

UNIVERSIDAD DE CUENCA



**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**“DESARROLLO DE UN EMPASTE PARA INTERIORES Y EXTERIORES
PARA LA EMPRESA HORMICRETO CIA. LTDA.”**

Trabajo de Titulación previo a la
obtención del Título de Ingeniero
Químico

AUTOR:

SANDRA FABIOLA PAREDES ARPI

C.I.: 010654372-1

DIRECTOR(A):

Ing. Quím. SANDRA CATALINA PEÑAHERRERA PALACIOS

C.I.: 010210214-2

CUENCA – ECUADOR

2017



RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo principal el desarrollo de una formulación de un empaste monocomponente para exteriores y un empaste bicomponente para interiores, empleando carbonato de calcio como materia prima principal. Los carbonatos de calcio a probar para determinar su uso en la formulación de los empastes fueron proporcionados por la empresa Hormicroto Cía. Ltda. y en ellos uno de los proveedores de las materias primas realizó el método de absorción de aceite como primera prueba para determinar su aptitud para este uso. Este mismo proveedor fue el que proporcionó algunas fórmulas de partida para la elaboración del empaste monocomponente.

La caracterización de las materias primas fue realizada en el laboratorio de la empresa Hormicroto Cía. Ltda., se efectuaron análisis químicos mediante fluorescencia de Rayos X (FRX) y determinación del color por el método cromático CIEL*a*b*. Para el desarrollo de fórmulas de partida y óptimas se usó el método de prueba error, evaluando el desempeño de las mismas con pruebas físicas y mecánicas: pH, lijabilidad, prueba de endurecimiento, permeabilidad de la superficie, rendimiento, fraguado y contenido de aire, las mismas fueron comparadas con el comportamiento de los mejores productos de la competencia. Los procedimientos aplicados son los de las normas INEN 159:2010, INEN 195:2009 y la norma INEN 2502. Se concluye el trabajo de titulación con la aplicación en campo de las formulaciones con los mejores resultados obtenidos en la etapa de experimentación de ambos empastes.

Palabras Clave: bicomponente, empaste, formulación, monocomponente, normas, resina acrílica.



ABSTRACT

The following work has as main objective the development of a formulation of a single component to exteriors and a filling bicomponent to interiors, using calcium carbonate as the main raw material. Calcium Carbonates to be tested in the formulation of the filling were provided by the company Cía. Ltda. Hormicroto. and in them one of the suppliers of raw materials made the absorption of oil as first test method to determine their fitness for this use. This same provider was that provided some formulas of departure for the development of the monocomponent filling.

Characterization of raw materials was performed in the laboratory of the company Cía. Ltda Hormicroto, were performed chemical analyses using Fluorescence X-ray (FRX) and determination of the color by the chromatic method CIEL * a * b *. The development of formulas for optimal and split used test method error, evaluating the performance of the same physical and mechanical tests: pH, sandability, hardening, permeability of the surface, performance, setting and air content, they were compared with the behavior of the best products from the competition. The procedures used are INEN 159:2010, INEN 195:2009 standars and standar INEN 2502. Degree work concludes with the application in the field of the formulations with the best results in the stage of experimentation with both fillings.

Key words: bicomponent, filling, formulation, monocomponent, standards, acrylic resin.



