

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

Análisis de eficiencia y la calidad de la pintura ecológica a partir del residuo de hidróxido de calcio generado en los talleres de soldadura de carros, Arequipa - 2022

Luisa Antuaneth Revilla Pauca
Rulian Peña Peña

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Ambiental

Arequipa, 2024

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

**INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE
INVESTIGACIÓN**

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Steve Dann Camargo Hinostraza
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 9 de junio de 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

“ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA Y LA CALIDAD DE LA PINTURA ECOLÓGICA A PARTIR DEL RESIDUO DE HIDRÓXIDO DE CALCIO GENERADO EN LOS TALLERES DE SOLDADURA DE CARROS, AREQUIPA-2022”

Autores:

1. LUISA ANTUANETH REVILLA PAUCA – EAP. Ingeniería Ambiental
2. RULIAN PEÑA PEÑA – EAP. Ingeniería Ambiental

Se procedió con la carga del documento a la plataforma “Turnitin” y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 14 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores SI NO
Nº de palabras excluidas: 05
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,



Asesor de trabajo de investigación

AGRADECIMIENTOS

A Dios y a la Virgen María por guiarnos en la senda de la verdad y la fe, por brindarnos su protección y sabiduría, por otórganos la valentía y la perseverancia para aprovechar cada instante, y por sostenernos en las adversidades de la vida, porque todo lo podemos
en Cristo que nos Fortalece.

A la Universidad Continental por ofrecernos la oportunidad de concluir nuestra carrera profesional académica, incluso en medio de desafíos y contratiempos.

Al Dr. Lalo Monzón, nuestro más sincero agradecimiento por su inestimable respaldo, valiosos aportes, recomendaciones y orientaciones a lo largo de todo el desarrollo de este proyecto de investigación. Apreciamos, asimismo, todas las enseñanzas y reflexiones que nos brindó, enriqueciendo de manera significativa nuestra experiencia académica.

Al Mg. Ing. Steve Dann Camargo Hinostraza, deseamos expresar nuestro agradecimiento por su crucial respaldo y asesoramiento durante toda la elaboración del proyecto de investigación. Valoramos enormemente su disposición de tiempo y constante apoyo, elementos fundamentales que han contribuido significativamente en este proceso.

DEDICATORIA

A Dios, fuente infinita de amor y guía en mi vida, le dedico cada logro y desafío. Su luz ilumina mi camino y su misericordia me sostiene en cada paso. A mis amadas mamás Luisa y Patricia les dedico este esfuerzo con todo mi corazón. Ellas son los pilares de mi fortaleza y el epítome del amor incondicional. Su sacrificio y afecto han sido mi constante inspiración a lo largo de cada etapa de mi vida. A mi querida tía Claudia, cuyo apoyo y amor constante ha sido un faro en cada momento de mi vida. A Bryan, mi amor incondicional, le dedico este proyecto con profundo agradecimiento por brindarme su amor constante, apoyo inquebrantable, sabios consejos y paciencia en cada momento. Su presencia ha sido mi mayor fortaleza y su afecto ha impulsado este recorrido. A mi hermano Marco, por ser mi luz y el impulso constante que me guía a hacer siempre lo correcto. Su influencia positiva ha sido un faro que ha iluminado mi camino en los momentos más oscuros.

Luisa Revilla Pauca

Quisiera dedicar el logro de esta etapa de mi vida en primer lugar a Dios, a mi abuelo Zacarías Peña Valenzuela que me enseñó muchas cosas en la vida y una de las principales fue que el rencor es pasajero más no eterno.

A mi madre Gladys por darme esa fuerza e inspiración desde pequeño, mi hermana Rubali Peña, por ser un ejemplo de perseverancia y triunfo, mi padre Walter, quien, aunque estuvo lejos siempre mostró el valor de un padre hacia sus hijos, a mi novia Ingrid quien me acompañó siempre durante el proceso de la tesis.

Rulian Peña Peña

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	2
DEDICATORIA	3
RESUMEN	9
INTRODUCCIÓN	12
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	13
1.1. Planteamiento y formulación del problema	13
1.1.1. Problema General	15
1.1.2. Problemas Específicos	15
1.2. Objetivos	15
1.2.1. Objetivo general	15
1.2.2. Objetivos específicos	15
1.3. Justificación e importancia	15
1.4. Delimitación del proyecto	17
1.5. Hipótesis	17
1.6. Operacionalización de variables	18
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	19
2.1. Antecedentes de la investigación	19
2.1.1. Antecedentes Internacionales	19
2.1.2. Antecedentes Nacionales	22
2.1.3. Antecedentes Regionales y Locales	25
2.2. Bases teóricas	27
b) Calidad de las pinturas	27
d) Pinturas a base de Hidróxido de Calcio	30
2.3. Marco Legal	32
2.4. Definición de términos básicos	34
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	36
3.1. Método y alcance de la investigación	36
3.1.1. Método General	36
3.1.2. Método Específico	36
3.1.3. Tipo de investigación	36
3.1.4. Nivel de investigación	37
3.2. Diseño de la investigación	37
3.3. Población y muestra	38
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	40
3.4.1. Técnicas e instrumentos	40

3.4.2. Materiales, Equipos e Insumos.....	40
3.4.3. Procedimientos.....	42
b) Ubicación de punto de recolección de nopal.....	42
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	62
4.1. Presentación de resultados.....	62
4.2. Prueba de hipótesis.....	73
4.3. Discusión de resultados	75
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	79
5.1. Conclusiones	79
5.2. Recomendaciones.....	80
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
ANEXOS.....	86

Índice de Tablas

Tabla 1 Operacionalización de variables	18
Tabla 2 Puntos de recolección del residuo de los talleres de soldadura (hidróxido de calcio)	42
Tabla 3 Punto de recolección del nopal.....	43
Tabla 4 Cantidades en porcentajes del primer tratamiento	45
Tabla 5 Cantidades en porcentaje del segundo tratamiento	45
Tabla 6 Cantidades en porcentaje del tercer tratamiento	46
Tabla 7 Costo de elaboración de la pintura ecológica	53
Tabla 8 Beneficios encontrados en el barrido ICP-OES del residuo	62
Tabla 9 Tiempo óptimo para la elaboración de la pintura ecológica	64
Tabla 10 Costo de la pintura	66
Tabla 11 Registro del tiempo de secado	66
Tabla 12 Análisis de varianza	73

Índice de Figuras

Figura 1 Unidad Testigo.....	37
Figura 2 Primer y segundo bloque.....	38
Figura 3 Mapa de la población y muestra.....	39
Figura 4 Material de la etapa experimental	41
Figura 5 Sólidos gruesos del residuo Ca(OH)_2	46
Figura 6 Mucilago de Nopal.....	47
Figura 7 Homogenización para obtención de la pintura	47
Figura 8 Flujograma de la obtención de la pintura ecológica	48
Figura 9 Tratamiento del bloque 1 y bloque 2.....	49
Figura 10 Selección de las muestras completamente al azar	50
Figura 11 Película de la pintura aplicada.....	50
Figura 12 Aplicación de la pintura encima del sustrato.....	50
Figura 13 Verificación del secado de la película.....	53
Figura 14 Ensayo de corte por enrejado ASTM 3359 (30 segundos)	56
Figura 15 Prueba de adherencia	56
Figura 16 Verificación de ensayo de corte por enrejado.....	57
Figura 17 Krebs Stormer Viscometer BDG 184.....	58
Figura 18 Determinación de la temperatura	58
Figura 19 Coche metálico en base sólida	60
Figura 20 Determinación de la dureza.....	60
Figura 21 Coche metálico con ángulo de 45 °C	60
Figura 22 Composición química por un barrido ICP-OES	62
Figura 23 Porcentaje de CaCO_3 en el residuo.....	63
Figura 24 Cantidad del residuo en cada tratamiento.....	64
Figura 25 Determinación del rendimiento	65
Figura 26 Cantidad de H_2O en la prueba de permeabilidad.....	68
Figura 27 Prueba de permeabilidad en 45 minutos.....	68
Figura 28 Despegue del tubo de ensayo	68
Figura 29 Prueba de permeabilidad con tubos de ensayo	68
Figura 30 Tratamiento y repetición 1 del bloque 2.....	69
Figura 31 Tratamiento 3 repetición 2 del bloque 1	69
Figura 32 Desprendimiento de la cinta (30 segundos).....	69
Figura 33 Picnómetro con peso inicial	70
Figura 34 Picnómetro peso inicial.....	70
Figura 35 Prueba de dureza del tratamiento y repetición 1 del bloque 2	71
Figura 36 Tratamiento 2 repetición 3 del bloque 1	71
Figura 37 Tratamiento 3 repetición 2 del bloque 1	71
Figura 38 pH de la pintura ecológica.....	72
Figura 39 Medias de los tiempos de reposo.....	74
Figura 40 Medias de los tratamiento del residuo Ca(OH)_2	74

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1 Determinación del área a pintar	55
Ecuación 2 Rendimiento de la pintura.....	55
Ecuación 3 Calculo de la densidad.....	61

RESUMEN

En la actualidad, en Perú, existen 170 industrias dedicadas a la fabricación de pinturas, lo que las convierte en un sector con impacto significativo en el cambio climático y con riesgos para la salud debido al uso de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV), plomo y otros elementos perjudiciales. Por esta razón, esta investigación se centra en evaluar la eficiencia y calidad de la Pintura Ecológica, utilizando residuos de Hidróxido de Calcio generados en talleres de soldadura de automóviles. El objetivo es encontrar una solución que contribuya a reducir la emisión de contaminantes en la atmósfera y al mismo tiempo, valorizar un residuo de proceso industrial.

En esta investigación, se empleó el método científico para manipular variables, centrándose en el residuo del taller de soldadura de carros. Se aplicó un enfoque hipotético-deductivo, recolectando datos numéricos y realizando análisis estadísticos para contrastar y aceptar hipótesis. Clasificada como investigación aplicada, se buscó resolver problemas sociales, especialmente la contaminación del aire por pinturas convencionales. El nivel de investigación fue explicativo, y se demostró la influencia del residuo de hidróxido de calcio en la pintura ecológica. El diseño experimental con post prueba y grupo de control permitió analizar la calidad y eficiencia de la pintura a diferentes periodos de exposición. Se aplicó un Diseño Completamente al Azar (DBCA) con dos bloques de tratamiento y 9 unidades de experimentación por bloque. Este enfoque sistemático contribuye al avance científico y al desarrollo de una pintura eco-amigable, cumpliendo con la legislación ambiental y proponiendo soluciones que benefician al medio ambiente.

En este contexto, al determinar los parámetros de eficiencia y calidad de la variable dependiente, se evidencia que el tiempo de secado promedio fue de 7 minutos con 10 segundos. Sumándose a estos resultados, el costo de producción por cada 450 ml de pintura se estableció en S/. 3.11, generando un rendimiento de $4.44 \frac{m^2}{L}$. En ese sentido, el tratamiento y repetición 1 demostraron una buena adherencia con un desprendimiento mínimo. Además, se registraron valores notables, como un pH de 11.64, viscosidad de 80.64 KU, dureza de 5H, densidad de $1.389 \frac{g}{ml}$ y una permeabilidad satisfactoria en el tratamiento y repetición 1 del segundo bloque.

La temperatura, durante el proceso, se mantuvo constante en 24.7°C. Estos datos resultan el éxito del enfoque aplicado en la investigación para desarrollar una pintura eco-amigable

Concluyendo el análisis, se infiere que el tratamiento implementado en el segundo bloque exhibió propiedades mejoradas durante el proceso de producción. Esta mejora se traduce en la necesidad de una cantidad de 202.4 gramos para la obtención de 450 ml de pintura, con un tiempo óptimo de producción de 35 días. Es notorio subrayar que el residuo proveniente de los talleres de soldadura demuestra ser susceptible de una valorización efectiva.

Palabras claves: Industria de pinturas, cambio climático, Compuestos Orgánicos Volátiles (COV), residuo hidróxido de calcio, valorización de residuos.

ABSTRACT

Currently, in Peru there are 170 industries dedicated to the manufacture of paints, which makes them a sector with a significant impact on climate change and health risks due to the use of Volatile Organic Compounds (VOCs), lead and others. harmful elements. For this reason, this research focuses on evaluating the efficiency and quality of Ecological Paint, using Calcium Hydroxide waste generated in cars welding workshops. The objective is to find a solution that contributes to reducing the emission of pollutants into the atmosphere and at the same time, valorizing waste from an industrial process.

In this research, the scientific method was used to manipulate variables, focusing on the waste from the car welding workshop. A hypothetical-deductive approach was applied, collecting data and performing statistical analyzes to contrast and accept hypotheses. Classified as applied research, it sought to solve social problems, especially air pollution from conventional paints. The level of research was explanatory, demonstrating the influence of calcium hydroxide residue in ecological paint. The experimental design with post-test and control group allowed us to analyze the quality and efficiency of the paint at different exposure periods. A Completely Randomized Design (DBCA) was applied with two treatment blocks and 9 experimental units per block. This systematic approach contributes to scientific advancement and the development of eco-friendly paint, complying with environmental legislation and proposing solutions that benefit the environment.

In this context, when determining the efficiency and quality parameters of the dependent variable, it is evident that the average drying time was 7 minutes and 10 seconds. Adding to these results, the production cost for each 450 ml of paint was established at S/ 3.11, generating a yield of 4.44 m²/L. In that sense, treatment and repetition 1 demonstrated good adhesion with minimal detachment. In addition, notable values were recorded, such as a pH of 11.64, viscosity of 80.64 KU, hardness of 5H, density of 1.389 g/ml, and satisfactory permeability in treatment and repetition 1 of the second block. The temperature during the process was kept constant at 24.7°C. These data result in the success of the approach applied in the research to develop an eco-friendly paint. Concluding the analysis, it is inferred that the treatment implemented in the second block exhibited improved properties during the production process. This improvement translates into the need for a quantity of 202.5 grams to obtain 450 ml of paint, with an optimal production time of 35 days. It is worth highlighting that the waste from welding workshops proves to be susceptible to effective recovery.

Keywords: Paint industry, climate change, Volatile Organic Compounds (VOC), calcium hydroxide waste, waste recovery.

INTRODUCCIÓN

A partir del siglo XXI, la humanidad viene enfrentando un desafío global el cual es el cambio climático, este fenómeno es impulsado en gran medida por las actividades antropogénicas, las cuales son necesarias en su mayoría para el desarrollo de la sociedad, pero con ello se viene desencadenando transformaciones significativas en los patrones climáticos, generando un aumento de temperatura a nivel global, debido a que los gases de efecto invernadero continúan incrementándose en la atmósfera, que se manifiestan en fenómenos climáticos extremos como los que a la actualidad viene atravesando el Perú.

La industria de la pintura representa un claro ejemplo, ya que su proceso de producción la posiciona como una contribuyente al cambio climático, emitiendo gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono (CO₂) y compuestos orgánicos volátiles (COV), además de emplear materias primas poco sostenibles en la elaboración de sus productos. Asimismo, se evidencia un impacto negativo en la salud, ya que las pinturas contienen COV que tienen a liberarse en el aire durante y después de su aplicación. Esta exposición a sustancias químicas puede ocasionar irritación en los ojos, nariz y garganta, vértigos, dolores de cabeza y, de manera significativa, afectar el sistema nervioso, dado que las pinturas, también, contienen elementos tóxicos como plomo, mercurio o cromo hexavalente.

Por esta razón, el presente estudio se enfoca en conferir valor a un desecho, con el objetivo de incorporarlo como materia prima en la fabricación de pinturas, promoviendo la reducción de componentes con compuestos orgánicos volátiles (COV) y otras sustancias perjudiciales para la salud humana y el entorno. A pesar de ello, hasta el momento, no existen empresas de pinturas que integren en sus procesos productivos el aprovechamiento de residuos provenientes de otras industrias o actividades, con el propósito de reutilizar dichos residuos y fomentar la colaboración entre empresas, especialmente para impulsar la economía circular y contribuir al cuidado del medio ambiente.

En el primer capítulo, se analiza la problemática global generada por los Gases de Efecto Invernadero (GEI) y se examina la contribución de la industria de pinturas a este fenómeno. Se establecen los objetivos para proponer una solución que minimice los GEI, respaldando la importancia de esta investigación. En el segundo capítulo, se presenta antecedentes de otras investigaciones relacionadas y de igual forma se presenta fundamentos teóricos y conceptos. En el tercer capítulo, se aborda la metodología y las actividades necesarias para llevar a cabo la investigación. Finalmente, en el cuarto capítulo, se desarrolló los resultados alcanzados y la discusión de ellos, concluyendo y recomendando argumentos que se pueden desarrollar en próximas investigaciones.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

El grupo internacional de expertos en cambio climático del IPCC publicó el informe Climate Change 2022 Impacts, Adaptation and Vulnerability, el cual refiere que el cambio climático viene afectando a todo el planeta tierra, desde los ecosistemas hasta la civilización humana, ya que se encuentran sometidos a un constante clima cambiante de altas temperaturas, siendo así que los impactos generados por el cambio climático son mayores a los estimados en otros informes, ya que se vio una serie de trastornos en la naturaleza los cuales afectaron a miles de millones de personas. Por ello, se hizo una serie de promesas de mitigación frente al cambio climático, examinando las principales fuentes de emisiones globales para así poder mitigar y evaluar el impacto ambiental; una de las soluciones denominada “Desarrollo Resiliente al Clima” tiene como objetivo que la temperatura no supere los 2°C, lo cual significa reducir la exposición y la vulnerabilidad a los peligros climáticos y sobre todo el reducir las emisiones de gases de efecto invernadero provocado por distintos sectores (1).

Los gases de efecto invernadero (GEI) son gases que han venido contribuyendo con el incremento de las temperaturas en todo el planeta tierra, creando una serie de peligros en los cambios del clima, siendo así que uno de los gases como es el dióxido de carbono (CO₂) adquiere un mayor protagonismo. Ello no quiere decir que sea el único contaminante que forme parte de los GEI, pero sí es el gas que perdura mayor tiempo en la atmósfera. También, lo conforman el metano (CH₄), óxido de nitrógeno (N₂O), hexafluoruro de Azufre (SF₆), perfluorocarburos (PFC) y los hidrofluorocarburos (HFC), siendo todos los gases producidos por la actividad humana (2).

Los HFC se utilizan como sustitutos de los clorofluorocarburos (CFC) por el hecho que están destruyendo la capa de ozono; asimismo los PCF y SF₆ son gases que se producen en las actividades industriales y, por último, el vapor de agua se le conoce, también, como un gas invernadero natural, el cual si se encuentra a mayores temperaturas aumenta su volumen junto con los gases de efecto invernadero artificiales (3).

Es así como, en los distintos procesos de producción de pinturas, se analizó que varias sustancias químicas pertenecientes a los compuestos orgánicos volátiles (COV) producen efectos adversos a los seres vivos, ya que tienen un alto grado de toxicidad; asimismo, 107 sustancias químicas son los principales componentes en los procesos

de producción de las pinturas de los cuales 59 pertenecen a los compuestos orgánicos volátiles (COV) y 12 de ellos se encuentran registrados en los grupos 1 y 2 de la “Agência Internacional de Pesquisa em Câncer”. Es por ello como los COV son compuestos que causan un efecto nocivo a la salud humana, en particular en el proceso de elaboración de pinturas, así como de aquellas personas que manipulan y utilizan pintura, por lo que es importante mitigar los efectos de exposición al momento de manipular dicha sustancia (4).

La industria de las pinturas en exposición a solventes orgánicos y bajo a condiciones inadecuadas pueden resultar nocivas para la salud humana, toda vez que pueden generar daños al sistema nervioso central y periférico; presentándose así enfermedades como encefalopatías, neuropatías y alteraciones neuro-conductuales, llegando inclusive en algunos casos a ser irreversibles. De igual forma, puede incidir sobre la piel y mucosas, provocando así dermatosis irritativa y/o alérgica, ya sea aguda o crónica. Por otro lado, tenemos afecciones en la función reproductiva en ambos géneros y otros efectos en diferentes sistemas del cuerpo humano (5).

No obstante, es alarmante observar que, a lo largo de los años, las grandes industrias de pinturas van creciendo y, a su vez, contribuyendo con la contaminación ambiental en la ciudad de Arequipa, ya que no se toman las medidas necesarias para poder disminuir su alta emisión de disolventes peligrosos y metales pesados (plomo, cadmio, mercurio), como lo son, también, el tolueno, benceno, xileno-metil-etil-cetona, metil-isobutil-cetona, los cuales provocan daños en los ecosistemas y en la salud humana. (6)

Los compuestos orgánicos volátiles (COV's) son sustancias volátiles que poseen un alto porcentaje de impacto ambiental y que causan efectos directos en la salud humana debido a su composición altamente toxica, es así como las pinturas comerciales presentan dichos compuestos que son parte de los COV's y que hace que se conviertan en los principales contribuidores de la formación del smog fotoquímico al ser precursores del ozono troposférico y del efecto invernadero. Por otro lado, tenemos la emisión de los gases que conforman el efecto invernadero. Estos gases, también, contribuyen con el calentamiento global y hacen que la calidad de vida enfrente los peores efectos del cambio climático (7).

1.1.1. Problema General

¿Cuál es la eficiencia y la calidad de la Pintura Ecológica a partir del residuo Hidróxido de Calcio generado en los talleres de soldadura de carros, Arequipa – 2022?

