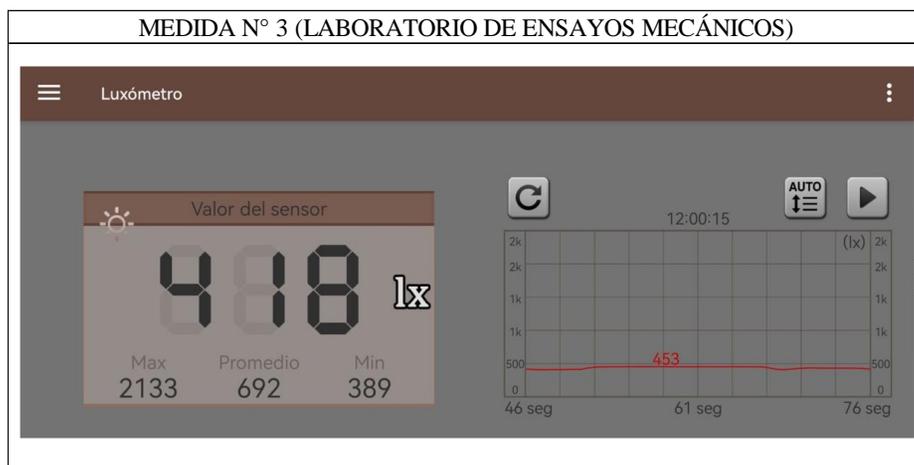
ANEXO 42. Medida del Luxómetro de mano en el punto N°13 del laboratorio de Metalurgia (mineralurgia).



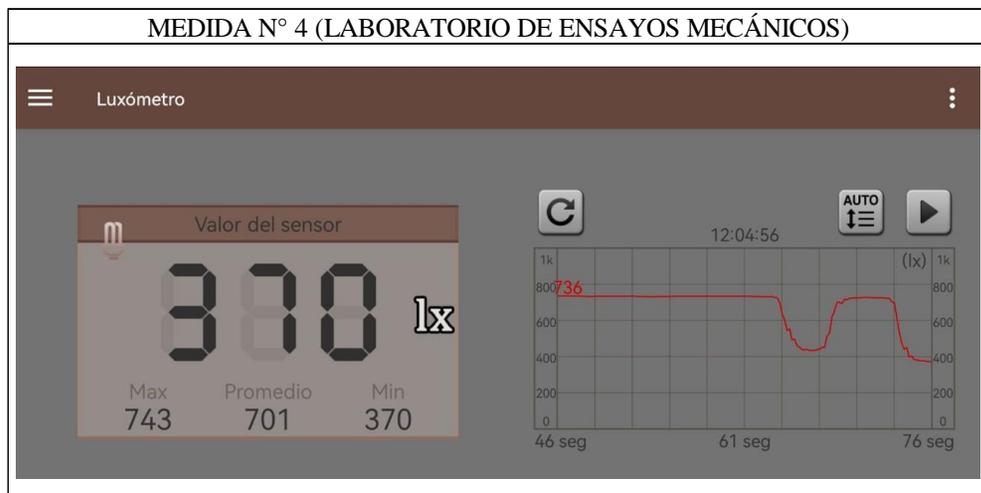
ANEXO 43. Medida del Luxómetro en el punto N°1 del laboratorio de Ensayos mecánicos de materiales (Aplicación de móvil).



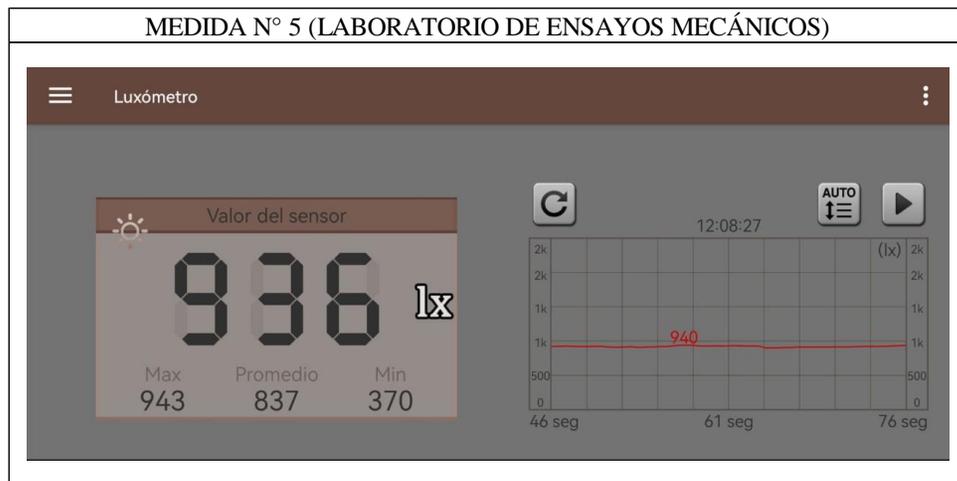
ANEXO 44. Medida del Luxómetro en el punto N°2 del laboratorio de Ensayos mecánicos de materiales (Aplicación de móvil).