1.1.2. Problemas Específicos

- ¿Cuál es la composición química del residuo generado en los procesos de los talleres de soldadura?
- ¿Cuál es la dosificación óptima de Hidróxido de Calcio para la obtención de pintura ecológica?
- ¿Cuál será el tiempo óptimo para la obtención de pintura ecológica a base de residuo de Hidróxido de Calcio?
- ¿De qué manera influye las pruebas de rendimiento, costo, tiempo de secado, permeabilidad, adherencia, viscosidad, densidad, dureza, temperatura y pH, para evaluar la calidad de la pintura elaborado a partir del Hidróxido de Calcio?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Analizar la eficiencia y la calidad de la pintura ecológica a partir del residuo de Hidróxido de Calcio generado en los talleres de soldadura de carros, Arequipa – 2022

1.2.2. Objetivos específicos

- Analizar la composición química del residuo generado en los procesos de los talleres de soldadura
- Analizar la dosificación óptima de Hidróxido de Calcio para la obtención de pintura ecológica
- Examinar el tiempo óptimo para la obtención de pintura ecológica a base de residuo de Hidróxido de Calcio
- Determinar el rendimiento, costo, tiempo de secado, permeabilidad, adherencia, viscosidad, densidad, dureza, temperatura y pH, para evaluar la calidad de la pintura elaborado a partir del Hidróxido de Calcio

1.3. Justificación e importancia

La fabricación de pinturas es una práctica técnica muy antigua tal y como lo demuestra las pinturas rupestres en la era de la prehistoria, pero cada día ha ido evolucionando hasta llegar

a la era industrial; siendo así que desde el 1967, las regulaciones han sido más drásticas, por los componentes que posee los compuestos orgánicos volátiles (COV's), ya que se descubrió que son uno de los principales contribuyentes con la contaminación ambiental (8).

Asimismo, la Organización Mundial de la Salud indica que “La contaminación del aire es una de las mayores amenazas medioambientales para la salud humana, junto con el cambio climático. La mejora de la calidad del aire puede potenciar los esfuerzos de mitigación del cambio climático, mientras que la reducción de las emisiones mejorará a su vez la calidad del aire” (9).

Por esta razón, se propone una nueva alternativa de valorización de un residuo producido en los talleres de soldadura de carros que es el Hidróxido de Calcio, ya que, en la elaboración de una pintura “ecológica”, se evitará la emisión de contaminantes como son el plomo, mercurio, cadmio, xileno, tolueno, entre otros; en ese sentido, hará que las industrias de pinturas posean una nueva alternativa de producción ecológica, ya que tendrá un enfoque de un producto sostenible con el medio ambiente y, sobre todo, que tendrá un costo de producción menor al de una pintura convencional.

Por ello, es importante contemplar como una alternativa sostenible la producción y elaboración de una pintura ecológica a base de un residuo que posea características beneficiosas al utilizar menos recursos para su obtención y que, a su vez, se evite una serie de consecuencias por los contaminantes usados, como es el evitar que se emita más gases de efecto invernadero, que se incremente temperaturas en todo el planeta y que aumente más el cambio climático, de igual forma, colaborará con el cuidado de la salud humana porque se evitará el uso de contaminantes al momento de su elaboración y aplicación; asimismo, contribuirá con el desarrollo de las personas, ya que se podrá tener un producto en el mercado con un bajo costo que sea eficiente y que tenga una buena calidad para poder cumplir con los objetivos con el cual fue adquirido el producto.

1.4. Delimitación del proyecto

La delimitación del proyecto se centra en la valorización de residuos de tres talleres de soldadura en el Perú para la producción de pintura ecológica. Durante un período de 12 meses, se utilizó un residuo específico como insumo clave, enfocando su eficiente incorporación para garantizar la sostenibilidad y propiedades de calidad en la pintura. Con la existencia de aproximadamente 322 talleres de soldadura en el país, la valorización de residuos adquiere especial relevancia en esta industria.

1.5. Hipótesis

Ho: La pintura ecológica no muestra una diferencia significativa en función a la cantidad de residuo de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ en el secado.

Ha: La pintura ecológica muestra una diferencia significativa en función a la cantidad de residuo de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ en el secado.

Ho: La pintura ecológica no muestra una diferencia significativa en función al tiempo de reposo en el secado.

Ha: La pintura ecológica muestra una diferencia significativa en función al tiempo de reposo en el secado.

1.6. Operacionalización de variables

Tabla 1. Operacionalización de variables

VARIABLES		DESCRIPCIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN	UNIDAD DE MEDIDA
INDEPENDIENTE	HIDRÓXIDO DE CALCIO	El hidróxido de calcio es un compuesto poco soluble y es obtenida del carbonato de calcio hasta su formación de óxido de calcio, que al momento de hidratarse se convierte en hidróxido de calcio. (8)	Su alto pH fluctúa entre 12.5 y 12.8 lo cual lo hace que tenga un alto efecto antimicrobiano.	ICP-OES	Método de ensayo 598 multi-elemental	Razón	ppm
				Cantidad de CaCO ₃	Método de ensayo para carbonatos como carbonato de calcio retro titulación acido-base	Escala	%
DEPENDIENTES	EFICIENCIA	La eficiencia es el indicador que deviene del uso de los recursos; los cuales tienen los siguientes puntos referenciales: tiempo de elaboración, inventario, costo, tiempo del proceso productivo.	Cantidad de tiempo invertido en el proceso de elaboración, disponibilidad económica para la cobertura de la elaboración.	Tiempo	Ensayo de tiempo de secado ASTM D 1640	6 a 8	minutos
				Costo	Cantidad	Razón	S/.
				Rendimiento	Cantidad	Escala	m ²
	CALIDAD	La calidad es la característica inherente a cualquier bien, dichas características permiten valorar y diferenciarla de otros bienes de similares propiedades	Capacidad de adherencia de la pintura sobre superficies, nivel de pH idóneo para la elaboración de la pintura ecológica y el grado de viscosidad necesaria para la adecuada disolución en agua	Adherencia	Ensayo corte por enrejado ASTM D 3359	0B a 5B	%
				pH	Peachimetro	0-14	Adimensional
				Viscosidad	Escala en Krebs Units	40 – 141	KU
				Dureza	Método del lápiz ASTM D 3363	6B -6H	%
				Densidad	Picnómetro	>1.00 a 1.5	$\frac{g}{ml}$
				Permeabilidad	Tubo de ensayo	Cantidad de líquido absorbida	$\frac{ml}{30min}$
				Temperatura	Termometro	10 °C a 32 °C	°C

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

- En el artículo titulado *Incremento de la Vida Útil de Pintura Natural*, se plantea la prueba de la calidad de las pinturas naturales por el periodo de treinta días de almacenamiento, con el objetivo de prolongar su vida útil y considerando su potencial impacto en el mercado debido a su bajo costo. El estudio se centró en una pintura desarrollada con mucílago de nopal y cal, utilizando métodos de evaluación para medir los parámetros de consistencia, permeación y adherencia. Estos parámetros fueron clave para determinar la verdadera calidad y los beneficios de la pintura. Los resultados revelaron características distintas derivadas de las propiedades inherentes del mucílago de nopal y cal en la composición de la pintura. Asimismo, se planteó la recomendación de realizar una investigación análoga, pero esta vez en un entorno rigurosamente controlado y a lo largo de un periodo de tiempo más prolongado. Esta sugerencia es con el fin de obtener una comprensión más profunda y precisa de los factores estudiados, aprovechando las condiciones controladas para explotar de manera exhaustiva el comportamiento de la pintura en diversas situaciones y a lo largo de un periodo extenso (10).
- En la investigación académica denominada *Estabilidad de una Pintura a base de Mucílago de Sábila (Aloe vera), Carbonato de Calcio (CaCO₃) y Cloruro de Sodio (NaCl)*, el objetivo principal radica en analizar la estabilidad intrínseca de la pintura. Este análisis se lleva a cabo mediante pruebas fisicoquímicas exhaustivas, que incluyen la evaluación de parámetros esenciales como el tiempo de secado y la adherencia. Estas propiedades son evaluadas utilizando métodos reconocidos en la industria, como el método táctil y el método de Cruz de Evans. Adicionalmente, se busca determinar la presencia de compuestos orgánicos volátiles, específicamente fenoles, utilizando la avanzada técnica de espectrofotometría. Los resultados revelan que un incremento en la concentración de carbonato de calcio se asocia con aumentos en los valores de viscosidad, pH y densidad, en relación con los registros de secado y adherencia. No se observaron diferencias significativas en las tres pruebas realizadas, y la determinación de compuestos fenólicos demostró la ausencia de fenoles totales en la pintura (2). Como recomendación final, se sugiere la incorporación de almidón en la fórmula para lograr una consistencia más espesa, mejorando así la adherencia y viscosidad de la pintura (11).

- En la tesis titulada *Propuesta de un prototipo semiautomático para la elaboración de una pintura ecológica a base de nopal*, se plantea como objetivo el proponer un prototipo semiautomático para la obtención de una pintura ecológica a base de nopal, con el fin de reducir los tiempos de operación, mediante los procesos de extracción de resinas del nopal para luego incorporarlo de manera semiautomática con los demás ingredientes para la elaboración de la pintura, teniendo en cuenta la temperatura adecuada; asimismo, se integró un sistema de control por medio de un controlador lógico programable, obteniendo como resultados la reducción de la obtención de resina por el periodo de 24 horas para la producción de 10 L. Por consiguiente, se concluye que el nopal es adecuado para la aplicación en superficies que tienen texturas porosas, como el concreto, piedras, muros y maderas, ya que presentan condiciones adecuadas para poder afrontar la lluvia y estar expuesto a alta humedad. Como sugerencia para mejorar el proceso, se propone la automatización del procedimiento de limpieza de las espinas de las pencas, con el objetivo de reducir significativamente el tiempo empleado en la preparación de la pintura. Además, se sugiere la integración de un sensor LM35 en el sistema para mejorar la confiabilidad de las mediciones de temperatura. La implementación de estas mejoras no solo agilizará el proceso de producción, sino que también asegurará una mayor precisión en el monitoreo de las condiciones de temperatura, contribuyendo así a la eficiencia y calidad del producto final (12).
- En el trabajo de investigación *Análisis de factibilidad para la producción de pinturas ecológicas*, se plantea el determinar la viabilidad de crear una empresa productora y comercializadora de pinturas ecológicas a través del diagnóstico de la situación actual de las pinturas ecológicas, definiendo los procesos adecuados para alcanzar un producto de calidad, así como también evaluando la rentabilidad y sostenibilidad que tendrá la pintura frente al mercado propuesto. Se obtienen como resultados impactos positivos en todas las personas encuestadas, ya que sabiendo que la pintura tendría buena calidad y a la vez sería una pintura ecológica esta sería menos perjudicial para la salud humana. En consecuencia, se recomienda que se realice auditorías internas para poder corregir y prevenir problemas que se llegaran a presentar en la etapa de elaboración o producción de pinturas y así poder disminuir los posibles impactos ambientales que pudieran surgir en el proyecto, también, se recomienda que se pueda incentivar a otras líneas de producción a adquirir implementos como brochas o distintos materiales que estén relacionados a la pintura teniendo en cuenta el enfoque ecológico (13).

- En la tesis de maestría *Evaluación de riesgo toxicológico por exposición a compuestos orgánicos volátiles en aire ambiente, en talleres de latonería y pintura de la ciudad*, se establece como meta la evaluación del riesgo toxicológico experimentado por los trabajadores de talleres de latonería y pintura, quienes están expuestos a Compuestos Orgánicos Volátiles, con el propósito de analizar las concentraciones de COVs, se realizó monitoreos donde se utilizaron tubos de difusión pasiva, a diferentes distancias como 0,50 centímetros, 1 metro, 1,50 un metro y cincuenta centímetros y a 2 metros por el periodo de 8 horas, donde se realizó el cálculo de riesgo toxicológico determinándose la concentraciones de COVs, benceno, tolueno y xileno, para determinar la ruta de exposición y calcular la dosis de exposición y su índice de peligro; obteniendo como resultados que mientras más distancia exista menos serán las concentraciones de benceno, tolueno y xileno en los talleres evaluados; asimismo, se determinó que el tolueno presenta un índice de peligro (IP) menor en todos los talleres de latonería y pintura, por lo que se le considera un riesgo aceptable, en cambio para el xileno y benceno su IP es aún mayor hasta la distancia de 1,50m un metro y cincuenta centímetros, concluyendo que si existe un riesgo para la salud que no es aceptable (14).
- En el trabajo de investigación *Estudio de mercado para la utilización del residuo industrial de hidróxido de calcio en la producción y comercialización de pinturas económicas*, el objetivo de la investigación se centra en analizar exhaustivamente la viabilidad de emplear un residuo industrial derivado del proceso de producción de gas acetileno con miras a su posterior elaboración y comercialización a un costo significativamente reducido. La intención es realizar un estudio integral que abarque todos los aspectos relevantes para determinar la viabilidad técnica económica y comercial de este enfoque específico, además determinar la aceptación que tendría la pintura económica a base de hidróxido de calcio. Con el propósito de identificar a los potenciales clientes, se procederá a definir quiénes podrían ser, y, finalmente, se establecerán las condiciones de compra. Se llevó a cabo un estudio de mercado que abordó aspectos como el color, los puntos de venta y el precio aceptado por el mercado. Este análisis incluyó un plan de comercialización específico para la pintura, creando estrategias de marketing, estudio del campo donde se realizará y por último pruebas de elaboración y aplicación de la pintura económica. Los resultados obtenidos indican que la pintura es viable y presenta características ideales tanto para los seres humanos como para el medio ambiente. Adicionalmente, el plan estratégico y la investigación de mercado se espera que impulsen el crecimiento y generen una

fuerte demanda en las ventas de pinturas elaboradas a partir de hidróxido de calcio (15).

2.1.2. Antecedentes Nacionales

- El trabajo de investigación *Compuestos orgánicos volátiles (COVs) en la industria de pinturas y sus disolventes en Perú – análisis de caso y estrategias de gestión ambiental y salud ocupacional* tiene por finalidad estimar los COVs frente al ambiente y en la salud ocupacional por su exposición frente a los COVs en una empresa mediana de pinturas. La metodología utilizada incluyó la observación del proceso productivo, para que luego se realice entrevistas a todo el personal de empresa, tanto como trabajadores y representantes. Luego, se evaluó los riesgos ocupacionales por su exposición frente a los COVs y su estimación de emisiones al medio ambiente; se obtiene como resultados que todos los trabajadores se encuentran expuestos a altas concentraciones de COVs, por encima de los límites de exposición ocupacional en el Perú, se identificó tolueno y xileno como los gases de mayor impacto frente a la salud y el medio ambiente, por su gran toxicidad en la producción de pinturas. Por ello, se propone una alternativa de gestión frente a los COVs, siendo la sustitución, ya que existe una serie de alternativas tecnologías para producción de pinturas y así poder tener unas pinturas en el mercado que tengan bajo contenido de COVs (16).
- En la tesis titulada *Nuevas tecnologías en pinturas y solventes y su relación con los compuestos orgánicos-volátiles en el medio ambiente*, se tiene como finalidad el dar a conocer sobre la problemática en la que se encuentra el medio ambiente frente a la contaminación por compuestos orgánicos volátiles (COVs) provenientes de la industria de las pinturas y solventes. Por ello, se presentó una serie de tecnologías para poder disminuir y mitigar el impacto ambiental generado y, a su vez, se tenga un producto que tenga similares características que tienen las pinturas en el mercado para que así puedan ser sustituidas por no cumplir con legislación ambiental por su alto contenido de COVs, teniendo tres tendencias en la industria de la pintura que son la reformulación de pinturas de altos sólidos, pinturas a base de agua y pinturas en polvo; concluyendo que se ha impulsado el buscar alternativas que puedan sustituir a los solventes que tienen alta foto reactividad y para que se pueda desarrollar nuevas tecnologías en la industria de pinturas que tengan el fin de tener una correcta protección anticorrosiva en diferentes ambientes, que presenten buena estética y sobre todo que ayuden a ya no emitir más emisiones de COVs al medio ambiente (8).
- En el proyecto de investigación *Obtención de pintura a partir de pigmentos inorgánicos y su determinación de resistencia al agua*, tiene como objetivo el obtener

una pintura a partir de pigmentos inorgánicos para el pintado de paredes, superficies lisas y muros, además el poder determinar las condiciones necesarias para su elaboración y así precisamente poder definir la cantidad adecuada de los aditivos, para su cumplimiento se midió los parámetros de granulometría, pH, densidad, viscosidad y temperatura, siendo así que específicamente se realizó cuatro corridas para poder obtener la pintura, donde se usó 1395 g de CaCo₃ como materia prima, obteniendo un pH de 6.8, temperatura 15 °C y una granulometría de malla 200, densidad 1.25 g/ml y una viscosidad de 21.42 (cP), presenta resistencia al agua, rápido secado, no mostro ablandamiento, no mostro ampollamiento o arrugamiento, presenta un desprendimiento de grado 2B, tampoco cambio de color y tiene características semejantes a los requeridos por la Norma Técnica Peruana 319.216. En otras palabras, la pintura se encuentra dentro de los parámetros ideales a partir de pigmentos inorgánicos y condiciones ambientales del lugar (17).

- En la tesis de maestría *Plan de negocio para el lanzamiento de una marca de pintura arquitectónica ecológica para los segmentos A y B en Lima Moderna*, se plantea como objetivo el proponer un plan de negocio para el lanzamiento de una marca de pintura ecológica para los segmentos A y B en Lima moderna, aplicando los métodos de factibilidad comercial, operativa, financiera de incluir al mercado nacional una pintura ecológica doméstica que tenga beneficios para el medio ambiente y que sume con la calidad de vida de todas las personas, alineando la tendencia global ecológica, teniendo como resultados que el público de los segmentos A y B de los sectores 6 y 7 de Lima metropolitana, si tiene interés el 74.2 % de poder consumir pinturas ecológicas e indican que si es necesario difundir las bondades de este producto; posteriormente con lo ya expuesto se puede considera la ejecución de una PYME de 312 000 litros anuales de capacidad por cada turno con un costo de capital de 30 %, siendo así que para desarrollo se necesita una inversión de S/. 271 480 a cinco (5) años y un capital de trabajo de S/. 156 866, siendo así que luego del análisis de flujos proyectados, se logra alcanzar una VAN de S/. 336 519 con una tasa TIR de 41 %, lo que indica que el plan de negocio es viable. (18)
- En la tesis *Estudio de prefactibilidad para la producción de pinturas ecológicas a base de nopal (opuntia ficus) bajo sello ecolabel*, se tiene como objetivo el evaluar su pre-factibilidad de pinturas hechas a partir de Nopal para su producción en la provincia de Huamanga. Para ello, se realizará una serie de métodos, empezando desde un estudio de mercado para evaluar el posible público interesado por consiguiente el proyectar una empresa que tenga un enfoque sostenible que pueda sustituir los insumos dañinos para la salud y el medio ambiente; concluyéndose que si se puede elaborar productos sin la necesidad que tengan compuestos tóxicos y que

afecten a la salud y al medio ambiente; asimismo, el nopal se caracterizó como un recurso que tiene propiedades altamente potenciales y que puede ser utilizado en diversos productos, NopalColors brindará pinturas 100 % ecológicas y contará con un certificado Ecolabel que garantiza que el producto diseñado es amigable con el ambiente diferenciándose con otras pinturas comerciales y, por último, su obtención está basada considerándose la calidad con la que se elaboran las pinturas ecológicas. (19)

- En el proyecto de investigación “Aplicación de pigmentos ecológicos en muros interiores y exteriores para construcciones a base de tierra en el valle de Mantaro”, tiene como objetivo el determinar el nivel de influencia de la aplicación de pigmentos ecológicos en la aplicación de muros de interiores como exteriores para las construcciones que son a base de tierra. Para ello, se describió la apreciación que tienen los pobladores sobre la aplicación de pigmentos ecológicos, luego, se estableció el costo que esté al alcance de la población y se determinó una técnica de aplicación de los pigmentos ecológicos sobre los muros; asimismo, se determinó que este producto protegerá los muros frente a las precipitaciones que suelen ocurrir durante el año y como uno de los resultados los pigmentos ecológicos influyen positivamente, de manera que la apreciación y aceptación de todos los pobladores de la zona es positiva, además se pudo determinar que el nopal muestra una alta propiedad de impermeabilidad pero a su vez proporciona flexibilidad a la pintura, lo que hace que no se deteriore rápidamente y que, por contener cal, nopal y pigmentos naturales, hace que se le caracterice como una pintura económica y que este a la alcance de toda la población y a su vez ayudara a la proliferación de microorganismos (20).

2.1.3. Antecedentes Regionales y Locales

- En el informe técnico *Control de calidad en planta de recubrimientos y pinturas Layconsa*, se tiene como objetivo el desarrollo de control de calidad de pinturas. Para ello, se realizó una serie de aptitudes y habilidades necesarias para hacer el control de calidad en una planta de pinturas, por consiguiente, se dio a conocer la maquinaria y equipos que se usan, así como también la materia prima y todos los insumos necesarios para la obtención de la pintura y, por último, se dio a conocer el proceso productivo que tiene la planta de pintura, obteniendo como resultados que la pintura si contribuye a prolongar la vida útil de donde se pintó y que presenta características que ayuda a embellecer al mismo tiempo; asimismo, se hizo una serie de procedimientos para poder demostrar cómo se elabora o se hace el control en la calidad de una pintura (21).
- En el proyecto de investigación *Determinación del nivel de concentración de compuestos orgánicos volátiles (COV's) presente en matizados y los efectos que pueden producir en la salud de los trabajadores, en la tienda de venta de pinturas Satinados Master*, se plantea como objetivo el poder determinar el nivel de concentración de compuestos orgánicos volátiles, al que se encuentran expuestos todos los trabajadores de la citada tienda “Satinados Master”. Para ello, se realizó un monitoreo ocupacional siguiendo la “Metodología OSHA sección II: Capítulo 3 Equipamiento técnico: mediciones in situ”, además, se utilizó un detector de gases MultiRAE, para que por consiguiente se hiciera la comparación de agentes químicos en el trabajo con los Valores Límites Permisibles del D.S. n.º 015-2005-SA y que, por último, se pueda proponer medidas de control para reducir el nivel de riesgo por su exposición frente a los COV's; en ese sentido, se obtuvo como resultados que no excedieron los Valores Límites Permisibles, pero si hay un riesgo medio y un riesgo alto para los dos trabajadores evaluados y que podría producir efectos a la salud, como irritación a la piel, ojos y vías respiratorias, hasta encefalopatías tóxicas crónicas y daño al sistema nervioso central. Por ello, se recomendó que se tenga medidas de control haciendo uso de filtro de vapores orgánicos, guantes y lentes de seguridad, para así poder reducir el nivel de riesgo de exposición de los trabajadores al momento de verse expuestos al frente de esos químicos (22).
- En la tesis *Degradación de óxidos de nitrógeno (NOx) mediante la aplicación de pintura fotocatalítica usando nanopartículas de TiO₂, para mejorar la calidad de aire*, se plantea como objetivo realizar un estudio para poder determinar la degradación de óxidos de nitrógeno (NOx), utilizando pintura fotocatalítica a través de nanopartículas dióxido de titanio (TiO₂) y así poder mejorar la calidad de aire en condiciones ambientales, para ello se realizó un muestro de las condiciones

meteorológicas y del dióxido de nitrógeno (NO_2), teniendo todo con un acondicionamiento de dos cámaras de reacción, para que luego se pueda colocar las dos muestras de probetas de mortero de cemento con dimensiones de 5 cm y de 10 cm, siendo así, que se trató una con pintura fotocatalítica y la otra muestra con pintura convencional, para que análogamente se realizará la captación de aire, utilizando el tren de muestreo a un flujo de 0.5 l/min de las bombas por el periodo de 60 minutos, en determinadas horas del día donde la radiación solar repercute directamente, teniendo como resultados, que se logró la reducción de concentración de NO_2 hasta un 10.5 %, es así como también es un alternativa para poder mejorar la calidad del aire donde se encuentre un alto nivel de tránsito vehicular (23).

2.2. Bases teóricas

a) Eficiencia

Según Marie, en el 2001, la eficiencia es el grado en el cual se cumplen los objetivos desde un principio, siempre con el menor costo posible, porque él no cumplir todos los objetivos propuestos haciendo que se desperdicie recursos hace que toda la iniciativa sea ineficiente o menos eficiente, en resumen, la eficiencia es una iniciativa que siempre busca ser eficaz (24).

Según Hernández (2007), la eficiencia es el sinónimo de productividad, propiamente dicho la palabra eficiencia deriva de términos que están relacionado a la ingeniería, al decir un proceso es eficiente y es capaz de dar su máxima producción posible, o también al momento de decir un producto es eficiente, es la manera más usual de poder cuantificar a través de un cociente (25).

Según el Diario Gestión (2022), la eficiencia se relaciona entre los recursos usados en un proyecto y los logros que se busca obtener con el mismo y que, además, se da cuando se utilizan la menor cantidad de recursos para lograr el mismo objetivo o cuando se realiza varios objetivos, pero con los mismos o menos recursos. (26)

Según Linares (2009), la eficiencia energética es un elemento primordial para la mejora del medio ambiente, refiriéndose al calentamiento global, siendo así que se influye en ahorro y eficiencia energética, La Agencia Internacional de la Energía (IEA, 2007), precisa que el ahorro y la eficiencia deberían de ser capaces de aportar de un 43 % a 100 % de reducción de emisiones, de igual forma la Unión Europea, indica en el libro verde sobre que la eficiencia energética es “Hacer más con menos”, en síntesis la eficiencia energética cumple un papel fundamental en el cambio climático (27).

Según George (2007), la eficiencia técnica es la capacidad de poder utilizar insumos, determinando las menores cantidades para poder obtener una cantidad de producto y la eficiencia económica es la capacidad de producir un producto o servicio, pero a un costo mínimo (28).

b) Calidad de las pinturas

De acuerdo con Giudice, es el cumplimiento de condiciones mínimas, cumpliendo las especificaciones del producto y de todas las operaciones involucradas, como la realización de ensayos como, por ejemplo, el espesor de la película, o algunas propiedades fisicomecánicas como son la adhesión, dureza y elasticidad y la resistencia (29).

De acuerdo con CIC-CONICET, los organismos específicos crearon normas como es la ASTM que tiene requisitos para la elaboración de cada producto por lo que, se define las condiciones mínimas para poder determinar la calidad de las pinturas, como es espesor de la película, continuidad de la película, propiedades visuales, ensayos de durabilidad, resistencia a la temperatura, resistencia al agua, y otros agentes químicos y propiedades fícomecánicas, que determinen la calidad de la pintura (30).

c) Propiedades que determinan la calidad de la pintura

- Adherencia

Es la capacidad de revestimiento, en las pinturas, la cual se le denomina “la adhesión al sustrato”, o la capacidad que tiene de adherirse a varias capas o de unirse de manera firme a la superficie donde se aplicó. Es así como la mejor manera de poder determinar este parámetro es si la película de la pintura se adhiere al sustrato, ya que una buena adherencia garantiza que la pintura no se descascare o se desprenda por el tiempo o por condiciones meteorológicas (31).

En ese sentido, el método más usual para determinar la adherencia es por el método de ensayo de corte por enrejado, consistiendo en realizar cortes cruzados y perpendiculares, formándose un enrejado y, posteriormente, a ello se recubre la cuadrícula con cinta autoadhesiva, y, luego, se desprende con un movimiento rápido, clasificándose entre 0 a 4, donde 0 es cuando no hubo desprendimiento, y 4 cuando la película tuvo desprendimientos superiores a 35 % (32).

Existen una diversidad de métodos para determinar la adherencia de una pintura, como son la prueba de cinta adhesiva (ASTM D3359), la cual se realiza retirando la cinta luego de 30 a 60 segundos y verificar si existe algún desprendimiento; de igual forma la prueba de cuadrícula (ASTM D3359) consiste en realizar 6 cortes horizontales y verticales con una longitud de 10 cm y un ancho de 3mm entre cada incisión, prueba de tracción (ASTM D4541), prueba de cuchillo (ASTM D6677), prueba de adherencia cruzada (ISO 2409), prueba de tracción de cinta, entre otros métodos, que ayudan a determinar la adherencia (33).

- pH

El potencial de hidrógeno se refiere al nivel que se encuentra de acidez o alcalinidad de la pintura, teniendo una escala que oscila desde 0 a 14, donde 7 es neutro, inferior a 7 es ácido y mayor a 7 es alcalino. El pH ayuda a determinar la interacción que se tiene con el sustrato o película, ya que su reacción de ella pueda afectar la adherencia y la durabilidad que tiene la pintura; de igual forma, el pH influye en la estabilidad y el rendimiento de los insumos que se utilizaron en la pintura, ya que algunos insumos pueden cambiar de color o pueden volverse pigmentos inestables por tener pH extremos.

Asimismo, cuando se tiene una pintura en un pH óptimo, ayuda a que no se presencia corrosión, ya que puede proteger el sustrato metálico (34).

- **Viscosidad**

La viscosidad hace referencia a la resistencia al flujo o la capacidad que tiene la pintura para fluir. Es una propiedad importante, ya que, afecta a la aplicación, la cobertura y la apariencia final de la pintura. La viscosidad depende de la temperatura en la cual se encuentra la pintura, si esta tuviera una consistencia inadecuada podría tener una aplicación desigual. La viscosidad se mide en KU (unidades Krebs), centipoise. Los rangos de la viscosidad son de 40 a 147 KU, lo que equivale a 27 a 5274 centipoise (cP) de acuerdo con la ASTM D56 (35).

- **Dureza**

Se le dice a la capacidad de resistencia de la abrasión o a los daños superficiales y a la capacidad de mantener su integridad estructural y estética a lo largo del tiempo. Eso quiere decir el grado de sequedad logrado y la calidad que tiene la pintura. La dureza es una propiedad importante para poder determinar la calidad de la pintura. Por ello, existe diferentes formas de evaluar y medir la dureza de una pintura, como es la Prueba de Dureza de Lápices (ASTM D3363), la cual consiste en usar lápices de diferentes durezas y rayar la superficie pintada, siendo así como el lápiz que deja una marca visible se utiliza para clasificar la dureza de la pintura; la Prueba de Resistencia de Rayado consiste en aplicar una carga constante mientras un punzón raya la parte superior pintada y su resistencia se determina según la presión necesaria para rayar la pintura. Asimismo, la Prueba de Dureza de Pencil Eraser (Borrador de Lápiz) consiste en usar un borrador de lápiz para evaluar la dureza de la pintura mediante el intento de borrar una marca en la superficie pintada (36).

- **Densidad**

La densidad se puede medir de muchas maneras, entre ellas, mediante un picnómetro el cual es un dispositivo de laboratorio que se encuentra diseñado específicamente para medir la densidad de líquidos o sustancias similares. De igual forma, existe el método de la probeta (ASTM D 854), el cual sigue los mismos procedimientos para hallar la densidad de la pintura con el picnómetro con relación a los cálculos, consistiendo en tener el peso inicial de la probeta vacía y, luego, se le agrega la sustancia, para luego volverlo a pesar, para que al final se reste la cantidad final menos la cantidad inicial y el resultado dividido entre 100, expresándose un resultado en g/cm^3 (37).

- **Permeabilidad**

Se refiere a la capacidad que tiene la pintura en permitir o resistir el paso de líquidos o gases de su capa superficial, influyendo los siguientes factores como es la formulación

de la pintura, la cual depende la composición química de los ingredientes usados para la formulación de la pintura; el espesor de la capa es un factor que puede afectar la permeabilidad, ya que mientras más capas tiene la pintura más efectiva es, por tener una barrera contra la penetración de líquidos y gases; el tipo de sustrato, ya que, por cambios climáticos, puede variar, si fuera madera; la porosidad del sustrato, influye si el sustrato fuera poroso la película de la pintura cumplirá la función de rellenar los poros y reducir la permeabilidad (38).

- **Temperatura**

La temperatura es un factor muy importante para determinar las propiedades de la pintura, ya que a altas temperaturas la pintura tendrá un espesamiento (mayor viscosidad), que dificultará en su aplicación y, también, si la pintura presenta temperaturas menores puede terminar deteriorándose y si la pintura en su composición se encuentra el agua no debe someterse a temperaturas menores a 5 °C, ya que podría terminar congelándose. Por ello, debe encontrarse entre los 10 °C a 32 °C, y debe evitarse las temperaturas extremas para no afectar en el proceso de su aplicación (39).

d) Pinturas a base de Hidróxido de Calcio

De acuerdo con Santiago (2010), el hidróxido de calcio, también conocido como cal apaga o cal hidrata, es fundamental en las pinturas por contener reguladores de pH y de bactericidas, es así como es primordial utilizar al hidróxido de calcio como materia prima para la elaboración de pintura y de empaste (40).

Según Rocafuerte (2014), el Hidróxido de Calcio Ca(OH)_2 o Cal hidratada o sus sinónimos como es cal muerta, cal aérea apagada, cal de construcción, cal química, cal fina, cal de albañilería, flor de cal o cal viena, se obtienen de manera natural, por hidratación de óxido de calcio (cal viva), los cuales se pueden obtener mediante unos hidratadores, como subproductos de residuos cálcicos o producto de la precipitación de la solución de cloruro de calcio con una de hidróxido de sodio o haciendo una reacción de carburo de calcio con agua (41).

Según Antonio y Obispo (2004), las pinturas a base de cal presenta características de durabilidad en paredes de interiores porque no se encuentran expuestas a condiciones climáticas de manera directa, de igual forma la cantidad de plomo no sobrepasa los límites establecidos, por lo que se determinó la composición a base de cal hidratada 30 % p/v, pegamento o cola blanca 15 % v/v y agua potable c.s.p. 100 %, presentando características accesibles para su elaboración. (42).

e) Nopal

De acuerdo con Sáenz (2007), el nopal es una planta de la familia de las cactáceas, de la especie de la *Opuntia ficus-indica*, es una planta nativa desde las zonas más áridas hasta las zonas con mayor altura como es en los Andes del Perú. Tiene un atractivo por su

anatomía y morfología, ya que es una planta que puede vivir bajo demasiado estrés y factores climáticos extremos. Tiene un alto porcentaje de capacidad para poder almacenar agua, ya que tienen bastante parénquima, es por eso que esta planta puede estar en largos periodos de sequía (43).

De acuerdo con Infante (2022), el nopal químicamente se encuentra caracterizado como compuesto polisacáridos por tener, carbohidratos, glúcidos y sacáridos que al momento de estar en acción de hidrolisis se obtiene como resultado la formación de monosacáridos de D- galactosa, L- araguinosa, L- Ramnosa y D- xilosa. Estos son solubles en agua y sus características hace que se pueda obtener soluciones coloidales de alto grado de viscosidad y capacidad de adhesión. También, se puede utilizar como un adherente de cerámica y papel (37).

f) Contaminación por pinturas comerciales

De acuerdo con Riveros (2017), los Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs), en la Industria de Pinturas, son sustancias que contribuyen a generar vapores en la atmósfera en condiciones normales de temperatura y presión, en la fabricación de pinturas, disolvente o barnices, ya que está demostrado que las sustancias con las que se trabajan causan el smog fotoquímico, el cual uno de los principales precursores de la generación del ozono troposférico y sobre todo de generar de manera directa efectos nocivos en la salud humana por tener la presencia de sustancias toxicas, identificando concentraciones elevadas de COVs, por encima de los límites de exposición que regula la legislación vigente en el Perú en el 2015 en una empresa que fabrica pinturas, con una generación de 8801 toneladas durante ese periodo (44).

De acuerdo con Guevara (2017), los COVs se encuentran presentes en las actividades industriales, artesanales y domésticas, las cuales presentan efectos nocivos en el medio ambiente y en la salud de los seres vivos al momento de su inhalación, y la absorción dérmica las cuales son las principales vías de intoxicación. Se determina que la presencia de benceno y xileno presentan un índice de peligro mayor a una distancia de 150 cm siendo un límite inaceptable para la salud y el tolueno se encuentra en un rango aceptable, pero igual sus características hacen que se evaporen al medio ambiente, lo que lo hace volátiles, lo que trae riesgos para la salud de todos los trabajadores si no se maneja de manera correcta, de igual forma causa contaminación al aire, contribuyen al calentamiento global, impacto a la calidad del agua, toxicidad a la vida silvestre (45).

g) Obtención de la cal apagada

De acuerdo con Cabañas, en el 2008, la piedra caliza (carbonato de calcio) y otras rocas calcáreas, para que puedan formar Cal viva se deben calentar en hornos hasta una temperatura de 903 °C, para liberar dióxido de carbono (CO₂) y obtener Cal Viva (CaO)

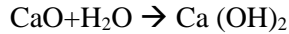
y esta se llega a apagar cuando se le agrega agua, provocando una reacción exotérmica (46).

Dándose las siguientes reacciones químicas:

- Obtención de la cal viva (óxido de calcio)



- Reacción con agua para la obtención de la cal apagada (hidróxido de calcio)



Durante esta reacción se libera calor y la cal viva se transforma en cal apagada, presentándose en forma de polvo o en pasta, todo depende de la cantidad de agua que se llega a usar en el proceso.

h) Uso de la cal en los procesos de la soldadura

Según la Revista, Calcino indica que la cal es un componente esencial en los procesos de siderurgia, ya que actúa como un agente purificante, eliminando cualquier tipo de impurezas, desulfurando, defosforizando, actuando como fundente y como neutralizante. En ese sentido, es que en los talleres de carros la cal apagada puede usarse para neutralizar ácidos que se encuentran presentes en las superficies metálicas de los vehículos. Y después de realizar estos procesos, usualmente, suelen quedar residuos ácidos que hace que la cal pueda actuar como un neutralizante de estos ácidos corrosivos, contribuyendo a prevenir la corrosión. De igual forma, la cal apagada se usa para eliminar el óxido y escoria que pueden formarse durante estos procesos. También, se usa para prevenir incendios en los talleres de soldadura, ya que se puede esparcir en el suelo para ayudar a extinguir chispas o llamas en el caso que pueda ocurrir un incendio o finalmente para aplicarse en las superficies antes de realizar algún proceso, ya que ayuda a desengrasar las áreas de trabajo (47).

2.3. Marco Legal

- **Constitución Política del Perú de 1993**

Artículo 2.- Toda Persona tiene derecho de:

(...)

22. A la paz, a la tranquilidad, al disfrute del tiempo libre y al descanso, así como a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida.

Interpretación: El artículo mencionado garantiza el derecho de las personas a vivir en un entorno que promueva la paz, la tranquilidad y el disfrute del tiempo libre, así como a tener un ambiente equilibrado y propicio para su desarrollo. Interpretado en el contexto de las pinturas contaminantes, este derecho implica regular el uso de pinturas que contengan

sustancias tóxicas como el plomo para proteger la salud y el bienestar de la población, promoviendo alternativas más seguras y respetuosas con el medio ambiente.

- **Ley N° 28611 Ley General del Ambiente**

Artículo I.- Del Derecho y deber fundamental

Toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país.

Interpretación: El principio establece que toda persona tiene el derecho inalienable de habitar en un entorno que fomente su pleno desarrollo y bienestar, mientras también asume la responsabilidad de participar en la protección y gestión eficaz del medio ambiente. Esta participación incluye asegurar la salud tanto individual como colectiva, conservar la diversidad biológica, utilizar los recursos naturales de manera sostenible y promover el desarrollo equilibrado del país. En este contexto, es fundamental regular el uso de pinturas contaminantes para salvaguardar la salud pública y garantizar la preservación del entorno natural, cumpliendo así con los deberes y derechos establecidos en este principio ambiental.

- **Ley N° 31182 Ley que protege la salud e integridad física de las personas del contenido de plomo en pinturas y otros materiales de revestimiento**

(...)

Artículo 4.- Contenido de plomo en pinturas y otros materiales de revestimiento

El límite de contenido en la fabricación, importación, distribución y/o comercialización de pinturas y otros materiales de revestimiento con plomo es de 90 partes por millón (ppm) o 90 mg/kg, basado en el peso del contenido total no volátil de la pintura o en el peso de la capa seca de pintura.

Interpretación: La ley tiene como objetivo regular la presencia y concentración de plomo en las pinturas y otros materiales de revestimiento para proteger la salud de la población. Se aplica a todas las personas naturales o jurídicas involucradas en la fabricación, importación, distribución y/o comercialización de estos productos a nivel nacional. Se prohíbe la fabricación, importación, distribución y/o comercialización de pinturas y materiales de revestimiento que superen el límite máximo de 90 partes por millón (ppm) o 90 mg/kg de plomo.

- **Norma Técnica Desarrollada por ASTM Internacional – ASTM D1640 para secado**

Interpretación: La norma ASTM D1640 describe un método estándar para probar el proceso de secado o curado de pinturas y barnices en condiciones controladas de humedad o temperatura en un entorno de laboratorio. Este método permite determinar las diferentes

etapas y tasas de formación de película durante el secado. Además, la norma incluye procedimientos para evaluar el secado en condiciones más realistas, como las temperaturas y humedad típicas encontradas en almacenes o en el campo. En resumen, ASTM D1640 proporciona directrices detalladas para evaluar la eficacia y la durabilidad del secado de pinturas y barnices en una variedad de condiciones ambientales (48).

- **Norma Técnica Desarrollada por ASTM Internacional – ASTM D3363 para dureza**

Interpretación: La norma ASTM D3363, titulada *Método estándar de prueba para la dureza de lápices de grafito (Método de dibujo)*, describe un método para determinar la dureza de lápices de grafito utilizando un dispositivo de prueba conocido como durómetro de lápices. Este método implica usar lápices de grafito con diferentes grados de dureza y trazar líneas sobre una superficie de prueba bajo una presión y ángulo específicos. Luego, se evalúa la resistencia del trazo a través de la observación visual o mediante el uso de una lupa o microscopio. La dureza se determina según la clasificación numérica de la escala de dureza de lápices de grafito, que va desde 6B (más suave) hasta 9H (más duro). Esta norma es útil para la selección y clasificación de lápices de grafito según sus propiedades de dureza para diferentes aplicaciones, como el dibujo técnico, el arte y la escritura (49).

- **Norma Técnica Desarrollada por ASTM Internacional – ASTM 3359 para adherencia**

La norma técnica ASTM D3359, titulada *Método estándar de prueba para la adhesión de recubrimientos mediante la prueba de corte con cuchilla cruzada*, describe un método para evaluar la adhesión de recubrimientos a sustratos metálicos mediante una prueba de corte con cuchilla cruzada. Este método implica realizar cortes precisos en el recubrimiento con una cuchilla en forma de X o de cuadrícula, aplicar cinta adhesiva sobre los cortes y retirarla rápidamente. Luego, se evalúa la cantidad de recubrimiento removido por la cinta adhesiva, lo que proporciona una indicación de la resistencia de la unión entre el recubrimiento y el sustrato. Esta norma es ampliamente utilizada en la industria de los recubrimientos para asegurar la calidad y durabilidad de los mismos en diversas aplicaciones (50).