ANEXO 45. Medida del Luxómetro en el punto N°3 del laboratorio de Ensayos mecánicos de materiales (Aplicación de móvil).



ANEXO 46. Medida del Luxómetro en el punto N°4 del laboratorio de Ensayos mecánicos de materiales (Aplicación de móvil).



ANEXO 47. Medida del Luxómetro en el punto N°5 del laboratorio de Ensayos mecánicos de materiales (Aplicación de móvil).



ANEXO 48. Medida del Luxómetro en el punto N°6 del laboratorio de Ensayos mecánicos de materiales (Aplicación de móvil).



ANEXO 49. Medida del Luxómetro de mano en el punto N°1 y N°2 del laboratorio de Ensayos mecánicos de materiales.

MEDIDA N° 3 (LABORATORIO DE ENSAYOS MECÁNICOS)



MEDIDA N° 4 (LABORATORIO DE ENSAYOS MECÁNICOS)



ANEXO 50. Medida del Luxómetro de mano en el punto N°3 y N°4 del laboratorio de Ensayos mecánicos de materiales.

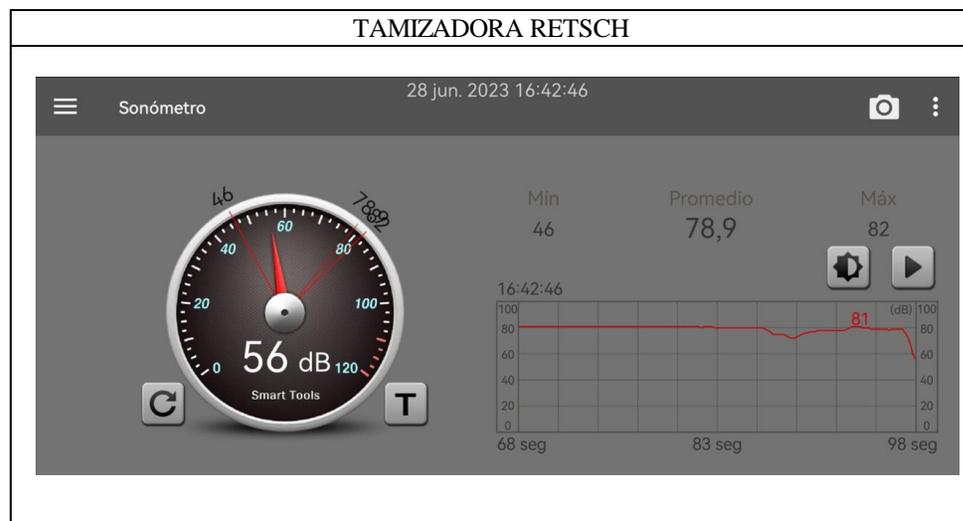
MEDIDA N° 5 (LABORATORIO DE ENSAYOS MECÁNICOS)



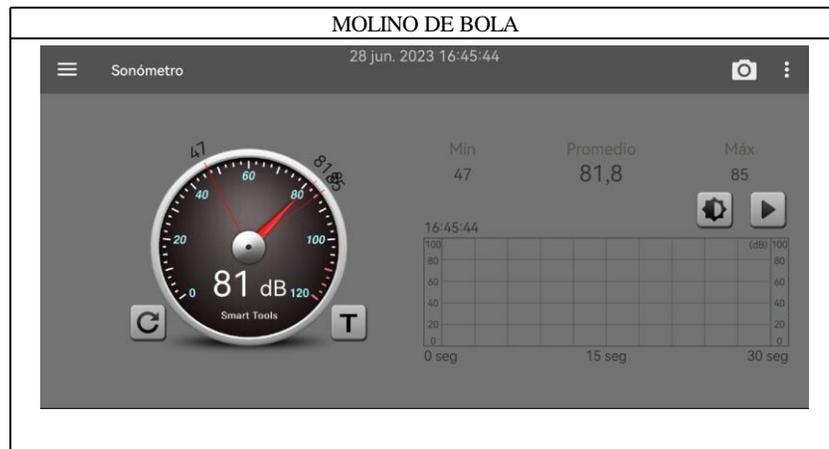
MEDIDA N° 6 (LABORATORIO DE ENSAYOS MECÁNICOS)



ANEXO 51. Medida del Luxómetro de mano en el punto N°5 y N°6 del laboratorio de Ensayos mecánicos de materiales.