2.4. Definición de términos básicos

2.4.1. Eficiencia

“Capacidad de disponer de alguien o de algo para conseguir un efecto determinado, con el mínimo de posibles recursos”. (51)

2.4.2. Calidad

“Es la propiedad o conjunto de propiedades inherentes a algo, que permiten juzgar su valor, con superioridad o excelencia.” (52)

2.4.3. Nopal

“Planta de la familia de las cactáceas, de unos tres metros de altura, con tallos aplastados, carnosos, formados por una serie de palas ovales de 30 a 40 cm de longitud y 20 de anchura, erizadas de espinas que representan las hojas, flores grandes, sentadas en el borde de los tallos, con muchos pétalos encarnados o amarillos, y por fruto el higo chumbo, y que procede de México y se ha hecho casi espontáneo en el mediodía de España, donde sirve para formar setos vivos.” (53)

2.4.4. Soldadura

“La soldadura es un proceso de fabricación que consiste en un metal fundido que une dos piezas de metal. Las piezas son adheridas al derretirse ambas, agregando un material de relleno (plástico o metal), también derretido, el cual posee un punto de fusión menor al de la pieza a soldar. Cuando las piezas se enfrían, éstas se transforman en una articulación fuerte; sin embargo, no todos los metales se pueden aliar para generar una unión, pues las soldaduras funden a temperaturas menores que las piezas metálicas a unir.” (54)

2.4.5. Cambio Climático

“El cambio climático se refiere a los cambios a largo plazo de las temperaturas y los patrones climáticos. Estos cambios pueden ser naturales, por ejemplo, a través de las variaciones del ciclo solar. Pero desde el siglo XIX, las actividades humanas han sido el principal motor del cambio climático, debido principalmente a la quema de combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y el gas.” (55)

2.4.6. Compuestos Orgánicos Volátiles

“Los compuestos orgánicos volátiles (COV) son todos aquellos hidrocarburos que se presentan en estado gaseoso a la temperatura ambiente normal o que son muy volátiles a dicha temperatura. Se puede considerar como COV aquel compuesto orgánico que a 20°C tenga una presión de vapor de 0.01 kPa o más, o una volatilidad equivalente en las condiciones particulares de uso.” (56)

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Método y alcance de la investigación

3.1.1. Método General

El método general empleado en la investigación fue el método científico, debido a que se realizó una serie de procedimientos y técnicas, que hicieron que se pueda manipular las variables como es el residuo del taller de soldadura de carros, mediante condiciones controladas que permitieron determinar la eficiencia y la calidad, haciendo que se garantice el poder precisar las soluciones que ayudaron a resolver los problemas planteados en la investigación y así se pudo dar la aprobación o confirmación de las hipótesis mediante los resultados obtenidos al momento de realizar y analizar la pintura ecológica elaborada a partir del residuo de hidróxido de calcio (57).

3.1.2. Método Específico

El método específico tuvo el enfoque hipotético-deductivo, porque se siguió un proceso estructurado, donde se realizó la recolección de datos numéricos y análisis estadísticos donde las hipótesis planteadas, pudieron ser contrastadas con la realidad y ser aceptadas; asimismo, al momento de su desarrollo estuvo centrado en el control, validez y rigor del propio contexto de la investigación y sobre todo probar con teorías ya existentes (57).

3.1.3. Tipo de investigación

Según Esteban Nicomedes, el tipo de la investigación es aplicada porque busca resolver todos los procesos que se presentan en el desarrollo de la investigación con conocimientos teóricos y metodológicos. Es así como se le denomina investigación aplicada basada en la investigación básica porque busca resolver los problemas que se presentan en la sociedad como es la contaminación del aire por los contaminantes que tienen las pinturas convencionales, siendo así que la presente investigación está orientada a mejorar un proceso de obtención de un producto. Se tiene en cuenta toda la legislación vigente en el país y así poder contribuir con el avance de la ciencia y a la vez contribuir con el cuidado del medio ambiente al proponer una pintura que sea eco amigable con el medio ambiente y contribuya a que no se incremente más los gases de efecto invernadero (58).

3.1.4. Nivel de investigación

El nivel de la investigación es explicativo porque explica la influencia que tiene el residuo hidróxido de Calcio en el proceso de elaboración de la pintura ecológica y por qué es una pintura que contribuye con una medida de compensación con el medio ambiente, además por qué una pintura convencional contribuye con el cambio climático; en ese sentido, se demostró las condiciones en las cuales se relacionan las tres variables siendo así que al mismo tiempo se pudo comprobar las hipótesis (57).

3.2. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación, según Arias (59), es experimental porque es totalmente explicativo, ya que se demostró los cambios de las variables dependientes como es la eficiencia y calidad, a causa de la variable independiente, es decir, por el hidróxido de calcio, siendo así que para poder establecer con exactitud la relación de causa-efecto; conjuntamente, se le caracterizó por la manipulación que se realizó a la variable independiente al momento de su control y a la medición de las variables dependientes durante toda la etapa experimental.

Se utilizó el diseño experimental con post prueba y grupo de control, porque se analizó la calidad y la eficiencia de la pintura a los 14 días y 30 días de exposición con el aire de las 18 unidades de experimentación.

Tomando en cuenta un diseño completamente al azar (DBCA), el cual consistirá en dos bloques de tratamiento y 9 unidades de experimentación por bloque, ver figura 2, teniendo en cuenta la cantidad de unidad de testigo como se puede observar en la figura 1.

Testigo
T1: 202.5 gr Ca(OH) ₂
T2: 108.0 gr Ca(OH) ₂
T3: 157.5 gr Ca(OH) ₂

Figura 1. Unidad Testigo

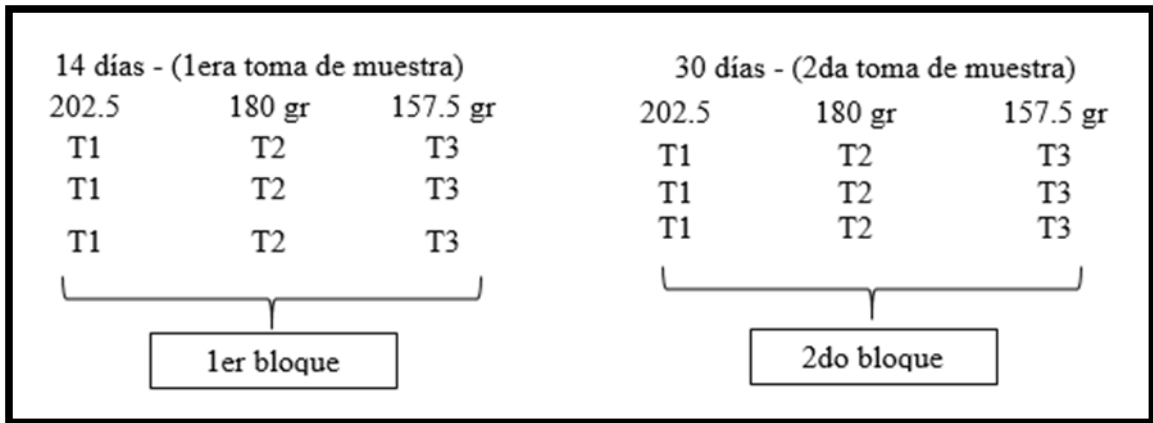


Figura 2. Primer y segundo bloque

3.3. Población y muestra

La población se le caracteriza por ser el conjunto de todos los casos que tienen relación entre sí (57). Por ello, la población comprendió de 3 talleres de soldadura de carros de la provincia de Arequipa, siendo así que los talleres se encontraban en el distrito de Miraflores, tal como se puede ver en la figura 3.

Las muestras se le caracteriza por ser una parte como un subconjunto de la población que tienen la misma probabilidad de ser elegidos por tener características similares o semejantes (57); es así como, de esa manera, nuestras muestras fueron recolectadas en un balde de capacidad de 4 litros de cada uno de los talleres de soldadura, es decir, 12 kilos aproximadamente del residuo generado de los talleres de soldadura.



Figura 3. Mapa de la población y muestra

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas e instrumentos

3.4.1.1. Técnicas

La técnica utilizada en el presente trabajo de investigación es la recolección de datos cuantitativos y la observación directa, ya que se recolecto datos de cada una de las pruebas, para poder afirmar las hipótesis. Además, se realizó el análisis estadístico descriptivo de las variables dependientes, y se utilizaron instrumentos como StarGraphics Centurion XVIII, Excel y estadística descriptiva.

3.4.1.2. Instrumentos

Los instrumentos fueron las fichas de registro de cada una de la unidad testigo por cada bloque y los indicadores de medición para cada una de las variables.

3.4.2. Materiales, Equipos e Insumos

3.4.2.1. Materiales

- a) Etapa de Pre – Campo
 - Materiales de escritorio: hojas blancas, lapiceros, marcador y borrador.
 - Cronometro
- b) Etapa de Campo y de Experimentación
 - Agitador con 10 cm diámetro
 - Recipiente de capacidad de 10 lt
 - Guantes de nitrilo
 - Estufa
 - Cacerola
 - Frascos para almacenar
 - Colador
 - Balanza
 - Tijeras
 - Cuchillo
 - Tabla de picar
 - Cúter
 - Lápices 6H, 5H, 4H, 3H, 2H, H, F, B, 2B, 3B, 4B, 5B y 6B
 - Regla de metal 20 cm y 30 cm
 - Tubo de ensayo

- Gradilla
- Pipeta de 1ml
- Pinza
- Escobilla
- Picnómetro
- Etiquetas
- Termómetro



Figura 4. Material de la etapa experimental

3.4.2.2. Equipos

- Viscometer BDG 184 62
- Laptop, con programas de Google Eart, ArcGIS, Matlab
- Celular con cámara
- Impresora

3.4.2.3. Insumos

- Sal
- Nopal
- Goma de harina de trigo (harina de trigo y agua)
- Residuo de los talleres de soldadura $\text{Ca}(\text{OH})_2$

3.4.3. Procedimientos

3.4.3.1. Etapa de Pre-campo

En la presente etapa de pre-campo, se recolecto toda la información necesaria de libros, revistas científicas, investigaciones, artículos científicos, normas técnicas, legislación vigente del Perú y páginas web, con relación a pinturas convencionales y pinturas ecológicas, lo cual hizo que en toda la etapa de experimentación se pueda conocer todos los factores de cada una de las variables y así poder tener control sobre cada una de ellas. De igual forma, se pudo identificar el área de la población para la recolección de la muestra, en este caso, el residuo proveniente de los talleres de soldadura, como el área donde se extrajo el nopal.

3.4.3.2. Etapa de Campo

a) Ubicación de puntos de recolección de hidróxido de cal

Se hizo muestreo al azar o muestreo aleatorio simple, ya que todos los talleres tienen de soldadura de carros de Arequipa, tienen las mismas características y presentan la misma probabilidad de ser seleccionados. Por ello, se delimitó el área para luego identificar los tres puntos de muestreo de la ciudad de Arequipa, los cuales detallamos las coordenadas de la ubicación de los citados puntos de muestreo, en la tabla 2.

Tabla 2. *Puntos de recolección del residuo de los talleres de soldadura (hidróxido de calcio)*

Punto	Dirección	Coordenadas UTM	
		°S	°O
Uno	Calle 22 de agosto, Miraflores	16.39564	71.52209
Dos	Palacios 403, Miraflores	16.39999	71.51718
Tres	Calle Puno 729, Miraflores	16.39785	71.52020

b) Ubicación de punto de recolección de nopal

Se hizo de la misma forma un muestreo al azar simple, ya que los nopales son característicos de la provincia de Arequipa y poseen similares características. Por ello, se delimito y registro el punto de recolección para la etapa de experimentación, ver tabla 3.

Tabla 3. *Punto de recolección del nopal*

Punto	Dirección	Coordenadas UTM	
		°S	°O
Uno	La Joya, al costado de Agro Vi Palma	16.425951	71844921

c) Extracción del mucilago de nopal

Luego de haber recolectado las pencas de los nopales jóvenes (frescas), se procedió a extraer el mucilago, teniendo en cuenta los días que estuvo en reposo para su extracción, para ello se usó 6 pencas de nopales frescos, un cuchillo, una tabla de cortar, dos baldes y agua; primero se hizo la limpieza de los nopales con agua para eliminar cualquier tipo de impurezas que puedan afectar en el proceso de experimentación. Luego, se retiró las espinas y los bordes, para que así se pueda cortar en cuadrados de 2cm por 2 cm aproximadamente y, por último, colocarlos en un balde de capacidad de 10 lt la cantidad de 6 nopales con 5 lt de agua.

Luego, se dejó reposando por el periodo de 48 horas, ya que se quería extraer la mayor cantidad de mucílago para su aprovechamiento, porque mientras tenga mayor reposo, presenta mayor viscosidad, estabilidad, adhesión, reticulación que hace que tenga más durabilidad la pintura y, sobre todo, que tenga mayor compatibilidad con pigmentos. Por ello, se reposó por ese periodo, para que, finalmente, con un colador se pueda extraer el mucilago, ya que aún se quería experimentar cuanto era la cantidad precisa para todas unidades experimentales.

d) Elaboración del agitador

Se elaboró un agitador con 10 cm de diámetro y con una hélice doble espiral de material de acero inoxidable, teniendo 10 cm de largo de las hélices y 50 cm de largo del soporte; asimismo, se usó un taladro para que pueda ayudar en completar el agitador. De igual forma, se desarrolló el citado agitador con esas características teniendo en cuenta la proporción de la cantidad de pintura que se quería producir; por ello, el agitador contribuyó en la homogenización de los insumos que se usaron y de igual forma, se adaptó un balde con la capacidad de 10 lt para que sirva como un envase y se adapte al objetivo de la investigación.

- Envase de agitación de capacidad de 10 lt
- Hélice de agitación con un radio de 5 cm y una altura de 50 cm
- Taladro (que esté conectado con la hélice de agitación) con una potencia absorbida de 600 w y con una velocidad de giro de 0-2800 min-1.

e) Elaboración de la cola

La cola se realizó a partir de harina, ya que es una alternativa convencional a partir del almidón y es apta para aplicaciones donde se requiera resistencia a la humedad, primero se mezcló 500 gr de harina con 2 litros de agua en un recipiente. Se mezcló hasta tener una masa homogénea suave, luego se vertió la mezcla en una cacerola y se llevó a la estufa a fuego medio con una agitación media, ya que se tenía que evitar la formación de grumos, hasta que la mezcla alcance una consistencia espesa similar a la cola sintética. Luego, se procedió a enfriar a una temperatura ambiente para que pueda adquirir una consistencia más gelatinosa y, luego, cuando la cola enfrió se procedió a envasarla para llevarla al refrigerador y así poder alargar su vida útil.

3.4.3.3. Etapa de Experimentación

a) Recolección del residuo de los talleres de soldadura

Se recolecto el residuo de tres talleres de soldadura de carros y se almaceno en tres baldes de capacidad de 4lt. Luego de ello, se extrajo cualquier impureza encontrada como restos de otros residuos (plástico, cartón, bolsas), de ahí se realizó la caracterización del residuo por medio de un barrido ICP-OES en un laboratorio, para saber la cantidad de elementos que se encontraban en esa muestra, teniendo en cuenta que los soldadores utilizan cal para soldar y tratar superficies oxidadas, vertiéndolo previamente antes de la ella. Por ello, sabiendo que se usa cal, se mandó hacer la caracterización de cuanto carbonato de calcio, ya que el laboratorio solo tenía ese método de análisis más cercano para su evaluación. Es importante precisar que, la cal se usa como un estabilizador de pH, ya que puede controlar la acidez o alcalinidad y sobre todo al tener esas propiedades, evita la aparición de hongos, moho o cualquier tipo de microorganismos que aparecen cuando hay la presencia de bastante humedad (60).

b) Recolección, extracción y almacenaje del nopal

Se recolecto nopal de una zona característica del distrito de la Joya, ya que es una planta común en esa zona. Luego de ello, se extrajo el mucílago del nopal, para luego almacenarlo y dejarlo en reposo por el periodo de 48 horas.

c) Preparación de cola

Luego como siguiente paso, se preparó la cola a base de harina, ya que el fin era obtener una pintura ecológica sin tener presencia de algún metal tóxico que pueda interactuar durante la etapa de experimentación y también el de tener una pintura que no contribuya con el cambio climático por tener la presencia de Compuestos Orgánicos Volátiles, la cola se usó por que proporciona adherencia y es un buen sellador para las pinturas y así evitando que se use resinas sintéticas.

d) Preparación de la pintura ecológica

- Primer paso

Calcular el porcentaje del residuo de los talleres de carro por cada tratamiento, usando como fuentes datos de investigaciones relacionadas a pinturas ecológicas, el cual fue el artículo titulado “Incremento de la Vida Útil de Pintura Natural”; sin embargo, se determinó al momento de la experimentación otras cantidades que hicieron que la pintura pueda cumplir características similares a la de una pintura. Por ello, se determinó las siguientes cantidades para cada tratamiento. Se incluyeron, de igual forma, los insumos que son necesarios para su elaboración de la pintura, tal como se puede ver en la tabla 4, 5 y 6.

Tabla 4. *Cantidades en porcentajes del primer tratamiento*

Primer Tratamiento		
Insumo	%	Cantidad
Ca(OH) ₂	45%	202.5 gr
Sal	5.00%	22.5 gr
Agua	10.00%	45 ml
Nopal	25.00%	112.5 ml
Goma	15.00%	67.5 gr
TOTAL	100%	450

Tabla 5. *Cantidades en porcentaje del segundo tratamiento*

Segundo Tratamiento		
Insumo	%	Cantidad
Ca(OH) ₂	40%	180 gr
Sal	5.00%	22.5 gr
Agua	10.00%	45 ml
Nopal	30.00%	135 ml
Goma	15.00%	67.5 gr
TOTAL	100%	450

Tabla 6. *Cantidades en porcentaje del tercer tratamiento*

Tercer Tratamiento		
Insumo	%	Cantidad
Ca(OH) ₂	35%	157.5 gr
Sal	5.00%	22.5 gr
Agua	10.00%	45 ml
Nopal	35.00%	157.5 ml
Goma	15.00%	67.5 gr
TOTAL	100%	450

- **Segundo paso**

Luego de determinarse las cantidades exactas, se procedió a colar los sólidos gruesos del residuo al cual denominamos residuo de hidróxido de calcio, tal como se puede ver en la figura 5, ya que mientras más fino se encuentre el residuo, será mejor la dilución del mismo cuando se le agregue el nopal.

Por ello, luego de colar, se extrajo el residuo en un recipiente y se le agregó el nopal como se visualiza en la figura 6 y se procedió a agitar, ver figura 7, hasta que la masa se encuentre totalmente homogénea, aproximadamente en el primer tratamiento se diluyó por el periodo de 15 minutos. Luego de ello, se le agregó la sal y agua. Después, se homogenizó por el periodo de 5 minutos, hasta que al final se le agregó la goma que se encontraba semi líquida, lo cual ayudó a que la pintura tuviera una mejor consistencia.



Figura 5. Sólidos gruesos del residuo Ca(OH)₂



Figura 6. Mucilago de Nopal



Figura 7. Homogenización para obtención de la pintura

Se realizó este procedimiento para todos los tratamientos 1, ya que se determinó que la cantidad del nopal aporta a que se pueda homogenizar de una manera más rápida. En ese sentido, cuando se realizó el segundo tratamiento se realizó los mismos procedimientos a excepción del primer tiempo de homogenización el cual fue 10 minutos y en el tercer tratamiento se disminuyó el primer tiempo de la citada homogenización a 8 minutos, manteniéndose para ambos casos el segundo tiempo de homogenización de 5 minutos. Se debe tener en cuenta que se determinó este tiempo por la cantidad con la cual se está trabajando del total de cada tratamiento el cual es de 450 ml de pintura.

Luego de ello, se procedió a realizar el primer tratamiento con 6 repeticiones, tres para el primer bloque y tres para el segundo bloque, lo mismo se realizó para el segundo y tercer tratamiento; se realizaron dos bloques, ya que, también, se quiso determinar la eficiencia de la pintura cuando tiene un mayor tiempo de almacenado, durante su análisis para determinar los parámetros de calidad. Por ello, se almaceno las nueve muestras del primer bloque por un periodo de 14 días y las nueve muestras del segundo bloque por un periodo de 28 días, tal como se visualiza en la figura 9, las muestras se almacenaron en un frasco de capacidad de 500 ml verificándose que no quede ninguna apertura u orificio que afecte la composición de la pintura, todo el procedimiento se describe en la figura 8.

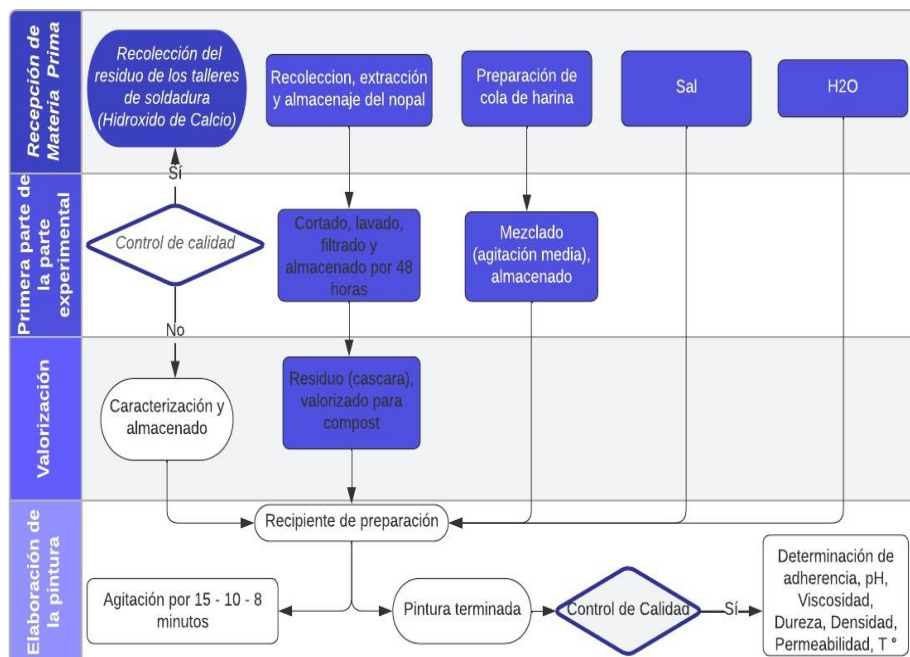


Figura 8. Flujograma de la obtención de la pintura ecológica



Figura 9. Tratamiento del bloque 1 y bloque 2

- **Tercer paso**

Luego de tener la pintura, se procedió pintar el primer bloque pasado 14 días de almacenamiento, como se visualiza en la figura 11, luego de ello se determinó que tratamiento demostró mejores características de tiempo de secado, también, se pudo verificar que tratamiento demostró mejor homogenización, ya que cuando se abrieron los 9 frascos que tuvieron menor cantidad de nopal se pudo ver que el residuo se sedimentó a comparación del tratamiento 2 que demostró una ligera sedimentación y el tratamiento 3 demostró mayor porcentaje de homogenización, entonces se comparó que dentro del tratamiento 3 y sus repeticiones si tuvieron características semejantes, por lo que se determinó usar cualquiera de esas tres muestras. Luego de ello, se procedió almacenar las pinturas, para su comparación y análisis de calidad con el segundo bloque, teniendo en cuenta que se hizo la prueba de pintado del primer bloque.