ANEXO 52. Medida del Sonómetro para la Tamizadora Retsch del laboratorio de Ensayos mecánicos de materiales (Aplicación de móvil).



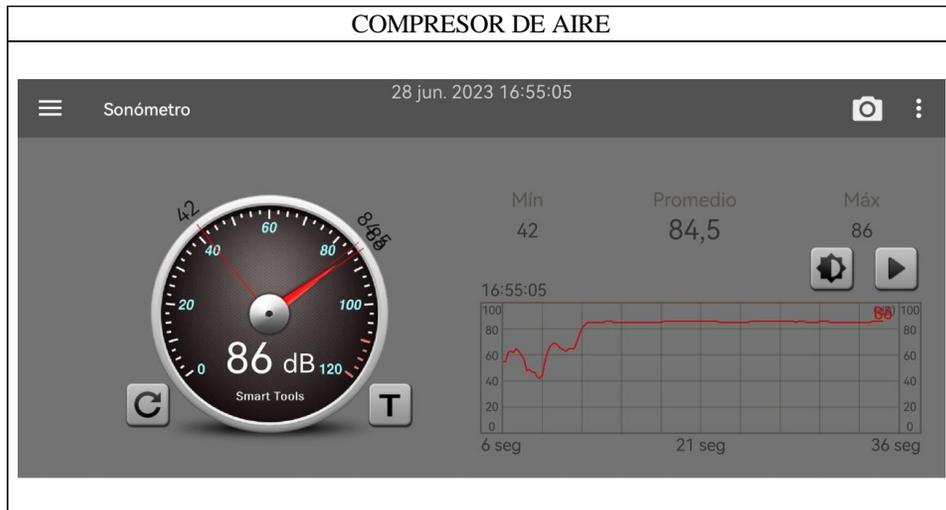
ANEXO 53. Medida del Sonómetro para el Molino de bola del laboratorio de Ensayos mecánicos de materiales (Aplicación de móvil).



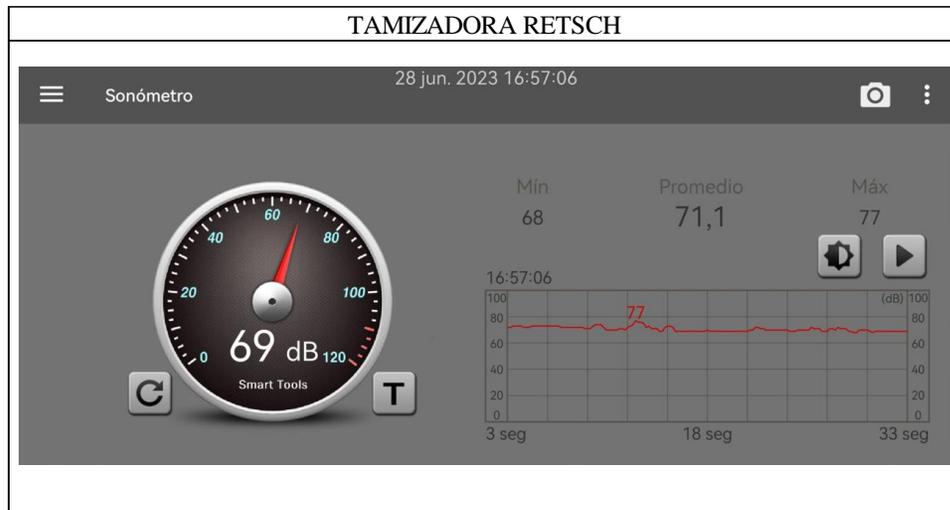
ANEXO 54. Medida del Sonómetro para la Tamizadora de Vaivén del laboratorio de Ensayos mecánicos de materiales (Aplicación de móvil).



ANEXO 55. Medida del Sonómetro para la Trituradora de mandíbula del laboratorio de Metalurgia (mineralurgia) (Aplicación de móvil).