Ya pasando los 28 días, se realizó la prueba de pintado para evaluar su tiempo de secado, como se mira en la figura 12. También, se determinó que tratamiento demostró mejores características para su evaluación de los parámetros que caracterizarían la calidad de la pintura; asimismo, se pudo determinar que el tratamiento 3 que tuvo mayor porcentaje de nopal y menos hidróxido de calcio presentó mejores características, por lo que se determinó analizar cualquiera de las muestras, pero igual se pintó las 9 muestras de los 3 tratamientos.

Por lo contrario, ya teniendo las muestras del primer y segundo bloque como se visualiza en la figura 10, se pudo ver que las muestras del primer tratamiento el tratamiento 2 presentó buenas características para ser analizada al igual que tratamiento 3, de igual forma del segundo bloque se evaluó realizar las pruebas del tratamiento 1 luego de cuatro días de

secado y expuesto a condiciones ambientales, ya que presento buenas condiciones al estar expuesto. Es por ello que se cambió las muestras que se analizaron, quedando en ese orden las muestras para el análisis de los parámetros de calidad.

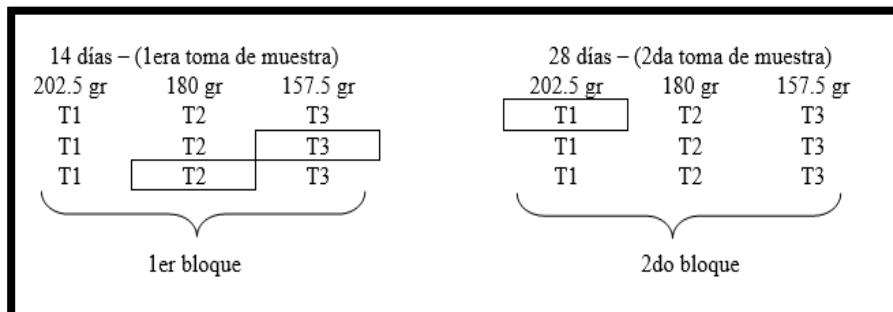


Figura 10. Selección de las muestras completamente al azar



Figura 12. Película de la pintura aplicada



Figura 11. Aplicación de la pintura encima del sustrato

3.4.3.4. Etapa de Laboratorio

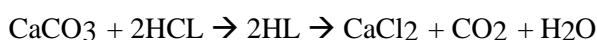
- Antes de la etapa experimental

Se realizó un ensayo para la caracterización del residuo que se iba a valorizar, para ello se hizo un barrido ICP-OES en digestión multiácida el cual consistió en utilizar una técnica espectroscópica que utiliza un plasma de inducción acoplado para generar un estado alto de energía en el que los átomos de la muestra emiten radiación característica. Permitiendo identificar y cuantificar los elementos presentes en la muestra.

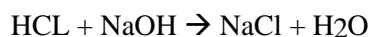
De igual forma, se hizo un ensayo para la caracterización de carbonatos de calcio por retro titulación ácido-base, ya que, para la obtención del hidróxido de calcio, también, conocida como cal apaga, se utiliza la caliza (carbonato de calcio, CaCO_3 y el método de ensayo más cercano para saber el porcentaje de cal era el citado ensayo, usando la retro titulación ácido-base, ya que es una técnica analítica utilizada para determinar con mayor precisión la cantidad de la sustancia en la muestra mediante la adición de un reactivo en exceso y luego titulando el exceso de reactivo con otra solución.

Siguiéndose el siguiente procedimiento:

- o Digestión de la muestra: La muestra se trata con ácido clorhídrico para poder liberar el dióxido de carbono de los carbonatos presentes, haciendo su reacción la siguiente:



- o Expulsión del CO_2 : El dióxido de carbono liberado se expulsa mediante calentamiento.
- o Titulación de NaOH_2 : El exceso de ácido clorhídrico se titula con una solución de hidróxido de sodio de concentración conocida, ya que es una concentración conocida como titulante para neutralizar el exceso de ácido después de la reacción con los carbonatos, siendo así su reacción la siguiente:



- o Cálculos: A partir del volumen y la concentración de la solución del hidróxido de sodio utilizada, se puede calcular la cantidad de ácido neutralizado y, por lo tanto, la cantidad de carbonato presente en la muestra original.

- Después de la etapa experimental

Asimismo, se realizó en una prueba de viscosidad e la pintura ya realizada, se llevó dos muestras que fueron elegidas por tener mejores caracterizas físicas en su aplicación, esta fue llevada a un laboratorio especializado en pinturas para medir la viscosidad, usando el Krebs Viscometer, el cual es un instrumento que mide la citada viscosidad en unidades “Krebs Unit” (KU), para ello se debe primero asegurar que la muestra se encuentre a temperatura ambiente y mezclada uniformemente antes de la medición. Luego, se verifica que las paletas se encuentren en las condiciones necesarias para su análisis, para que así

se vierta la muestra en el recipiente del viscosímetro de ahí se sumerge las paletas en la muestra y de ahí se enciende el viscosímetro y las paletas empiezan a girar a una velocidad constante en un medio controlado; midiéndose la viscosidad mediante la resistencia del material en movimiento de las paletas, para que al final se registra la viscosidad obtenida en unidas Krebs (KU).

Sumándose a ello, se realizó la medición del pH de la pintura en el mismo laboratorio especializado en pinturas, ya que era necesario para garantizar la calidad y estabilidad del producto, para ello se usó un potenciómetro el cual es un sensor para medir el pH de una muestra en una disolución, el cual se sumerge en la muestra y se espera a que arroje el valor.

3.4.3.5. Etapa de Gabinete

En la presente etapa se realizó las pruebas para determinar las variables dependientes de eficiencia y calidad, teniendo en cuenta las dimensiones y sus indicadores, es por ello que se desarrolló para la variable de eficiencia, el tiempo de secado, el costo y el rendimiento, para ello se realizó lo siguiente:

- Tiempo de Secado

En ensayo de tiempo de secado según la norma ASTM D1640, se usó para poder determinar el tiempo requerido para que los recubrimientos líquidos se puedan pegar sobre una película no pegajosa, para ver cómo afecta directamente la pintura en la eficiencia y la calidad del producto final, es por lo que al momento de su aplicación se buscó tener procedimiento uniforme.

Primero, se preparó el recubrimiento líquido (pintura), en el caso de los tratamientos 1 y 2 se agitaron antes de ser aplicarlos, ya que, ambas pruebas presentaron una sedimentación de sus componentes, en el caso del tratamiento 3 también, se realizó una agitación, pero esta fue por un menor tiempo, debido a que su sedimentación fue menor. Luego de ello, se limpiaron 18 superficies de adoquines, luego de ello se aplicó el recubrimiento líquido en una capa uniforme sobre el sustrato que se preparó, luego de ello se llevó los adoquines a un ambiente controlado y que tuviera condiciones ambientales como temperatura y humedad; por consiguiente, se monitoreo el tiempo transcurrido desde la aplicación de la pintura hasta que la película líquida este totalmente seca y no pegajosa al momento de tocarla, como se mira en la figura 13, luego de ello se anotó en un registro de control de temperatura para ver el tiempo de secado de cada uno de los tratamientos.



Figura 13. Verificación del secado de la película

- **Costo**

Para verificar los costos y la cantidad de la pintura, se extrajó los costos que se usó durante su elaboración, es por lo que se realizó la siguiente tabla 7.

Tabla 7. Costo de elaboración de la pintura ecológica

Costo de elaboración de pintura ecológica calculado por 450 ml					
Ítem	Insumo	Costo	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
1	Residuo de los talleres de soldadura (hidróxido de calcio)	S/. 0	S/ 0.0000	S/ 0.0000	S/ 0.0000
2	Sal	S/ 2.20 (Precio por kg) S/. 0.0022	S/ 0.0495	S/ 0.0495	S/ 0.0495

3	H ₂ O	(precio por gr) S/0.86 (por metro cubico) S/ 0.000086	S/ 0.0039	S/ 0.0039	S/ 0.0039
4	Cola de harina	(precio por lt) S/. 6.20 (Precio por Kg) S/. 0.0062 (precio por gr)	S/ 0.6975	S/ 0.8370	S/ 0.9765
5	Mucilago de nopal	S/ 0	S/ 0.0000	S/ 0.0000	S/ 0.0000
6	Frasco	S/ 2.00 (Precio por unidad)	S/2.0000	S/2.0000	S/2.0000
7	Energía Eléctrica	S/. 3.97 (por día) S/ 0.2206 (precio por muestra)	S/ 0.2206	S/ 0.2206	S/ 0.2206
8	Agua para procesos	S/. 0.86 (por m ³) S/ 0.000086 (precio por lt) S/ 0.0043 (precio por muestra por 50 lt)	S/ 0.0043	S/ 0.0043	S/ 0.0043
TOTAL			S/ 2.9758	S/ 3.1153	S/ 3.2548

- **Rendimiento**

Se procedió a pintar una pared con dos tratamientos al azar, uno del primer bloque y el otro del segundo bloque. Luego, se midió para calcular el resultado en m², siguiendo los siguientes pasos.

Primero, se evaluó la superficie donde se iba pintar, ya que algunas superficies absorben más pintura que otras, debido a la porosidad o textura de la pared, porque si es porosa la superficie es posible que se necesite mayor cantidad de pintura.

Luego, se determinó la superficie a pintar, donde se midió la longitud y la altura de las paredes u otras superficies que se planea pintar, de ahí se multiplico la longitud por la altura para poder obtener el área de cada superficie en metros cuadrados, siguiendo la ecuación 1.

Ecuación 1 Determinación del área a pintar

$$\text{Área} = \text{Longitud} \times \text{Altura}$$

De ahí, se procedió a pintar el tratamiento x (ya que fue escogido completamente al azar), de ahí se realizó el cálculo del rendimiento del área pintada, siguiendo la ecuación 2.

Ecuación 2 Rendimiento de la pintura

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Área pintada}}{\text{Cantidad de Pintura Utilizada}}$$

Para determinar la variable Calidad, se tomó las siguientes dimensiones de Adherencia, pH, Viscosidad, Dureza, Densidad, Permeabilidad y Temperatura, para poder comprobar la misma variable; en ese sentido se determinó de la siguiente manera cada una de ellas:

- **Adherencia**

Para poder determinar la adherencia, se tomó en cuenta el ensayo de corte por enrejado ASTM D3359, la cual es una norma estándar que se usa para poder evaluar la adherencia en recubrimientos orgánicos, es por ello que se aplicó un corte en forma de cuadrículada sobre las superficies de los adoquines donde se aplicó anteriormente la pintura del tratamiento 2, 3 del primer bloque y del tratamiento 1 del segundo bloque; en ese sentido, se realizó primero 6 cortes verticales de altura de 10 cm y con una separación de 3 mm entre ellas de ahí se realizó cortes horizontales hasta donde cubría los 6 cortes horizontales, de ahí se aplicó una cinta por el periodo de 30 segundos, ver figura 14 y 15 , de ahí se retiró la cinta y se pudo observar cuál de las muestras tuvo mejor resultados, verificándose si se desprendió la pintura o no como se visualiza en la figura 16.



Figura 15. Ensayo de corte por enrejado ASTM 3359 (30 segundos)



Figura 14. Prueba de adherencia



Figura 16. Verificación de ensayo de corte por enrejado

- **pH**

El presente parámetro se analizó con un potenciómetro en un laboratorio especializado en pinturas. Para ello, tomaron una muestra al azar de las tres muestras elegidas, de ahí se diluyó la pintura en agua destilada en una dilución 1:10, siendo la proporción de 45 ml de la sustancia original con 405 ml del solvente para así tener el total del pote de pintura escogido; por consiguiente, se homogenizó bien la mezcla para tener una muestra uniforme en sus componentes, de ahí se puso el electrodo del potenciómetro y se esperó hasta que se estabilice y pueda arrojar la lectura correcta.

- **Viscosidad y temperatura**

Para la determinación del presente parámetro, se llevó dos muestras una del primer bloque y otra del segundo bloque, al laboratorio especializado en pinturas, donde se usó un viscosímetro llamado Krebs Stormer Viscometer BGD 184, como se mira en la figura 17; para ello la persona encargada del análisis por parte del laboratorio se aseguró que el viscosímetro se encuentre limpio y en buen estado, de ahí se verificó que la paleta y el eje se encuentren correctamente instalados, de igual forma el recipiente que se encuentre en una superficie nivelada y que no se encuentre otro tipo de sustancia que pueda afectar la pintura, de ahí se vertió la mezcla de la pintura primero en el citado recipiente, para poder medir su temperatura como se mira en la

figura 18, ya que es necesario ver su temperatura porque la viscosidad puede verse afectada si la pintura se encuentra elevada, luego de ahí se colocó la paleta en el vaso de prueba lleno de muestra, se ajustó la velocidad del viscosímetro según las especificaciones del método de prueba estandarizando a 17.22. De ahí se dio inicio al viscosímetro, donde empezó a girar en la muestra y luego de 15 segundos cuando se tuvo el resultado se detuvo la medición, de ahí se pudo verificar el resultado en unidades Krebs.



Figura 17. Krebs Stormer Viscometer BDG 184

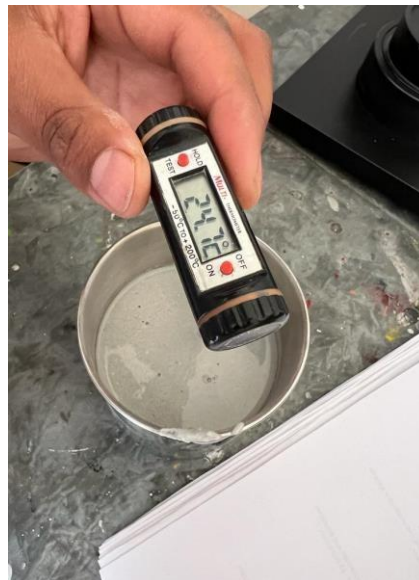


Figura 18. Determinación de la temperatura

- **Dureza**

Para la determinación de este parámetro se realizaron pruebas con lápices de grafito mediante el método “Standard Test Method for Film Hardness by Pencil Test”, en adelante “ASTM D3363”, el cual es un método estandarizado, utilizado para evaluar la dureza superficial de recubrimientos, que en el presente caso refiere a pinturas, para ello se utilizaron lápices desde los más poseen trazos suaves (B) hasta los más duros (9H); es menester aclarar que los trazos suaves o duros se refieren a al trazo que se consigue utilizando menor presión de contacto, para ello primero se priorizó que la superficie de la muestra se encuentre limpia y seca, en el presente caso, la superficie fue tres adoquines pintados con la pintura ecológica que fueron previamente seleccionados por demostrar mejores características, de ahí se seleccionó desde el lápiz 6B hasta el 6H (13 lápices en total), tal como indica la citada norma “ASTM D3363”, posteriormente se acondicionó un coche ver figura 19, el cual contenía a los lápices de distinta dureza para realizar un rayado firme en la superficie del primer adoquín de la primera muestra, ver figura 20..

Es importante señalar que para realizar el rayado el lápiz debe encontrarse en un ángulo de 45 °, es por ello que se adaptó un coche metálico en una base sólida de ángulo llano, el mismo que obtuvo una precisión mediante nivel mecánico y electrónico, obteniendo una base firme y llana sobre la cual asentamos una adaptación plástica enviada a imprimir con un eje inclinado en 45° como se mira en la figura 21, para que pueda sostener firmemente el lápiz, el mismo que fue corroborado al momento de la instalación con un nivel mecánico y electrónico, obteniendo 45° con gran precisión, inclusive practicamos proyecciones sobre papel a fin de garantizar que sean 45° y el resultado fue óptimo.

Una vez controlada y customizada la precisión de los 45° sin ningún desnivel que pueda afectar la prueba, se realizaron 13 rayados hasta encontrar el lápiz que no deje marcas visibles en la muestra; es decir, el que tenga un trazo fino y limpio. Siendo que el trazo encontrado que posee tal característica es uno de los de mayor dureza (5H) el cual tiene un trazo firme sobre la superficie, con lo cual demostramos fehacientemente que la pintura ecológica posee una dureza similar al del lápiz 5H conforme el “ASTM D3363”.



Figura 19. Coche metálico en base solida



Figura 20. Determinación de la dureza



Figura 21. Coche metálico con ángulo de 45 °C

- **Densidad**

Para la determinación de este parámetro, se hizo uso de un picnómetro, ya que es el más adecuado para poder medir líquidos, es por ello que se verifico previamente que se encuentre limpio y seco, para evitar que la muestra se contamine o tenga interferencia con otra sustancia desconocida, luego de ello se verifico que la balanza se encuentre calibrada usando pesos de patrón para verificar si marca los pesos correctos, de ahí se verifico que se encuentre en una superficie estable y sin ninguna interferencia como vibraciones o corrientes de aire, posterior a ello, se pesó el picnómetro vacío para poder verificar su peso inicial, el cual marco un peso de 23.32 g (m1), posterior se vertió la pintura del segundo bloque tratamiento 1 en el picnómetro hasta llenarlo completamente, evitando que se cree burbujas y luego se cierra con su tapón el cual permite que se cierre herméticamente para que el sistema esté cerrado durante la siguiente medición y por último se pesó el picnómetro con la pintura para poder obtener el peso final el cual fue de 92.68 g (m2). Para el cálculo de la densidad se usó la siguiente formula.

Ecuación 3 Calculo de la densidad

$$\rho = \frac{m2 - m1}{V}$$

- **Permeabilidad**

Para poder determinar este parámetro, se usó un tubo de ensayo y una masa que se adhiere a la superficie para evitar que el líquido pueda salirse, primero se limpió la superficie en este caso los tres adoquines que fueron dos del bloque 1 y uno del bloque 2, los cuales presentaron mejores características desde la prueba 1, en ese sentido se vertió 3 ml a cada tubo de ensayo con la ayuda de una pipeta de 5 ml, posterior se puso una masa adherente que ayudo a que el tubo de ensayo estuviera en contacto con la superficie que tenía la película de la pintura, luego se evaluó por el periodo de 45 minutos para ver cuál de los tres tratamientos resistía a la penetración del líquido de los tubos de ensayo, por último, se despegó los tubos de ensayo con la ayuda de una pinza para evitar que el líquido se vierta, para así poder verificar la cantidad de agua que quedaba en cada uno de ellos.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Presentación de resultados

4.1.1. Se analizó la composición química del residuo generado en los procesos de los talleres de soldadura.

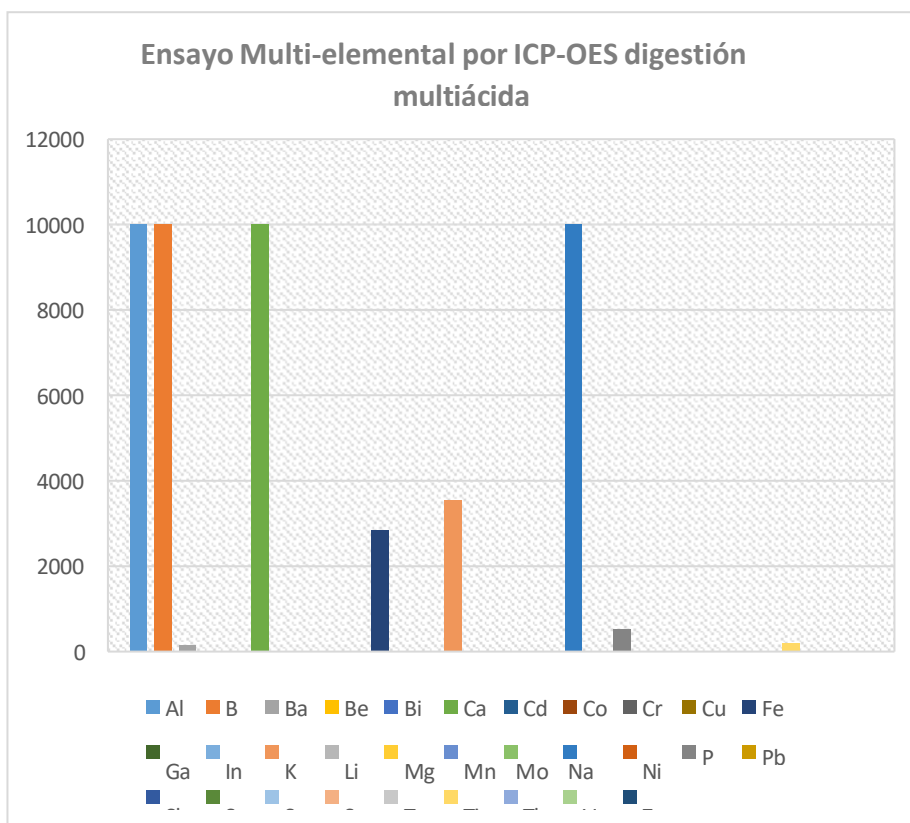


Figura 22. Composición química por un barrido ICP-OES

Con la figura 22 se puede verificar los resultados de la composición química que se realizó mediante el barrido ICP-OES con digestión multi-ácida al residuo de los talleres de soldadura, obteniendo Aluminio (Al), Boro (B), Calcio (Ca), y Sodio (Na), con valores superiores a 10 000 ppm, en la tabla 8 se puede visualizar los beneficios que tiene cada compuesto.

Tabla 8. *Beneficios encontrados en el barrido ICP-OES del residuo*

Beneficios aportantes a la pintura	
Aluminio (61)	<ul style="list-style-type: none"> - Presente en pinturas para efectos metálicos o reflectantes. - Considerado seguro y no contribuye a emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV).