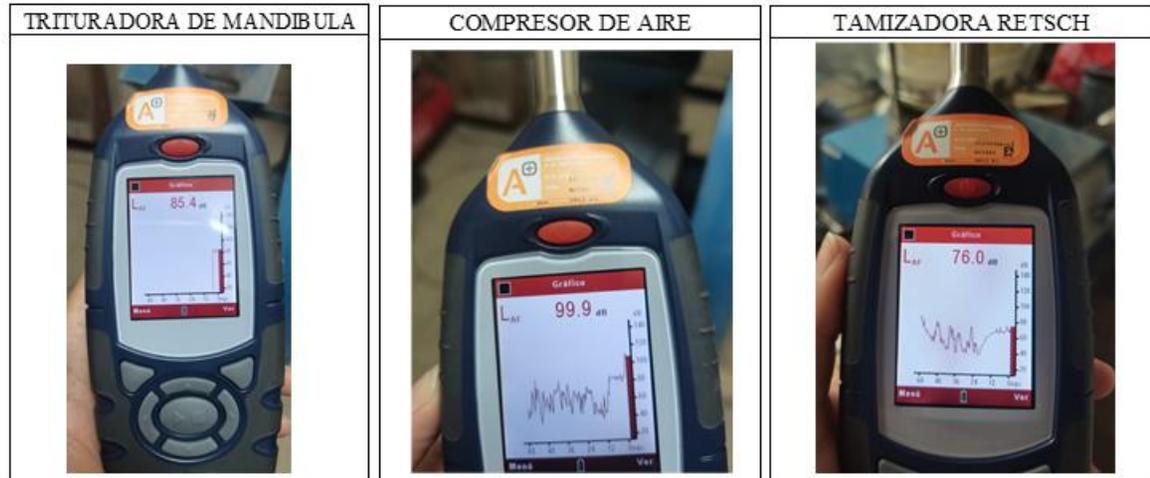
ANEXO 56. Medida del Sonómetro para el compresor de aire del laboratorio de Metalurgia (mineralurgia) (Aplicación de móvil).



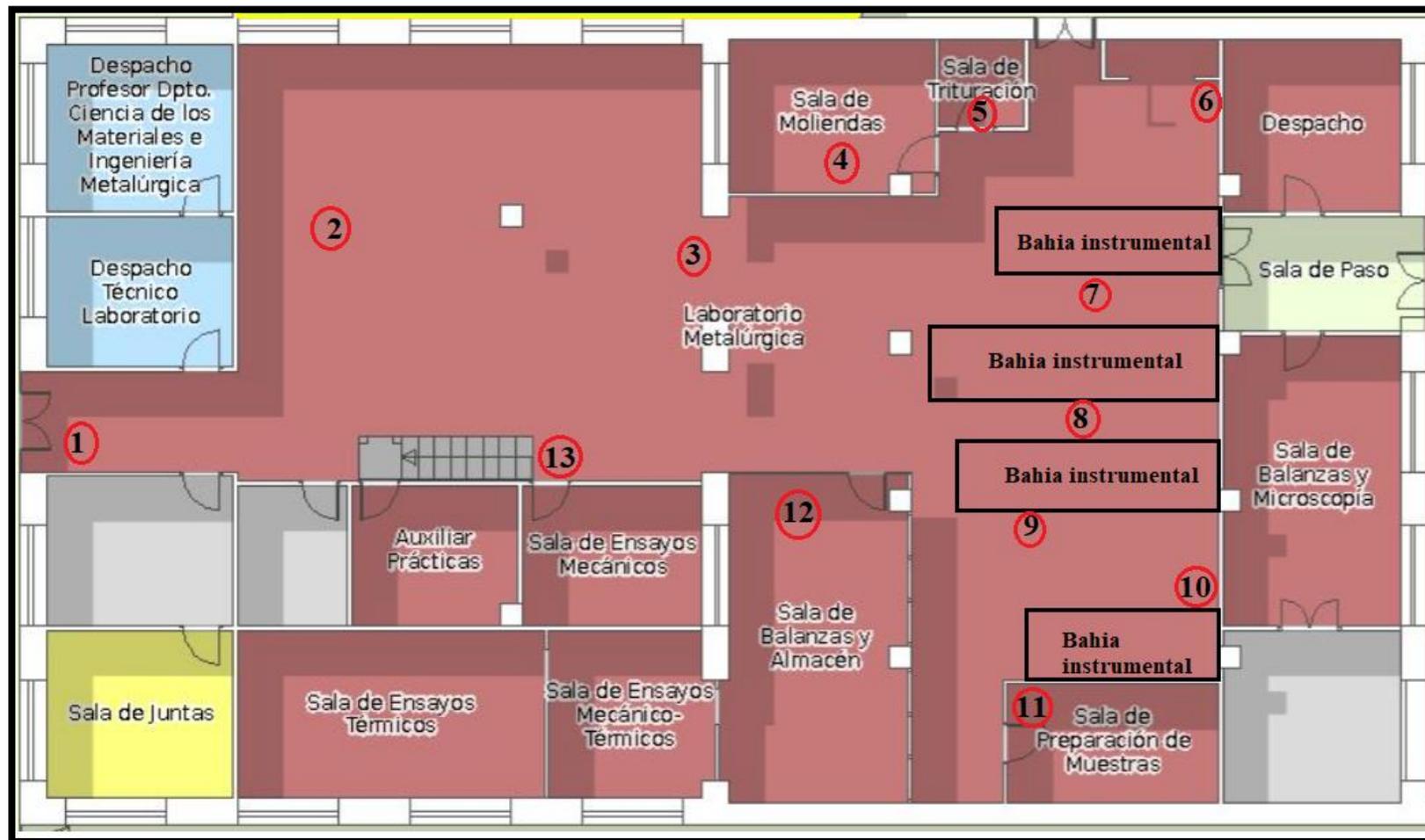
ANEXO 57. Medida del Sonómetro para la Tamizadora Retsch del laboratorio de Metalurgia (mineralurgia) (Aplicación de móvil).