Boro (62)	<ul style="list-style-type: none"> - Aporta resistencia al fuego y propiedades antimicrobianas en pinturas. -
Calcio (63)	<ul style="list-style-type: none"> - No considerado contaminante; valorizado por propiedades beneficiosas en pinturas ecológicas. - Contribuye a opacidad, resistencia al lavado, estabilidad química, dureza, adherencia, y durabilidad.
Sodio (64)	<ul style="list-style-type: none"> - Usado en pintura para mejorar viscosidad. - Propiedades antimicrobianas; evita formación de moho y hongos. - Absorbe humedad y previene condensación en envases.

Adicionalmente, se destaca la ausencia significativa del Plomo (Pb) en cantidades significativas (<0.64), lo cual es positivo por sus riesgos para la salud y el medio ambiente. Sumándose a ello, se realizó la caracterización reveló que el residuo del Hidróxido de Calcio está compuesto en un 16,41 % por carbonato de calcio (CaCO_3), ver figura 23, utilizando el único método disponible en el laboratorio. Esta información revela que el restante del porcentaje del residuo, que no es CaCO_3 , constituye el resto del 100 %.

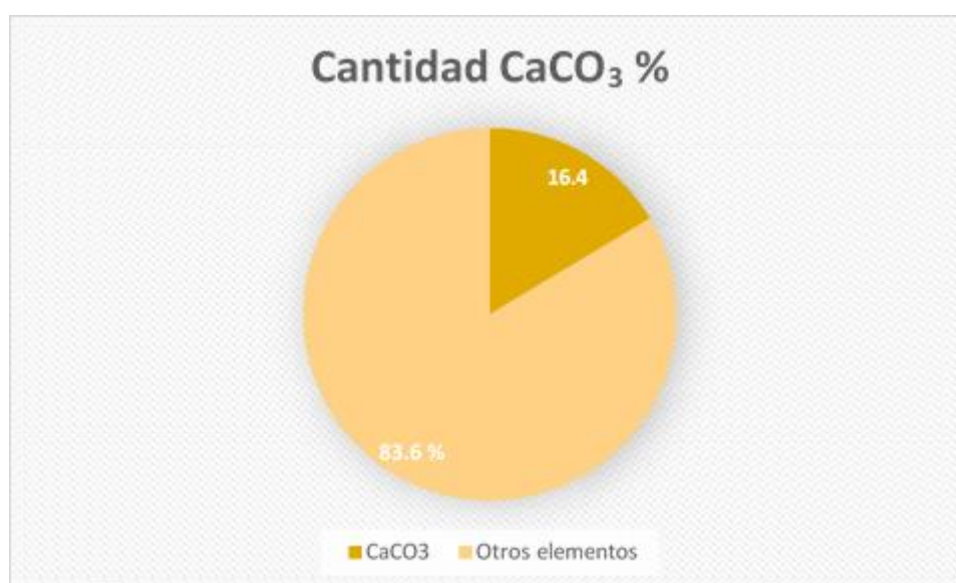


Figura 23. Porcentaje de CaCO_3 en el residuo

4.1.2. Se analizó la dosificación óptima de Hidróxido de Calcio para la obtención de pintura ecológica.

Se estableció que la cantidad óptima de hidróxido de calcio, o también llamado residuo de los talleres de soldadura, fue de 202.5 gr para la producción de 450 ml de pintura ver figura 24, el cual corresponde al primer tratamiento como se puede observar en la siguiente imagen.

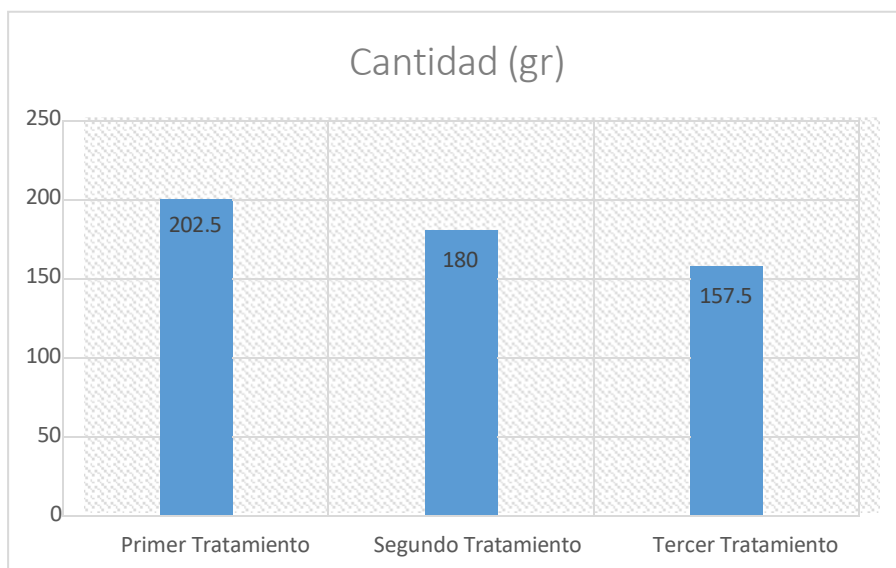


Figura 24. Cantidad del residuo en cada tratamiento

4.1.3. Examinar el tiempo óptimo para la obtención de pintura ecológica a base de residuo de Hidróxido de Calcio.

La duración óptima del proceso para la obtención de la pintura ecológica se fijó en 33 días ver tabla 9. La exclusión del periodo de 19 días se basó en observaciones técnicas que revelaron características indeseables, como una sedimentación excesiva.

Tabla 9. Tiempo óptimo para la elaboración de la pintura ecológica

Actividades	Bloque 1	Bloque 2
Recolección del residuo y nopal	1 día	1 día
Elaboración de la cola	1 día	1 día
Extracción del nopal con tiempo de remojo	2 días	2 días
Tiempo de reposo de pintura	14 días	28 días
Control de calidad y eficiencia	1 día	1 día

TOTAL	19 días	33 días
-------	---------	---------

4.1.4. Se determinó el rendimiento, costo, tiempo de secado, permeabilidad, adherencia, viscosidad, densidad, dureza, temperatura y pH, para evaluar la calidad de la pintura elaborado a partir del Hidróxido de Calcio.

4.1.4.1. Rendimiento

Los resultados indican que la pintura demostró un rendimiento eficiente, ya que con un litro se logra cubrir una superficie de 4.44 m², y un galón de 4 litros permite pintar aproximadamente 17.76 m² ver figura 25. Es importante resaltar que esta eficacia se logra sin la necesidad de añadir cola sintética o agua durante la aplicación, lo que contribuye a la practicidad y economía en el uso de la pintura ecológica.

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Área pintada}}{\text{Cantidad de Pintura Utilizada}}$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{2\text{m}^2}{450\text{ ml}}$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{2\text{m}^2}{0.45\text{ L}} \text{ (Conversión de ml a L)}$$

$$\text{Rendimiento} = 4.44 \frac{\text{m}^2}{\text{L}}$$



Figura 25. Determinación del rendimiento

4.1.4.2. Costo

Se calculó el costo teniendo en cuenta los gastos asociados a la preparación de la pintura ver tabla 10, expresando los resultados en términos de coste por mililitro (ml), litro (lt) y galón (4lt)

Tabla 10. *Costo de la pintura*

Ítem	Precio	Costo de pintura		
		Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
1	Precio por ml	S/ 0.0066	S/ 0.0069	S/ 0.0072
2	Precio por 450 ml	S/. 2.97	S/. 3.11	S/. 3.24
3	Precio por lt	S/ 6.61	S/ 6.92	S/ 7.23
4	Precio por galón de 4 lt	S/ 26.45	S/ 27.69	S/ 28.93

4.1.4.3. Tiempo de secado

Se verifico el tiempo de secado de los 18 tratamientos, observándose que el tratamiento y repetición 1 del segundo bloque, obtuvo el menor tiempo de secado, con una duración de 6 minutos con 26 segundos. No obstante, al calcular la media del tiempo de secado total para los tratamientos, se obtuvo un valor de 7 minutos con 32 segundos, ver tabla 11.

Tabla 11. *Registro del tiempo de secado*

Registro de tiempo de secado – ASTMD 1640					
Fecha de aplicación 15/09/2023					
ÍTEM	N° Bloque	N° Tratamiento	N° Repetición	Tiempo de secado	Observación
1		01	1	7:32 minutos	-
2		01	2	7:45 minutos	-
3		01	3	7:29 minutos	-
4		02	1	7:15 minutos	-
5	01	02	2	7:18 minutos	-

6		02	3	7:11 minutos	Seleccionado para poder verificar los parámetros de eficiencia y calidad, por presentar mejores características.
7		03	1	7:21 minutos	-
8		03	2	6:36 minutos	Seleccionado para poder verificar los parámetros de eficiencia y calidad, por presentar mejores características.
9		03	3	6:49 minutos	-
10		01	1	6:26 minutos	Seleccionado para poder verificar los parámetros de eficiencia y calidad, por presentar mejores características.
11		01	2	7:47 minutos	-
12		01	3	7:15 minutos	-
13	02	02	1	7:17 minutos	-
14		02	2	7:14 minutos	-
15		02	3	7:12 minutos	-
16		03	1	6:39 minutos	-
17		03	2	7:01 minutos	-
18		03	3	6:58 minutos	-

4.1.4.4. Permeabilidad

Se logró calcular el parámetro de permeabilidad utilizando tubos de ensayo, como se visualiza en las figuras 27, 28 y 29. Se observó que el tratamiento y repetición 1 del bloque 2, ubicado en la parte izquierda, exhibió un porcentaje de líquido más alto. Para evaluar esto, se comparó utilizando una pipeta de 5 ml para medir el volumen remanente de líquido en cada tubo de ensayo. Los resultados obtenidos se detallan en la figura 26.

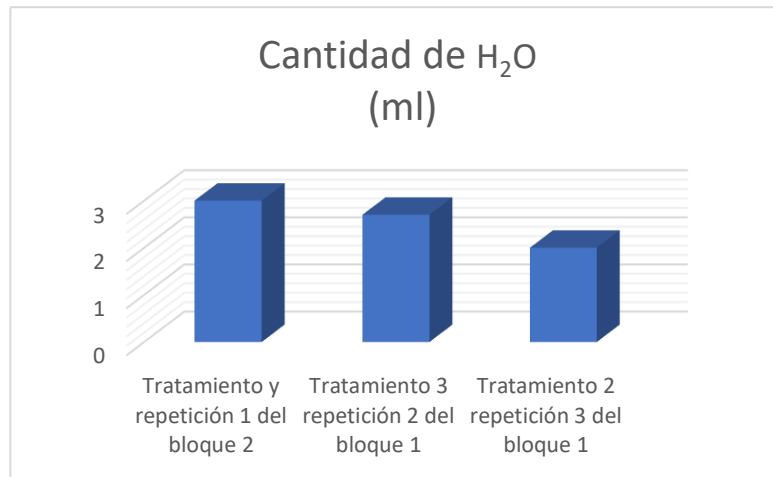


Figura 26. Cantidad de H₂O en la prueba de permeabilidad

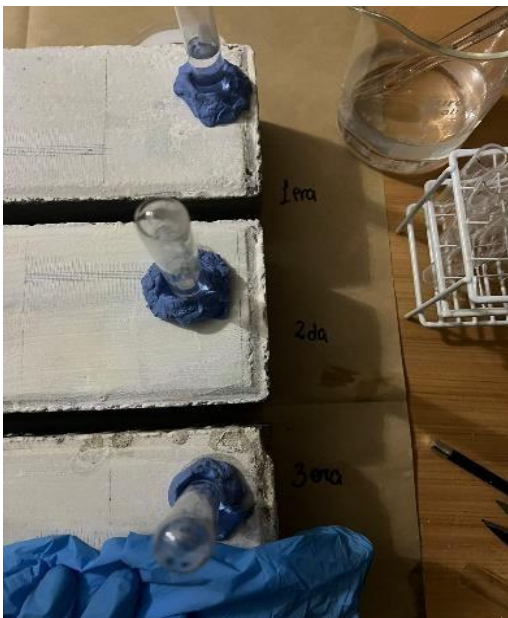


Figura 28. Prueba de permeabilidad en 45 minutos



Figura 29. Despegue del tubo de ensayo



Figura 27. Prueba de permeabilidad con tubos de ensayo

4.1.4.5. Adherencia

Como resultados, se pudo constatar que, de los tres tratamientos sometidos a la prueba de adherencia, el tratamiento 1 del bloque 2 mostró una reacción más favorable en el sustrato. Esto se evidencia en las figuras 30, 31 y 32. La clasificación resultante asigna a la muestra un grado de adherencia de 4B, indicando que solo el 5% del área presentaba pequeños fragmentos desprendidos.



Figura 30. *Tratamiento y repetición 1 del bloque 2*



Figura 31 *Tratamiento 3 repetición 2 del bloque 1*



Figura 32. *Desprendimiento de la cinta (30 segundos)*

4.1.4.6. Viscosidad y temperatura

El resultado del análisis del producto realizado por el laboratorio especializado en pinturas se observó que en el bloque 1, el tratamiento 3, repetición 2, la viscosidad no fue detectada por el viscosímetro debido a que se encontraba en estado de pasta, en contraste con el bloque 2. En el tratamiento y repetición 1 del bloque 2, se registró una viscosidad de 80.4 Unidades Krebs (KU) y una temperatura de 24.7 °C.

4.1.4.7. Densidad

El resultado obtenido para la densidad, medido con un picnómetro de 50 ml fue de 1.389 $\frac{g}{ml}$ utilizando la ecuación 3 para su cálculo, ver imágenes 33 y 34.

$$\rho = \frac{m2 - m1}{V}$$
$$\rho = \frac{92.68 - 23.32}{50 \text{ ml}}$$
$$\rho = 1.389 \frac{g}{ml}$$



Figura 34. Picnómetro peso inicial



Figura 33. Picnómetro con peso inicial

4.1.4.8. Dureza

Se tuvo como resultado que los tres tratamientos demostraron una resistencia de 5H, indicando una notable capacidad para resistir el rayado en la superficie del sustrato. Se mantuvo un rayado constante sin ninguna interrupción, como se puede apreciar en las figuras 35, 36 y 37.

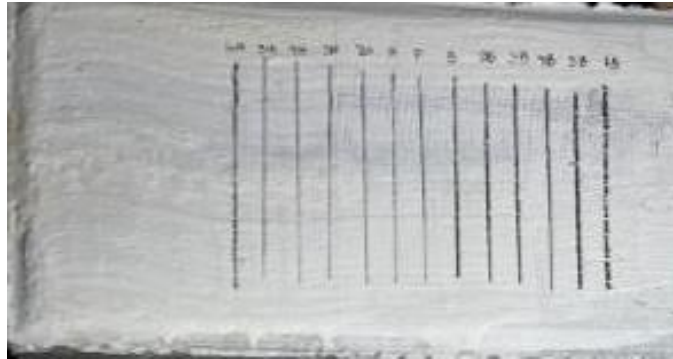


Figura 35. Prueba de dureza del tratamiento y repetición 1 del bloque 2

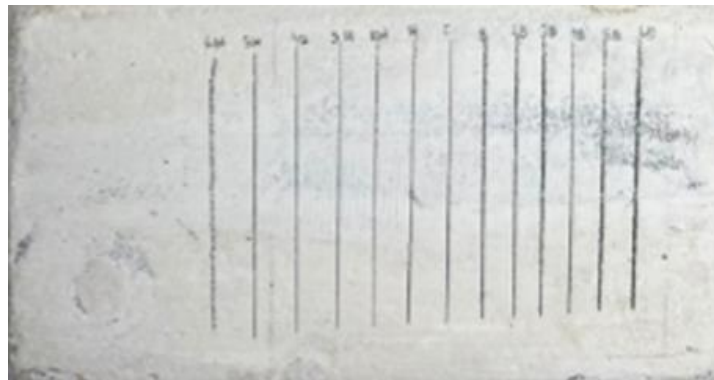


Figura 37. Tratamiento 2 repetición 3 del bloque 1

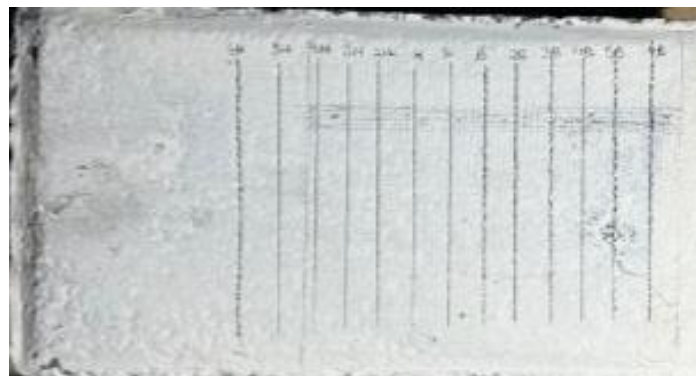


Figura 36. Tratamiento 3 repetición 2 del bloque 1

4.1.4.9. pH

Como resultado, se determinaron los niveles de pH en las dos pinturas seleccionadas para análisis en laboratorio. La primera muestra, perteneciente al tratamiento 3, repetición 2, del bloque 1, presentó un pH de 11.51. Por otro lado, la segunda muestra, correspondiente al tratamiento y repetición 1 del bloque 2, registró un pH de 11.77. Estas dos pruebas fueron seleccionadas debido a las notables características observadas en el tiempo de secado, ver figura 38.



Figura 38. pH de la pintura ecológica

4.2. Prueba de hipótesis

De acuerdo con las hipótesis planteadas:

Ho: La pintura ecológica no muestra una diferencia significativa en función a la cantidad de residuo de Ca (OH)₂ en el secado.

Ha: La pintura ecológica muestra una diferencia significativa en función a la cantidad de residuo de Ca (OH)₂ en secado.

Ho: La pintura ecológica no muestra una diferencia significativa en función al tiempo de reposo en el secado.

Ha: La pintura ecológica muestra una diferencia significativa en función al tiempo de reposo en el secado.

En la tabla 12, se muestra el análisis de varianza donde se observa que no hay diferencia significativa entre los tratamientos planteados (T1:202.5 gr, T2: 108.0 gr, T3: 157.5gr) debido a que el P-Valor (p=0.6944) son mayores a 0.05 así como no en el tiempo de reposo (Bloque 1:14 días y Bloque 2: 28 días) con un P-Valor (p=0.4563)

Tabla 12. *Análisis de varianza*

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A: Residuo de Ca (OH) ₂	0.1137	2	0.05685	0.38	0.6944
B: Tiempo reposo	0.0896056	1	0.0896056	0.59	0.4563
INTERACTIONS					
AB	0.553411	2	0.276706	1.83	0.2024
RESIDUAL	1.81433	12	0.151194		
TOTAL (CORRECTED)	2.57105	17			

Por lo tanto, se acepta la Hipótesis nula (H₀) y se rechaza la Hipótesis alternativa.

Sin embargo, se eligió el tratamiento 1 (202.5 gr de residuo de Ca (OH)₂) del bloque 2 (tiempo de reposo de 28 días) debido a que el objetivo de la presente investigación es lograr una pintura en el menor tiempo de secado tal como se muestra en la figura 39 y 40.