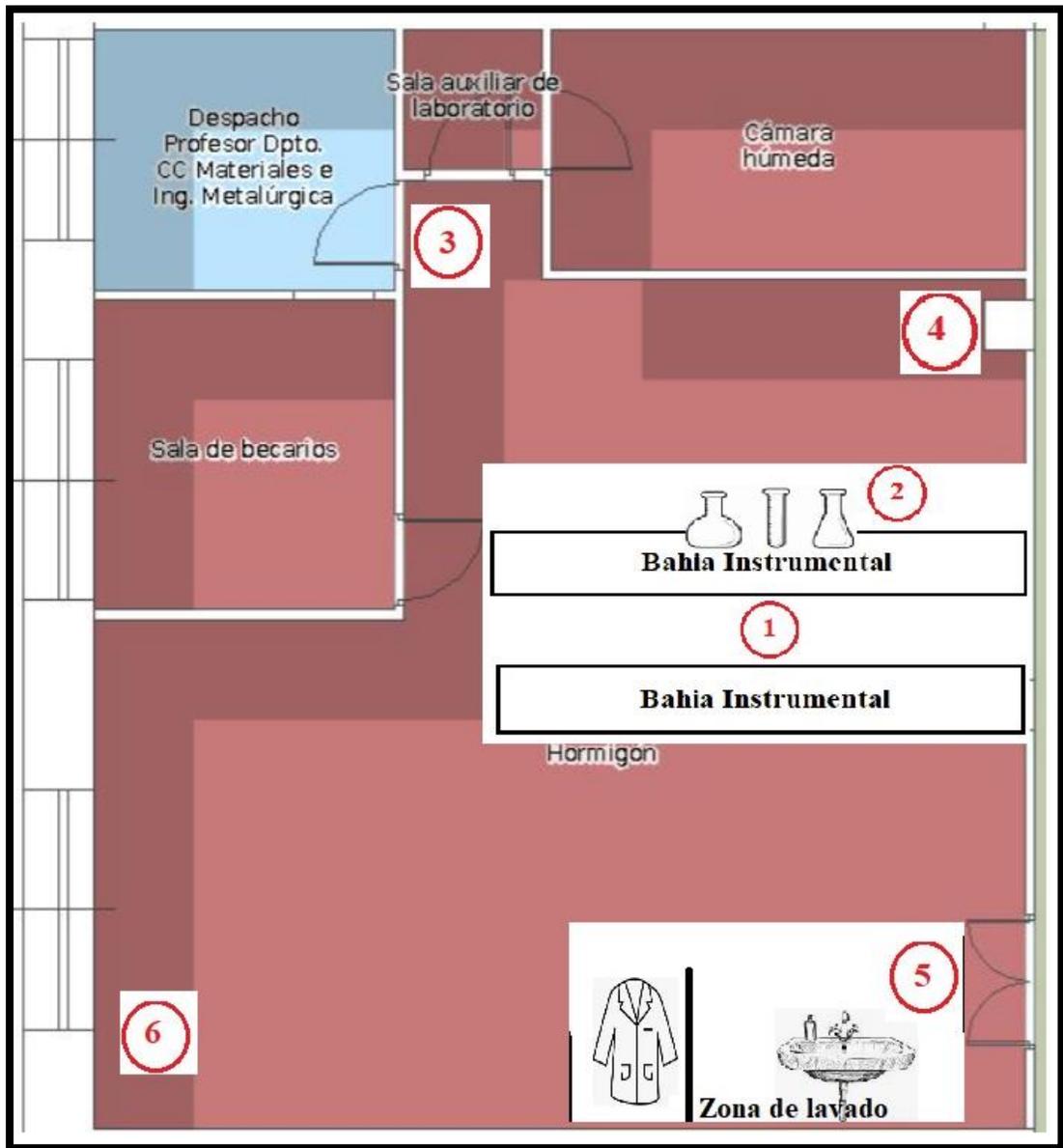
ANEXO 58. Medida del Sonómetro de mano en la tamizadora Retsch, Molino de bola y tamizadora de Vaivén del laboratorio de Ensayos mecánicos de materiales.