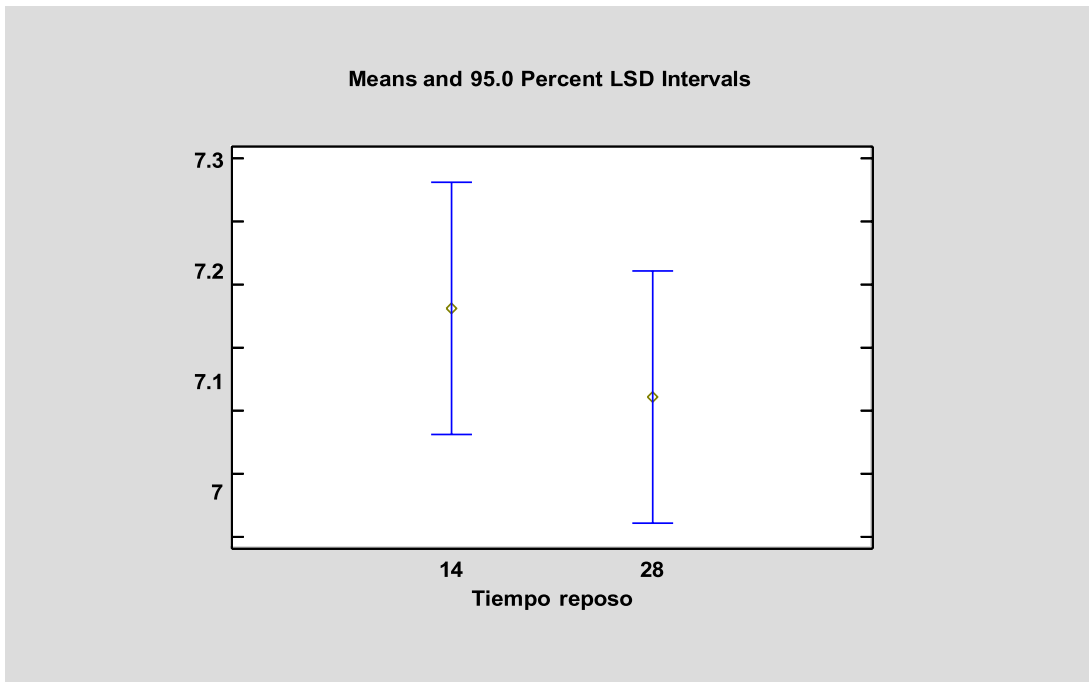


Figura 39. Medias de los tiempos de reposo

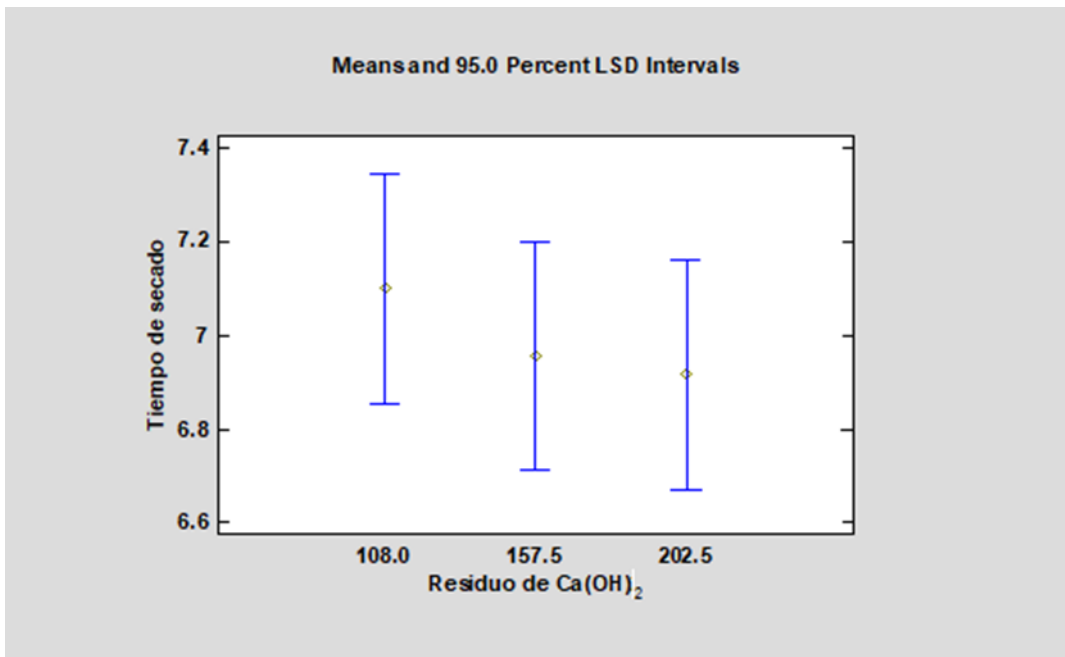


Figura 40. Medias de los tratamiento del residuo Ca(OH)₂

4.3. Discusión de resultados

- Los metales pesados que se encuentran en la mayoría de pinturas comerciales son altamente tóxicos, encontrándose la presencia de cadmio, cobre, plomo, mercurio y níquel, tal como lo indica Rodríguez (65), siendo así que analizo (anexo I) para ver con qué tipo de residuo se estaba trabajando, obteniendo dentro de los metales ya mencionados a excepción del mercurio, que las cantidades fueron menor a <64 lo que significa que fue el límite de detección de esos elementos en esas muestras; sin embargo es importante indicar que se pudo encontrar 10 000 ppm de los elementos de Al, B, Ca y Na, lo que significa que dentro de ese residuo se puede valorizar aún más elementos que en su proporción dentro de la composición química de la pintura no generaría daños al medio ambiente y a las personas.

De igual forma, en concordancia con la Ley 31182, Ley que protege la salud e integridad física de las personas del contenido de plomo en pinturas y otros materiales de revestimiento, el mismo que precisa en el artículo 4 que el contenido límite de plomo en las pinturas debe ser 90 ppm o 90 mg/kg del peso del contenido total; comparándose con la cantidad que se obtuvo del citado ensayo multi-elemental por ICP-OES, el cual fue $<0,64$, por lo que se puede determinar que la cantidad de plomo es mínima y corresponde al parámetro permitido por ley en la pintura ecológica elaborada en la presente investigación.

Asimismo, se pudo determinar la cantidad porcentual que se encuentra de CaCO_3 en el residuo que se valorizo para la producción de la pintura, determinándose que el valor porcentual del CaCO_3 no es totalitario dentro del residuo valorizado.

- En el proyecto de investigación realizado por Infante (66), se concluyó que el tratamiento 3, compuesto por un 30 % de agua, 36 % de mucílago de sábila, 27 % de carbonato de calcio, 6 % de cloruro de sodio, 0.2 % de CMC y 0.8% de almidón de maíz, presento condiciones superiores. Sin embargo, en la presente investigación se ha demostrado que una formulación con 45 de hidróxido de calcio (residuo valorizado), 5 % de sal, 10 % de agua, 25 % de nopal y 15 % de goma ofrece características mejoradas. La variación en la composición resulto en un rendimiento superior en comparación con la formula anterior, donde el residuo no pudo adaptarse a las condiciones. Este contraste destaca la importancia de una dosificación precisa de los componentes para lograr un óptimo rendimiento en la pintura ecológica.
- Con el objetivo de determinar el periodo óptimo de almacenamiento de la pintura, se llevaron a cabo pruebas comparativas entre un primer bloque aplicado a un sustrato, considerando sus propiedades físicas, y un segundo bloque aplicado posteriormente. Los resultados indicaron que a medida que la pintura permanecía más tiempo en

almacenamiento, como en el caso del bloque dos, mostraba mejoras en sus características de calidad. Estos resultados coincidieron con los descubrimientos de Vargas (67), quien, en su investigación sobre el aumento de la vida útil de pinturas naturales, afirmó que aquellas almacenadas durante un máximo de cuatro semanas, es decir, en condiciones de ausencia de aire, exhibieron una calidad superior en las pruebas de consistencia en estado líquido, permeabilidad y adherencia.

- El costo de la pintura se sitúa en el rango de productos de bajo coste en el mercado, siendo de S/3.11 por 450 ml. Sin embargo, al compararlo con los precios de las pinturas existentes en el mercado, presenta una considerable disparidad. El precio promedio por galón es de S/. 27.69, en contraste con los S/. 99.00 de una pintura ecológica comercial. Esto representa una diferencia de costos de más del 50%. Por lo tanto, se concluye que la pintura es asequible y competitiva en la industria, aunque es importante señalar que no se incluyeron factores como mano de obra, registro y publicidad, que podrían aumentar su precio. A pesar de estos elementos adicionales, seguiría manteniendo una significativa ventaja en términos de costos en el mercado.
- En cuanto al rendimiento, las pinturas de una marca ampliamente reconocida en Perú, en presentación de 5.5 litros, suelen cubrir una superficie de 32 metros cuadrados con una aplicación de doble capa. En comparación, la pintura ecológica desarrollada para abarcar la misma área con una doble capa requeriría aproximadamente 5.7 litros. Este nivel de rendimiento equiparable al de las pinturas comerciales convencionales la posiciona como una opción eficaz y competitiva en el mercado.
- Según la investigación Infante (68), se determinó el tiempo de secado utilizando la norma ASTM D 3359, lo que permitió establecer que dicho tiempo variaba entre 93 y 97 minutos. Esta cifra se compara con el periodo de secado de la pintura ecológica desarrollada, para la cual se optó por aguardar hasta su completo secado a fin de prevenir posibles desprendimientos. Por este motivo, se examinó un tiempo de secado que fluctuó entre 6 horas con 26 minutos y 7 horas con 45 minutos. Se puede argumentar que la pintura ecológica, originada a partir de la valorización de residuos, tiene un tiempo de secado similar a una pintura comercial y se encuentra por debajo del tiempo que indico Infante.
- En el estudio realizado por Vargas (67), se determinó que la calidad de la pintura, evaluada mediante pruebas de consistencia en estado líquido, está directamente relacionada con la ausencia de aire durante el almacenamiento previo a su aplicación. Este hallazgo guarda similitud con los resultados obtenidos en la presente investigación, donde el tratamiento uno y repetición uno del bloque dos, almacenado durante 28 días, exhibió un mayor porcentaje de permeabilidad en comparación con las dos muestras analizadas del primer bloque.

- De acuerdo con Quispe (69), se empleó la norma ASTM D-3359 como referencia para poder determinar la adherencia, la cual señala que la pintura creada a partir de pigmentos inorgánicos exhibe un desprendimiento calificado como grado 2B. En este caso, el área del corte afectado es significativamente superior al 5%, aunque no supera el 15%. Quispe precisa que esta pintura, derivada de pigmentos inorgánicos, muestra un grado de adherencia ligeramente inferior, con un desprendimiento más evidente en comparación con la mayoría de las pinturas látex superior, que alcanzan la clasificación 4B según la norma ASTM D-3359. Contrastando con ello, en el caso de la pintura desarrollada en el estudio, se pudo constatar que el tratamiento y repetición 1 del bloque 2 exhibió mejores características de adherencia al aplicar el mismo método. Este tratamiento mostró un porcentaje menor de desprendimiento de pintura en comparación con los dos tratamientos siguientes. En este sentido, se clasificó la muestra con un grado de adherencia de 4B, ya que solo el 5% del área presentaba pequeños fragmentos desprendidos, coincidiendo así con las características observadas en la investigación previamente mencionada.
- En relación con la viscosidad, se registró un valor de 80.4 KU, equivalente a 450.24 cp después de la conversión. Este dato fue comparado con los resultados obtenidos por Infante (68), los cuales mostraron similitudes. Sin embargo, al contrastarlo con los estándares establecidos por la norma EN-1062 mencionada en su investigación, la pintura no cumpliría con los valores de viscosidad. Por otro lado, al evaluarla según la norma ASTM D56, la pintura sí se encuentra dentro de los rangos aceptados de 40 a 147 KU, equivalente a 21 a 5274 cp. Esta discrepancia contradice los hallazgos de la investigación de Infante.
- Asimismo, en relación con la investigación de Infante (68), se determinó que la densidad óptima de sus muestras era de $1.30 \frac{g}{ml}$. Este valor se contrastó con la normativa europea EN-1062, que establece un rango óptimo de densidad para pinturas a base de cal entre 1.2 y 1.3 g/cm³. Al comparar estos datos con el valor obtenido de $1.38 \frac{g}{ml}$, se observa que, aunque el resultado es ligeramente superior, la disparidad no es significativa. Es importante tener en cuenta que la muestra no consiste en cal pura, sino en un residuo derivado de un proceso específico de los talleres de soldadura de carros.
- Se pudo determinar la dureza de los tres tratamientos a través de la asociación del lápiz que no logro rayar la superficie, ello indica que al tener una marca diferente se compara con el máximo de dureza de lápiz el cual fue de 6H que si dejo un rayado diferente en cambio el de 5H de dureza no dejo una marca distinta a la que dejaría el lápiz normalmente, ello indica que la dureza del recubrimiento es de 5H, ya que fue

uniforme, por lo que el recubrimiento en este caso de la pintura presenta mayor resistencia de rayado. Al contrastar con la norma ASTM D3353, referida en la tesis de Quispe (69), se establece que la dureza recomendada para pinturas es de HB y 4B para esmaltes sintéticos. Esta comparación sugiere que la pintura podría clasificarse como similar a los esmaltes sintéticos. Sin embargo, discrepamos con esta categorización, ya que la pintura carece de las características físicas propias de un esmalte sintético y, en cambio, exhibe atributos más afines a una pintura mate.

- Asimismo, al referirnos a la investigación de Quispe (69), se concluye que la temperatura ideal para la producción de pinturas a partir de pigmentos inorgánicos es de 15 °C. Dado que nuestros resultados indican una temperatura de 24.7 °C, podemos argumentar que las pinturas elaboradas con materiales orgánicos e inorgánicos no comparten características similares en este aspecto.
- En relación al pH óptimo de una pintura, según la investigación de Quispe (69), se establece que las pinturas a base de agua deben tener un pH en el rango de 8 a 9.5, según la norma ASTM E 70, para evitar la contaminación bacteriológica. Al comparar este estándar con el valor promedio de pH obtenido en nuestra investigación, que es de 11.64, podemos concluir que la pintura es altamente alcalina, lo que presenta riesgos para la salud, especialmente para los ojos y la piel. Por esta razón, se sugiere el uso de equipos de protección personal durante su aplicación, y en caso de comercialización, se debe incluir una advertencia correspondiente en la hoja de seguridad. Sin embargo, es importante destacar que el pH elevado de la pintura también puede contribuir a mejorar la adhesión y actuar como agente antimicrobiano.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se verificó que la pintura ecológica a partir del residuo de los talleres de soldadura pudo demostrar los parámetros de eficiencia y la calidad.
- La composición química determinada del residuo de los talleres de soldadura, presento trazas de metales pesados menor a los límites de detección del método usado y se encontró el 16,41 % de CaCO_3 .
- Se determinó la dosis optima del residuo de los talleres de soldadura, para la fabricación de 450 ml de pintura ecológica es de 202.5 gramos.
- El periodo óptimo para la elaboración de la pintura ecológica es de 33 días.
- Se determinó el tiempo de secado promedio se establecido en 7 minutos y 12 segundos, mientras que el costo de producción por cada 450 ml se calculó en S/. 3.11. Hemos logrado un rendimiento de $4.44 \frac{\text{m}^2}{\text{L}}$ con los 450 ml de pintura, destacando especialmente la excelente adherencia en el tratamiento y repetición 1, caracterizada por un desprendimiento mínimo. Además, se han registraron valores específicos como un pH de 11.64, viscosidad de 80.64 KU, dureza asociada a lápiz 5H, densidad de $1.389 \frac{\text{g}}{\text{ml}}$ y una permeabilidad satisfactoria en el tratamiento y repetición 1 del segundo bloque, con una temperatura de 24.7 °C. Estos hallazgos consolidan la eficacia y calidad del proceso evaluado.

5.2. Recomendaciones

- Dada la conclusión de que los residuos de los talleres de soldadura en Arequipa pueden ser valorizados eficazmente en la producción de pintura ecológica, se recomienda considerar la implementación de este proceso a nivel industrial, estableciendo colaboraciones entre los talleres de soldadura, empresas de reciclaje y fabricantes de pintura. Esto ayudaría a desarrollar un sistema de recolección y procesamiento de residuos eficiente y sostenible. Además, se sugiere promover políticas que fomenten el uso de pinturas ecológicas y la reducción de pinturas con Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) y plomo, contribuyendo así a la protección del medio ambiente y la salud pública. Para garantizar la seguridad y calidad de la pintura producida, se recomienda realizar un análisis posterior a su elaboración, comparándola con una pintura ecológica comercial para determinar el porcentaje de COV y plomo presente, asegurando así el cumplimiento de los estándares de calidad y la producción de una alternativa segura y sostenible.
- Basándonos en los resultados del proceso de dosificación, se concluye que la cantidad óptima de hidróxido de calcio requerida para la producción de 450 ml de pintura ecológica es de 202.5 gramos. Considerando esto, se recomienda realizar nuevamente la pintura teniendo en cuenta la cantidad utilizada del tratamiento y repetición 1 del segundo bloque, pero ajustada para la capacidad de una pared completa expuesta a condiciones meteorológicas donde puedan presentarse precipitaciones. Esto asegurará una formulación adecuada que resista las condiciones ambientales y mantenga la calidad y eficacia deseada en el producto final.
- Recomendamos evaluar detenidamente las cantidades exactas de la fórmula para poder incorporarlas en las pinturas comerciales. Esto permitiría la valorización de residuos y contribuiría a minimizar los desechos generados por otras actividades comerciales. El desarrollo de una pintura que no contribuya al cambio climático sería una medida significativa para promover la sostenibilidad ambiental. Además, es crucial considerar el período óptimo de 33 días para la elaboración de la pintura ecológica, asegurando así la calidad deseada en el producto final.
- Se recomienda explorar la posibilidad de utilizar el residuo de hidróxido de calcio proveniente de empresas industriales especializadas en soldadura de metales para la producción de pintura. Esta sugerencia surge tras una evaluación exhaustiva de los parámetros de eficiencia y calidad, que indican la viabilidad de este proceso. Al emplear este residuo en la producción de pintura, no solo se aprovecha un recurso existente, sino que también se contribuye a la sostenibilidad ambiental al valorizar estos desechos en un producto útil y ecológico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **IPCC.** *Climate Change 2022; Impacts, Adaptación and Vulnerability.* s.l. : IPCC, 2022.
2. **AQUAE FUNDACIÓN.** Los gases de efecto invernadero, muy peligrosos para nuestro planeta. [En línea] 4 de Marzo de 2022. [Citado el: 2 de Enero de 2024.] https://www.fundacionaquae.org/wiki/los-gases-de-efecto-invernadero/?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwo6GyBhBwEiwAzQTmcx8j8WM8mUZeVOQKvHFLOkb6FvWMta4eH47aLUmXSgxpRypJ5KsGbhoC_T4QAvD_BwE.
3. **GORE, A.** *Una Verdad Incómoda La Crisis Planetaria del Calentamiento Global Cómo Afrontarla.* Barcelona : Gedisa S.A., 2007. 978-84-9784-203-7.
4. **RINCÓN, C. Y ORTIZ, A.** *Descripción de la jerarquía de controles frente al peligro químico por exposición a compuestos orgánicos volátiles generados por procesos de pintura en el sector industrial.* 1, Colombia : Pontificia Universidad Javeriana, 2015, Vol. 17. 0124-2059.
5. **LEVY, B. Y WEGMAN, D.** *Occupational Health; Recognizing Preventing Work - Related Disease.* Philadelphia, PA 19106 USA : Little Brown & Co, 1994. 978-0316522472.
6. **ALBIANO, N.** *Toxicología Laboral Criterios para la Vigilancia de los Trabajadores Expuestos a Sustancias Químicas Peligrosas.* Guadalajara : Universidad Guadalajara.
7. **ALCEDO, R.** *Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs) en la Industria de Pinturas y sus Disolventes en Perú - Análisis de Caso y Estrategias de Gestión Ambiental y Salud Ocupacional.* Lima : Pontificia Universidad Católica del Perú, 2017.
8. **PINO, A.** "Nuevas Tecnologías en Pinturas y Solventes y su Relación con los Compuestos Orgánicos-Volátiles en el Medio Ambiente". Lima : Universidad Nacional de Ingeniería, 2004.
9. **COPENHAGUE Y GINEBRA.** Organización Mundial de la Salud. *Comunidad de Prensa.* [En línea] 22 de Septiembre de 2021. [Citado el: 4 de Agosto de 2022.] <https://www.who.int/es/news/item/22-09-2021-new-who-global-air-quality-guidelines-aim-to-save-millions-of-lives-from-air-pollution#:~:text=y%20el%20tabaquismo.-,La%20contaminaci%C3%B3n%20del%20aire%20es%20una%20de%20las%20mayores%20amenazas,vez%20la%20cal>.
10. **VARGAS, L., ARROYO, G., HERRERA, C. AND PÉREZ, A.** *Incremento de la Vida Útil de Pintura Natural.* Aguascalientes : Centro de Ciencias del Diseño y de la Construcción, 2013. C.P.20131.
11. **INFANTE, C.** Estabilidad de una Pintura a Base de Mucílago de Sábila (Aloe vera), Carbonato de Calcio (CaCo3) y Cloruro de Sodio (NaCl). Milagro, Ecuador : s.n., 2022.
12. **AGUILAR, J., HERNANDEZ, C. Y LÓPEZ, J.** Propuesta de un prototipo semiautomático para la elaboración de una pintura ecológica a base de nopal. Mexico : Instituto Politécnico Nacional Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Zacatenco, 2016.
13. **MONTALVO, E.** Análisis de factibilidad para la producción de pinturas ecológicas. Guayaquil : Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, 2013-2014.
14. **GUEVARA, J.** Evaluación de riesgo toxicológico por exposición a compuestos orgánicos volátiles en aire ambiente, en talleres de latonería y pintura de la ciudad. Cuenca : Universidad de Cuenca, 2017.

15. **SANTIAGO, M.** Estudio de mercado para la utilización del residuo industrial hidróxido de calcio en la producción y comercialización de pinturas económicas. Samborondón : Universidad de Especialidades Espíritu Santo, 2010.
16. **RIVEROS, R.** Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs) en la Industria de Pinturas y sus Disolventes en Perú - Análisis de caso y Estrategias de Gestión Ambiental y Salud Ocupacional. Lima : Pontificia Universidad Católica del Perú, 2017.
17. **QUISPE, J.** Obtención de pintura a partir de pigmentos inorganicos y su determinación de resistencia al agua. Puno : Universidad Nacional del Altiplano de Puno, 2021.
18. **DÍAZ ALCALÁ, N. R., ESPEJO CAMPOS, J., GARRIDO ROJAS, E. R., & LOYOLA CORONADO, C. A.** Plan de negocio para el lanzamiento de una marca de pintura arquitectónica ecológica para los segmentos A y B en Lima moderna. Lima : ESAN, 2019.
19. **MENDEZ NAVARRETE, A. J., SANCHEZ CONTRERAS, E., GUILLEN PALOMINO, M., ZORRILLA JARA, M., & AGUILAR CARHUARICRA, R. T.** Estudio de prefactibilidad para la producción de pinturas ecológicas a base de nopal (*Opuntia ficus*) bajo sello Ecolabel. Lima : Universidad San Ignacio de Loyola, 2020.
20. **MARCAS, W.** Aplicación de pigmentos ecológico en muros interiores y exteriores para construcciones a base de tierra en el valle del mantaro. Huancayo : Universidad Continental, 2017.
21. **SALAS, F.** *Control de calidad en planta de recubrimientos y pinturas Layconsa.* Arequipa : Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2014.
22. **OLMOS, M. & VILCA, H.** Determinación del nivel de concentración de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) presente en matizados y los efectos que pueden producir en la salud de los trabajadores en la tienda de venta de pinturas 'Satinados Master'. Arequipa : Universidad Tecnológica del Perú, 2020.
23. **FERNANDEZ, J.** Degradación de óxidos de nitrógeno (NOx) mediante la aplicación de pintura fotocatalítica usando nanopartículas de TiO₂, para mejorar la calidad de aire. Arequipa : Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2020.
24. **MARIE, K.** Eficacia, eficiencia, equidad y sostenibilidad: ¿Qué queremos decir? s.l. : Banco Interamericano de Desarrollo, 2001. 1-24.
25. **HERNÁNDEZ, E.** La productividad multifactorial, concepto, medición y significado. Federal : Economía: Teoría y práctica, 2007. 26. 0188-8250.
26. **REDACCIÓN GESTIÓN.** Gestión. [En línea] 17 de Agosto de 2022. 2.2.3. <https://gabrielfariasiribarren.com/que-es-la-calidad/>.
27. **LINARES, P.** *Eficiencia energética y medio ambiente.* Madrid : Universidad Pontificia Comillas, 2009. 0019-977X.
28. **QUINTERO, R. S. G., RUIZ, R. L., MARTÍNEZ, L. A. B., & RODRÍGUEZ, I. G.** *Aspectos teóricos sobre eficacia, efectividad, eficiencia en los servicios de salud.* 6, Cuba : Revista de Información Científica, 2017, Vol. 96. 1028-9933.
29. **GIUDICE, C. Y PEREYRA, A.** *Control de Calidad de Películas de Pinturas.* La Plata : Academia.