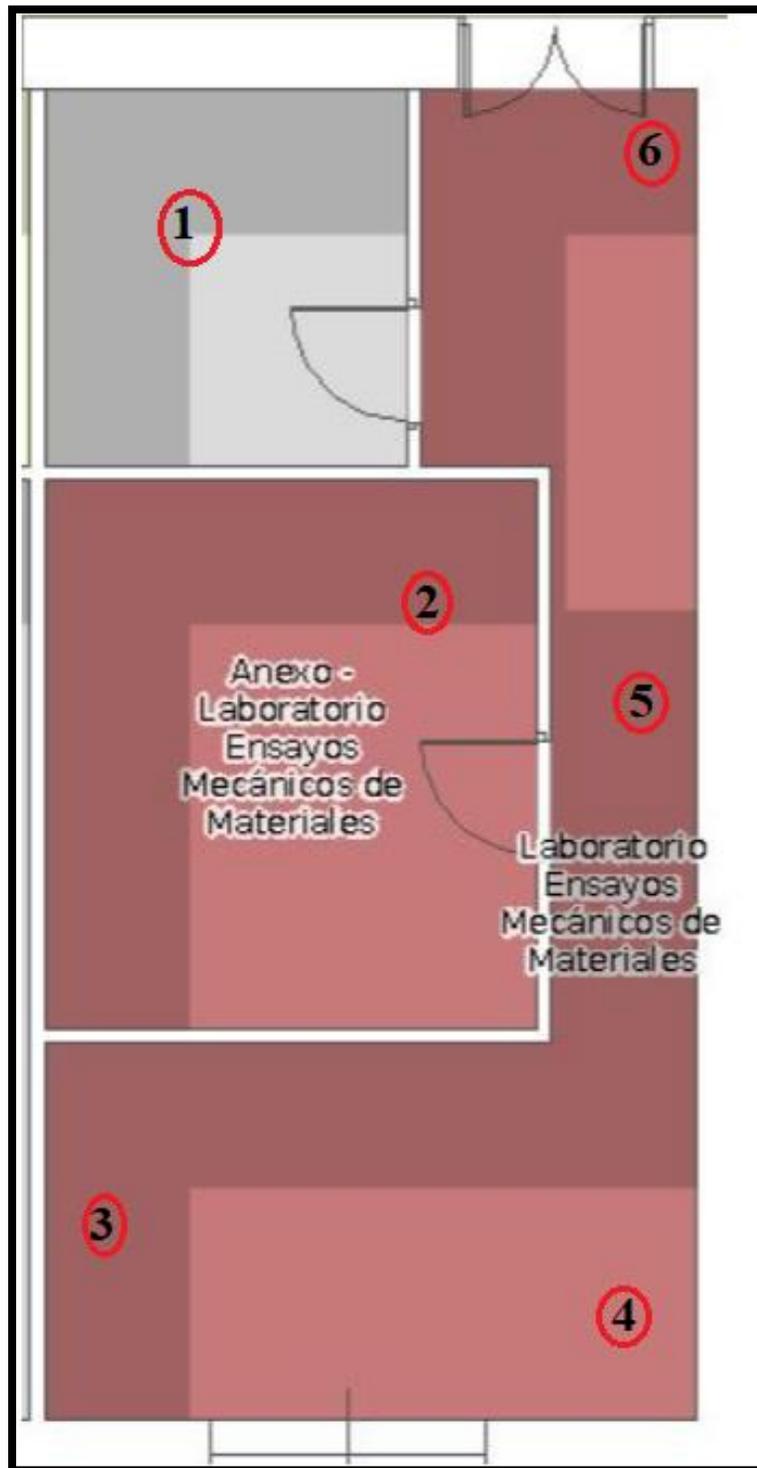
ANEXO 59. Medida del Sonómetro de mano en la trituradora de mandíbula, el compresor de aire y la tamizadora Retsch del laboratorio de Metalurgia (mineralurgia).