30. **GIUDICE, C. Y PEREYRA, A.** Tecnología de Pinturas y Recubrimientos. *Componentes, Formulación, Manufactura y Control de Calidad*. Argentina : Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional, 2009. Vol. I. 978-987-25360-2-2.
31. **PEREYRA, A. Y GIUDICE, C.** Control de Calidad de Películas de Pinturas. Buenos Aires : Universidad Tecnológica Facultad Regional La Plata, 2009.
32. **LANCHAS, A.** Medida de la Adherencia en los Recubrimientos. [En línea] Revista Protecma. [Citado el:] <https://protecciondelamadera.com/medida-de-la-adherencia-en-los-recubrimientos/#:~:text=El%20m%C3%A9todo%20m%C3%A1s%20com%C3%BAAn%20para,un%20enrejado%20de%2025%20cuadros..>
33. **EUROLAB.** Métodos de prueba estándar ASTM D3359 para clasificar la adherencia con prueba de cinta. [En línea] EUROLAB | Test ve Analiz Laboratuvarı. [Citado el:] <https://www.laboratuvar.com/es/testler/astm-testleri/astm-d3359-bant-testiyle-yapisma-derecelendirmesi-icin-standart-test-yontemleri/>.
34. **RASCIO, V. J., CAPRARI, J. J., GIÚDICE, C. A., DEL AMO, D. B., DI SARLI, A. R., & PÉREZ DUPRAT, R. L.** Propiedades y Control de Calidad de Pinturas y Recubrimientos. Buenos Aires : CIDEPINT - Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnología de Pinturas (CIC-CONICET), 1989.
35. **BYK.** Guide to Viscosity Measurement. [En línea] BYK. [Citado el: 15 de Diciembre de 2023.] <https://www.byk-instruments.com/es/t/knowledge/viscometry-measurement#:~:text=Los%20viscos%C3%ADmetros%20Krebs%20Stormer%20modernos,seg%C3%BAAn%20ASTM%20D562%20%5B5%5D..>
36. **LASCANO, A. Y GARZÓN, N.** ANÁLISIS DEL PROCESO DE SECADO DE PINTURA APLICADA EN JUEGOS INFANTILES PARA LA OPTIMIZACIÓN DE TIEMPOS. Quito : Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, 2017.
37. **INFANTE, C.** Estabilidad de una pintura a base de mucílago de sábila (aloe vera), carbonato de calcio (caco3) y cloruro de sodio (NaCl). Milagro : Universidad Agraria del Ecuador, 2022.
38. **KEIM ECOPAINT IBERICA S.L.** Artitextura Boletín Informativo KEIM. [En línea] KEIM. [Citado el: 15 de diciembre de 2023.] https://neufert-cdn.archdaily.net/uploads/product_file/file/34175/KEIM_Aritextura_no._2.pdf.
39. **CZ REVISTA TÉCNICA DE CENTRO ZARAGOZA.** Temperatura y humedad en el proceso de pintado - CZ Revista técnica de Centro Zaragoza. *CZ Revista técnica de Centro Zaragoza - Revista Centro Zaragoza*. [En línea] 17 de Febrero de 2021. [Citado el: 2023 de Diciembre de 12.] <https://revistacentrozaragoza.com/temperatura-humedad-procepintado/>.
40. **SANTIAGO, M.** Estudio de mercado para la utilización del residuo industrial hidroxido de calcio en la producción y comercialización de pinturas economicas. Samborondón : Universidad de Especialidades Espíritu Santo, 2010.
41. **ROCAFUERTE, J.** Hidróxido de calcio químicamente puro y su relación clínica con diferentes tipos de solventes. Guayaquil : Universidad de Guayaquil, 2014.
42. **ANTONIO, V. Y OBISPO, C.** Determinación de la Fórmula de una Pintura Artesanal utilizando Cal Hidratada. El Sabador : Universidad de El Salvador, 2004.

43. **SÁENZ, C.** Utilización agroindustrial del nopal. Italia : División de Comunicación de la FAO, 2007. 978-92-5-305518-0.
44. **RIVERO, R.** Compuesto Orgánico Volátiles (COVs) en la Industria de Pinturas y sus Disolventes en Perú - Análisis de caso y Estrategias de Gestión Ambiental y Salud Ocupacional. Lima : Pontificia Universidad Católica del Perú, 2017.
45. **GUEVARA, J.** Evaluación del Riesgo Toxicológico por Exposición a Compuestos Orgánicos Volátiles en Aire Ambiente, en Talleres de Latonería y Pintura de la Ciudad. Cuenca : s.n., 2017.
46. **CABAÑAS, A.** Concreto Presforzado. Mexico : Instituto Politecnico Nacional, 2008.
47. **CALCINOE.** La Cal, componente esencial en la siderurgia - CALCINOR. Minerales industriales. [En línea] CALCINOR. Minerales industriales. [Citado el:] <https://www.calcinor.com/es/actualidad/reviews-producto/cal-siderurgia-procesos>.
48. **EUROLAB.** Métodos de prueba estándar ASTM D-1640 para secado, curado o formación de película de recubrimientos orgánicos. [En línea] [Citado el: 16 de Abril de 2024.] <https://www.laboratuar.com/es/testler/astm-testleri/astm-d-1640-organik-kaplamalarin-kurutulmasi-kurlenmesi-veya-film-olusumu-icin-standart-test-yontemleri/>.
49. **ASTM INTERNATIONAL.** ASTM. [En línea] <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/112795/b26bfe65fbd944f983699d71c6c56953/ASTM-D3363-22.pdf>.
50. **STUDOCU.** [En línea] [Citado el: 2024 de Abril de 19.] <https://www.studocu.com/es-mx/document/instituto-politecnico-nacional/normativa/norma-astm-d-3359-compress/68556637>.
51. **ASOCIACIÓN DE ACADEMIAS DE LA LENGUA ESPAÑOLA.** Real Academia Española. *Eficiencia*. [En línea] [Citado el: 15 de setiembre de 2022.] <https://dle.rae.es/eficiencia?m=form>.
52. **REAL ACADEMIA ESPAÑOLA.** *Calidad*. [En línea] [Citado el: 12 de setiembre de 2022.] <https://dle.rae.es/calidad?m=form>.
53. **ESPAÑOLA, ASOCIACIÓN DE ACADEMIAS DE LA LENGUA.** Real Academia Española. *Nopal*. [En línea] [Citado el: 10 de setiembre de 2022.] <https://dle.rae.es/nopal>.
54. **SAN, D.** Soldadura: métodos y fundamentos. [En línea] 15 de Abril de 2015. [Citado el: 10 de setiembre de 2022.] <https://0grados.com/soldadura-metodos-y-fundamentos/#:~:text=La%20soldadura%20es%20un%20proceso,de%20la%20pieza%20a%20oldar..>
55. **ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS.** Acción por el Clima. *ONU*. [En línea] [Citado el: 2022 de setiembre de 12.] <https://www.un.org/es/climatechange/what-is-climate-change#:~:text=El%20cambio%20clim%C3%A1tico%20se%20refiere,las%20variaciones%20del%20ciclo%20solar..>
56. **MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO.** Gobierno de España. [En línea] [Citado el: 12 de setiembre de 2022.] <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/act->

emis/compuestos_organicos_volatiles.aspx#:~:text=Los%20compuestos%20org%C3%A1nicos%20vol%C3%A1tiles%20(COV,muy%20vol%C3%A1tiles%20a%20dicha%20temp.

57. **HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. Y BAPTISTA, P.** *Metodología de la Investigación Sexta Edición*. México : McGRAW W-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2014. 978-1-4562-2396-0.
58. **ESTEBAN, N.** Tipos de Investigación. Lima : Universidad Santo Domingo de Guzmán, 2018.
59. **ARIA, F** *El Proyecto de Investigación*. Venezuela : EDITORIAL EPISTEME, C.A., 2012. 980-07-8529-9.
60. **GLOBAL SEAFOOD ALLIANCE.** La cal desempeña un papel crucial en el manejo de estanque acuícolas. [En línea] 31 de Julio de 2017. [Citado el: 5 de Mayo de 2024.] <https://www.globalseafood.org/advocate/la-cal-desempena-un-papel-crucial-en-el-manejo-de-estanques-acuicolas/>.
61. **SUPERA.** Pintura de Aluminio Difuso. [En línea] 01 de Mayo de 2024. <https://productosupera.com/producto/pintura-de-aluminio-difuso/#:~:text=Resistente%20a%20la%20corrosi%C3%B3n.,Evita%20el%20recalentamiento..>
62. **SOLUCIONES TOTALES PARA LA FUNDICIÓN.** Recubrimiento de Nitruro de Boro. [En línea] [Citado el: 1 de Mayo de 2024.] <https://www.stfsoluciones.com/product-page/recubrimiento-de-nitruro-de-boro>.
63. **POCHTECA.** Carbonato de Calcio, ¿Para qué sirve en la pintura? [En línea] [Citado el: 21 de Abril de 2024.] <https://mexico.pochteca.net/carbonato-de-calcio-para-que-sirve-en-la-pintura/>.
64. **SANTAFE, P.** Texturas y efectos en pintura acrílica con sal. [En línea] [Citado el: 22 de Abril de 2024.] <https://polisantafe.com.ar/podemos-tenir-sal-con-acrilico/>.
65. **RODRIGUEZ, D.** *Intoxicación ocupacional por metales pesados*. 12, Santiago de Cuba : MEDISAN, 2017, Vol. 21. 1029-3019.
66. **INFANTE SOLIS, C.** Estabilidad de una Pintura a Base de Mucílago de Sábila (Aloe vera), Carbonato de Calcio (CaCo₃) y Cloruro de Sodio (NaCl). Milagro : Universidad Agraria del Ecuador, 2022.
67. **VARGAS, L., ARROYO, G., HERRERA, C., y PÉREZ, A.** *Incremento de la Vida Util de Pintura Natural*. Aguascalientes : Centro de Ciencias del Diseño y de la Construcción, 2013. C.P. 20131.
68. **INFANTE, C.** Estabilidad de una pintura a base de mucílago de sábila (aloe vera), carbonato de calcio (caco₃) y cloruro de sodio (NaCl). Milagro : Universidad Agraria del Ecuador, 2022.
69. **QUISPE, J.** Obtención de pintura a partir de pigmentos inorganicos y su determinación de resistencia al agua. Puno : Universidad Nacional del Altiplano de Puno, 2021.

ANEXOS

ANEXO I: RESULTADOS DE ANÁLISIS (BARRIDO ICP-OES)



Laboratorios Analíticos del Sur

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú

Clave generada : C10009B5

INFORME DE ENSAYO LAS01-MN-23-01641

Fecha de emisión: 03/03/2023

Página 1 de 1

Señores: LUISA ANTUANETH REVILLA PAUCA
Dirección: CAHURI 711 MARIANO MELGAR
Atención: RULIAN PEÑA PEÑA
Recepción: 27/02/2023
Realización: 27/02/2023
Observación: El Laboratorio no realiza la toma de muestra.

Métodos ensayados

*598 Método de ensayo multi-elemental por ICP-OES digestión multi-ácida

Código Interno L.A.S.	(c) Nombre de Muestra	(c) Procedencia de Muestra	(c) Descripción de Muestra	*598									
				Ag	Al	B	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Co	
				ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
MN23002679	HIDROXIDO DE CALCIO	16.39564° S, 71.52209° O	Hidroxido de Calcio	6,27	>10000	>10000	152,6	≤0,64	≤2,0	>10000	≤0,08	≤0,64	

Código Interno L.A.S.	(c) Nombre de Muestra	(c) Procedencia de Muestra	(c) Descripción de Muestra	*598									
				Cr	Cu	Fe	Ga	In	K	Li	Mg	Mn	Mo
				ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
MN23002679	HIDROXIDO DE CALCIO	16.39564° S, 71.52209° O	Hidroxido de Calcio	≤0,64	≤3,2	2845	≤1,60	≤0,40	3543	11,0	458,1	≤3,2	1,67

Código Interno L.A.S.	(c) Nombre de Muestra	(c) Procedencia de Muestra	(c) Descripción de Muestra	*598									
				Na	Ni	P	Pb	Sb	Se	Sn	Sr	Te	
				ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
MN23002679	HIDROXIDO DE CALCIO	16.39564° S, 71.52209° O	Hidroxido de Calcio	>10000	≤0,64	524,43	≤0,64	≤0,64	≤0,64	≤16	435,03	≤0,80	

Código Interno L.A.S.	(c) Nombre de Muestra	(c) Procedencia de Muestra	(c) Descripción de Muestra	*598			
				Ti	Tl	V	Zn
				ppm	ppm	ppm	ppm
MN23002679	HIDROXIDO DE CALCIO	16.39564° S, 71.52209° O	Hidroxido de Calcio	207,60	≤0,64	≤0,64	17,59

Fin del informe

Firmado por: JUAREZ SOTO OMAR ALFREDO, GERENTE DE OPERACIONES M.Sc. Ingeniero Químico QIP 114426, Emisor de certificado: LLAMA PE. 03/03/2023 03:22:35 p.m.

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"a"<Valor numérico">=Limite de detección del método, "b"<Valor Numérico">=Limite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

(c) : Datos proporcionados por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza técnica ni legalmente por esta información.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com> Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)444582.



Validar el informe
vía web

ANEXO II: RESULTADOS DE ANÁLISIS (% de CaCO₃)



Laboratorios Analíticos del Sur

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú

Clave generada : 3B085912

INFORME DE ENSAYO LAS01-MN-23-01606

Fecha de emisión: 03/03/2023

Página 1 de 1

Señores: LUISA ANTUANETH REVILLA PAUCA
Dirección: CAHURI 711 MARIANO MELGAR
Atención: RULIAN PEÑA PEÑA
Recepción: 27/02/2023
Realización: 27/02/2023
Observación: El Laboratorio no realiza la toma de muestra.

Métodos ensayados

*519 Método de ensayo para carbonatos como carbonato de calcio retro titulación acido-base

Código Interno L.A.S.	(a) Nombre de Muestra	(b) Procedencia de Muestra	(c) Descripción de Muestra	*519
				CaCO ₃ %
MN23002679	HIDROXIDO DE CALCIO	18.395647 S, 71.522098 O	Hidroxido de Calcio	16,41

----- Fin del informe -----

Firmado por: JUAREZ SOTO OMAAR ALFREDO, GERENTE DE OPERACIONES M.Sc. Ingeniero Químico CIP 114426, Emisor de certificado: LLAMA.PE. 03/03/2023 03:22:43 p.m.

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"a"<Valor numérico">=Limite de detección del método, "b"<Valor Numérico">=Limite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

(c) : Datos proporcionados por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza técnica ni legalmente por esta información.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com> Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)444582.



Validar el informe
vía web

ANEXO III: RESULTADOS DE ANÁLISIS (VISCOSIDAD Y pH)

	INFORME DE EVALUACION DE PRODUCTO	S/C
<small>— Pinturas - Bases - Selladores —</small>		R. 00

Arequipa, 22 de setiembre del 2023

Número : ----

A : SR. RULIAN PEÑA

DE : CONTROL DE CALIDAD

REF : EVALUACIÓN DE PINTURA ECOLOGICA

Por medio el presente, me dirijo a usted para hacer de su conocimiento, los resultados de la evaluación de la pintura ecológica – muestras M-1 y M-2

1. DESCRIPCION DEL PRODUCTO

Las dos muestras de pintura ecológicas fueron desarrolladas con residuos de hidróxido de calcio.

2. DATOS GENERALES

Tabla 1: Datos Generales

PRODUCTO	MUESTRA
PINTURA ECOLOGICA 1	M - 1
PINTURA ECOLOGICA 2	M - 2

3. ELEMENTOS DE ENTRADA (MATERIALES, RECURSOS, EQUIPOS)

- ❖ Muestra – Pintura ecológica muestras.
- ❖ Espátula, balanza, vaso de precipitado, probeta, potenciómetro, viscosímetro, picnómetro, extensor, etc.

4. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA PINTURA ECOLÓGICA.

A. Resultados de la evaluación.

Tabla 2: Resultados de la evaluación

	M - 1	M - 2
VISCOSIDAD, KU (20 °C)	PASTA	80.4
PESO/GALÓN (KG/GL)	4.72	4.78
PH	11.51	11.77

5. RECOMENDACIONES

- Determinar los parámetros de viscosidad.

- Mejorar la finura de la materia prima principal.
- Determinar la proporción de las materias primas para un volumen específico.
- Mejorar la estabilidad del producto (separación de producto).



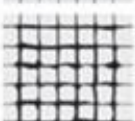


Sin otro particular

Atentamente,

Supervisor de Control de Calidad


ING MARGOT CUSI LAZO
COORDINADORA GENERAL DEL PROYECTO
Central: 354 - PROMINOVATE - EEMC - 201

ANEXO IV: TABLA DE CLASIFICACIÓN ASTM 3359

No.	Clasificación ASTM 3359	Descripción	Ensayo
1	5B	Los bordes del corte están completamente lisos; ninguna de las esquinas de la cuadrícula se ha desprendido. Sin área de corte afectada.	
2	4B	En las intersecciones de los cortes, se han desprendido pequeños fragmentos del recubrimiento. Área de corte afectada menor al 5%.	
3	3B	El recubrimiento se ha desconchado a lo largo de los bordes y/o en las intersecciones de los cortes. Área de corte afectada mayor al 5%, pero menor al 15%.	
4	2B	El recubrimiento se ha desconchado a lo largo de los bordes, en parte por todas las esquinas. Área de corte afectada mayor al 15%, pero menor al 35%.	
5	1B	El recubrimiento se ha desconchado a lo largo de los bordes, en parte o totalmente por todas las esquinas. Área de corte afectada mayor al 35%, pero menor al 65%.	

ANEXO V: TABLA DE RECOLECCIÓN DE DATOS (REGISTRO DE TIEMPO DE SECADO)

Registro de tiempo de secado – ASTM D 1640
Fecha de aplicación 15/09/2023

ÍTEM	N° Bloque	N° Tratamiento	N° Repetición	Tiempo de secado	Observación
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					

ANEXO VI: MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>Problema general</p> <p>¿Cuál es la eficiencia y la calidad de la Pintura Ecológica a partir del residuo Hidróxido de Calcio generado en los talleres de soldadura de carros, Arequipa – 2022?</p> <p>Problema Especifico</p> <p>¿Cuál es la composición química del residuo generado en los procesos de los talleres de soldadura?</p> <p>¿Cuál es la dosificación optima de Hidróxido de Calcio para la obtención de pintura ecológica?</p> <p>¿Cuál será el tiempo óptimo para la obtención de pintura</p>	<p>Objetivo general</p> <p>Analizar la eficiencia y la calidad de la pintura ecológica a partir del residuo de Hidróxido de Calcio generado en los talleres de soldadura de carros, Arequipa – 2022.</p> <p>Objetivo específico</p> <p>Analizar la composición química del residuo generado en los procesos de los talleres de soldadura.</p> <p>Analizar la dosificación optima de Hidróxido de Calcio para la obtención de pintura ecológica.</p>	<p>Hipótesis</p> <p>Ho: La pintura ecológica no muestra una diferencia significativa en función a la cantidad de residuo de Ca (OH)₂ en el secado.</p> <p>Ha: La pintura ecológica muestra una diferencia significativa en función a la cantidad de residuo de Ca (OH)₂ en secado.</p>	<p>Variable Independiente:</p> <p>Hidróxido de calcio</p> <p>Variable Dependiente:</p> <p>Eficiencia</p> <p>Calidad</p>	<p>ICP-OES</p> <p>Cantidad de CaCO₃</p> <p>Tiempo</p> <p>Costo</p> <p>Rendimiento</p> <p>Adherencia</p> <p>pH</p> <p>Viscosidad</p> <p>Dureza</p> <p>Densidad</p> <p>Permeabilidad</p> <p>Temperatura</p>	<p>Diseño de la investigación</p> <p>Esquematización del diseño de investigación</p> <p>Método General</p> <p>Método científico</p> <p>Método Especifico</p> <p>Hipotético-deductivo</p> <p>Tipo de investigación</p> <p>Aplicada</p> <p>Nivel de investigación</p> <p>Explicativo Diseño de la investigación</p>

	<p>Examinar el tiempo óptimo para la obtención de pintura ecológica a base de residuo de Hidróxido de Calcio.</p> <p>Determinar el rendimiento, costo, tiempo de secado, permeabilidad, adherencia, viscosidad, densidad, dureza, temperatura y pH, para evaluar la calidad de la pintura elaborado a partir del Hidróxido de Calcio.</p>	<p>Ho: La pintura ecológica no muestra una diferencia significativa en función al tiempo de reposo en el secado.</p> <p>Ha: La pintura ecológica muestra una diferencia significativa en función al tiempo de reposo en el secado.</p>			<p>Experimental</p> <p>Población</p> <p>Residuo de Hidróxido de Calcio</p> <p>Muestra</p> <p>6 kilos de los tres talleres de soldadura de carros de la provincia de Arequipa, distrito de Miraflores.</p>
--	---	--	--	--	---