ANEXO 60. Ubicación de las medidas del luxómetro en el laboratorio de Metalurgia (mineralurgia), recuperado de: <https://gis.uniovi.es/GISUniovi/GeoLoc.do?codEspacio=01.05.06.00.S1.00.07>



ANEXO 61. Ubicación de las medidas del luxómetro en el laboratorio de Cementos, recuperado de:
<https://gis.uniovi.es/GISUniovi/GeoLoc.do?codEspacio=01.05.06.00.P2.00.02>



ANEXO 62. Ubicación de las medidas del luxómetro en el laboratorio de Ensayos mecánicos de materiales, recuperado de: <https://gis.uniovi.es/GISUniovi/GeoLoc.do?codEspacio=01.05.06.00.S1.02.06.02>

Instituto o centro: **Escuela de Ingeniería de Minas, Energía y Materiales de Oviedo**
 Marque con una X y rellene los espacios según corresponda:
 DATOS PERSONALES
 Nombre y Apellidos **RAQUEL VÁZQUEZ GONZÁLES**
 Hombre _____ Mujer **X**
 Entre 18 y 35 años **X** Entre 35 y 50 años _____ Mas de 50 años _____
 DATOS PROFESIONALES
 Personal funcionario o contratado laboral fijo _____
 Personal interino, temporal, contratado por obra o servicio _____
 Personal Becario _____
 Personal Practicante **X**
 Fecha de cumplimentación del presente cuestionario **05 de julio de 2023**

Las preguntas que se realizan a continuación se refieren al puesto de trabajo de cada empleador, por ende lea muy bien las preguntas y responda según corresponda con un Si, No, No sabe (Ns), además a lado derecho se encuentra una tabla con observaciones por si es oportuno para el trabajador realizarlas.

DISEÑO DEL PUESTO DE TRABAJO		SI	NO	NS	OBSERVACIONES
1	El espacio donde realiza las actividades como (mesas y sillas) considera que son las mas adecuadas para sus funciones.	X			
2	El desarrollo de sus funciones hace que tenga malas posturas o dolores muscoesqueleticos.		X		
3	Cuenta con la vestimenta y uniformes necesarios. (Equipos de medidas preventivas como: batas, guantes, gafas, etc..)	X			
CONDICIONES AMBIENTALES		SI	NO	NS	OBSERVACIONES
4	La temperatura del ambiente en donde desarrolla las actividades es la adecuada (Es decir fuentes extremas de calor o frio).	X			
5	Se encuentra expuesto a ruidos altos ambientales molestos, que no lo dejen concentrarse en este.		X		
6	El lugar donde desarrolla las actividades cotidianamente cuentan con la iluminación adecuada, o siente molestias por falta de iluminación.	X			
7	El desarrollo de sus actividades le causa molestias respiratorias a raíz de polvos o sustancias de minimo tamaño.		X		
EQUIPOS DE TRABAJO		SI	NO	NS	OBSERVACIONES
8	La maquinaria utilizada en sus funciones se encuentra en buen estado.	X			
9	Cuenta con instrucciones de cada maquinaria que debe utilizar cotidianamente.		X		
10	La maquinaria cuenta con un mantenimiento adecuado.	X			
INCENDIOS Y EXPLOSIONES		SI	NO	NS	OBSERVACIONES
11	Se almacenan o manipulan productos inflamables o explosivos.		X		
12	La zona donde realiza sus actividades cuenta con implementos contra incendios (Extintores, mangueras, etc..)	X			
13	Conoce usted el procedimiento para utilizar estos implementos contra incendios	X			
FACTORES ERGONOMICOS		SI	NO	NS	OBSERVACIONES
14	Posturas de trabajo forzadas.		X		
15	Movimientos repetitivos de brazos, manos o muñecas.	X			
16	Trabajo sedentario.		X		
FACTORES PSICOSOCIALES		SI	NO	NS	OBSERVACIONES
17	Su trabajo es monótono y con pocas actividades por hacer.		X		
18	Realiza tareas muy repetitivas.		X		
19	El ritmo y resultados de su trabajo le viene impuesto.		X		
20	Los periodos de descanso vienen manejados por usted.	X			
21	La información que se le proporciona frente a sus actividades diarias, medidas preventivas u otras es suficiente.	X			
22	Las relaciones entre sus compañeros(as) son satisfactorias.	X			
DEFICIENCIAS DE LA ACTIVIDAD PREVENTIVA		SI	NO	NS	OBSERVACIONES
23	Ha recibido información sobre los riesgos laborales a los que se encuentra expuesto.	X			
24	Considera adecuada la formación brindada por la universidad en acción preventiva.	X			
25	Tiene conocimientos de primeros auxilios relacionados con su puesto de trabajo.		X		
26	Se han implementado planes de emergencia y simulacros periodicamente.			X	

ANEXO 63. Encuesta realizada al trabajador.

Instituto o centro: **Escuela de Ingeniería de Minas, Energía y Materiales de Oviedo**
 Marque con una X y rellene los espacios según corresponda:
DATOS PERSONALES
 Nombre y Apellidos **MATEO FAVILA FERNANDEZ SUÁREZ**
 Hombre _____ Mujer _____
 Entre 18 y 35 años _____ Entre 35 y 50 años _____ Mas de 50 años _____
DATOS PROFESIONALES
 Personal funcionario o contratado laboral fijo _____
 Personal interino, temporal, contratado por obra o servicio _____
 Personal Becario _____
 Personal Practicante _____
 Fecha de cumplimentación del presente cuestionario **05 de julio del 2023** _____

Las preguntas que se realizan a continuación se refieren al puesto de trabajo de cada empleador, por ende lea muy bien las preguntas y responda según corresponda con un Si, No, No sabe (Ns), además a lado derecho se encuentra una tabla con observaciones por si es oportuno para el trabajador realizarlas.

DISEÑO DEL PUESTO DE TRABAJO		SI	NO	NS	OBSERVACIONES
1	El espacio donde realiza las actividades como (mesas y sillas) considera que son las mas adecuadas para sus funciones.		<input checked="" type="checkbox"/>		
2	El desarrollo de sus funciones hace que tenga malas posturas o dolores muscoesqueleticos.		<input checked="" type="checkbox"/>		
3	Cuenta con la vestimenta y uniformes necesarios. (Equipos de medidas preventivas como: batas, guantes, gafas, etc..)	<input checked="" type="checkbox"/>			
CONDICIONES AMBIENTALES		SI	NO	NS	OBSERVACIONES
4	La temperatura del ambiente en donde desarrolla las actividades es la adecuada (Es decir fuentes extremas de calor o frio).			<input checked="" type="checkbox"/>	
5	Se encuentra expuesto a ruidos altos ambientales molestos, que no lo dejen concentrarse en este.		<input checked="" type="checkbox"/>		
6	El lugar donde desarrolla las actividades cotidianamente cuentan con la iluminación adecuada, o siente molestias por falta de iluminación.	<input checked="" type="checkbox"/>			
7	El desarrollo de sus actividades le causa molestias respiratorias a raíz de polvos o sustancias de mínimo tamaño.		<input checked="" type="checkbox"/>		
EQUIPOS DE TRABAJO		SI	NO	NS	OBSERVACIONES
8	La maquinaria utilizada en sus funciones se encuentra en buen estado.	<input checked="" type="checkbox"/>			
9	Cuenta con instrucciones de cada maquinaria que debe utilizar cotidianamente.	<input checked="" type="checkbox"/>			
10	La maquinaria cuenta con un mantenimiento adecuado.	<input checked="" type="checkbox"/>			
INCENDIOS Y EXPLOSIONES		SI	NO	NS	OBSERVACIONES
11	Se almacenan o manipulan productos inflamables o explosivos.	<input checked="" type="checkbox"/>			
12	La zona donde realiza sus actividades cuenta con implementos contra incendios (Extintores, mangueras, etc..)	<input checked="" type="checkbox"/>			
13	Conoce usted el procedimiento para utilizar estos implementos contra incendios	<input checked="" type="checkbox"/>			
FACTORES ERGONOMICOS		SI	NO	NS	OBSERVACIONES
14	Posturas de trabajo forzadas.			<input checked="" type="checkbox"/>	
15	Movimientos repetitivos de brazos, manos o muñecas.		<input checked="" type="checkbox"/>		
16	Trabajo sedentario.		<input checked="" type="checkbox"/>		
FACTORES PSICOSOCIALES		SI	NO	NS	OBSERVACIONES
17	Su trabajo es monótono y con pocas actividades por hacer.		<input checked="" type="checkbox"/>		
18	Realiza tareas muy repetitivas.		<input checked="" type="checkbox"/>		
19	El ritmo y resultados de su trabajo le viene impuesto.		<input checked="" type="checkbox"/>		
20	Los periodos de descanso vienen manejados por usted.	<input checked="" type="checkbox"/>			
21	La información que se le proporciona frente a sus actividades diarias, medidas preventivas u otras es suficiente.	<input checked="" type="checkbox"/>			
22	Las relaciones entre sus compañeros(as) son satisfactorias.	<input checked="" type="checkbox"/>			
DEFICIENCIAS DE LA ACTIVIDAD PREVENTIVA		SI	NO	NS	OBSERVACIONES
23	Ha recibido información sobre los riesgos laborales a los que se encuentra expuesto.	<input checked="" type="checkbox"/>			
24	Considera adecuada la formación brindada por la universidad en acción preventiva.		<input checked="" type="checkbox"/>		
25	Tiene conocimientos de primeros auxilios relacionados con su puesto de trabajo.		<input checked="" type="checkbox"/>		
26	Se han implementado planes de emergencia y simulacros periodicamente.		<input checked="" type="checkbox"/>		

ANEXO 64. Encuesta realizada al trabajador.