ÍNDICE

RESUMEN	2
ABSTRACT.....	3
CLÁUSULAS DE RESPONSABILIDAD	9
DEDICATORIA	11
AGRADECIMIENTO.....	12
INTRODUCCIÓN.....	13
JUSTIFICACIÓN	13
OBJETIVOS	14
Objetivo general.....	14
Objetivos específicos.....	14
CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO.....	16
1.1 Recubrimientos Arquitectónicos.....	16
1.1.1 Requisitos	16
1.1.2 La diversidad de los recubrimientos.....	17
1.1.2.1 Empaste.....	17
1.2 Morteros	21
1.2.1 Tipos y usos de los morteros	21
1.2.3 Componentes: características y normativa	23
1.2.3.1 Conglomerantes	23
1.2.3.2 Aditivos.....	27
CAPÍTULO 2: CARACTERIZACIÓN DE MATERIAS PRIMAS Y PRUEBAS PRELIMINARES PARA OBTENER LA FÓRMULA DE PARTIDA.....	29
2.1 Caracterización de materias primas:	30
2.1.1 Caracterización de los Carbonatos	30
a)Determinación del color de las muestras de carbonato de calcio A, B, C y D: Análisis en el espectrofotómetro – CIE $L^*a^*b^*$	31
b)Determinación de la Absorción de Aceite de las muestras de carbonato de calcio A, B y C.....	34
c)Análisis químico del carbonato de calcio “A”.....	35
2.1.2 Caracterización de las Cales (cales hidratadas).....	37
2.1.3 Caracterización del Cemento Blanco	41



Universidad de Cuenca

2.2 Pruebas preliminares	44
2.2.1 Pruebas preliminares para hallar la formulación del empaste monocomponente (exteriores).....	45
CAPÍTULO 3: FORMULACIONES	57
3.1 Pruebas a usarse para evaluar el desempeño de los empastes.....	57
3.2 Ensayos para hallar la formulación del empaste para paredes exteriores	62
3.3 Ensayos para hallar la formulación del empaste para paredes interiores.....	71
CAPÍTULO 4: PRUEBAS EN CAMPO, RESULTADOS Y DISCUSIÓN	76
4.1 EMPASTE EXTERIORES	76
4.1.1 Empaste exteriores (monocomponente): pruebas físicas y mecánicas.....	76
4.1.2 Aplicación en campo: empaste en paredes exteriores	79
4.2 EMPASTE INTERIORES	81
4.2.1 Empaste interiores (bicomponente): pruebas físicas y mecánicas.	81
4.3 Análisis de costos de formulaciones del empaste monocomponente y del empaste bicomponente.	85
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	88
5.1 Conclusiones	88
5.2 Recomendaciones:.....	89
BIBLIOGRAFÍA	90
ANEXOS	94
Anexo 1. Ficha técnica del empaste monocomponente (exteriores).....	94
Anexo 2. Ficha técnica del empaste bicomponente (interiores).	96
Anexo 3. Procedimiento para realizar el análisis en el espectrofotómetro – CIEL*a*b* de las muestras de carbonato de calcio A-B-C y D:	98
Anexo 4. Procedimiento de la prueba de endurecimiento	99
Anexo 5. Procedimiento para determinar la absorción de aceite de las muestras de carbonato de calcio A-B y C:.....	100
Anexo 6. NTE INEN 488: Cemento Hidráulico. Determinación de la Resistencia a la compresión de morteros en cubos de 50 mm de arista	103
Anexo 7. Procedimiento para el análisis químico en el FRX de la cal hidratada 2, cemento blanco 2 y carbonato de calcio “A”	109
Anexo 8. Procedimiento para la prueba de permeabilidad de la superficie (absorción de agua).....	110
Anexo 9. Procedimiento para realizar la prueba de pH.	111



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Lecturas en el espectrofotómetro – CIELAB de las muestras de carbonato de calcio A, B, C y D.	34
Tabla 2.2 Evaluación de la Absorción de Aceite de las muestras de carbonato de calcio A, B y C	34
Tabla 2.3 Análisis químico del carbonato de calcio “A” en el refractómetro de rayos x.	36
Tabla 2.4 Datos de la resistencia a la compresión a los 3, 7 y 28 días, de las diferentes muestras de cal.	37
Tabla 2.5 Análisis químico de la cal hidratada 2 en el refractómetro de fluorescencia de Rayos X Bruker S8 Tiger.	40
Tabla 2.6 Resistencia a la compresión a los 3, 7 y 28 días de las muestras de cemento blanco 1, 2 y 3	42
Tabla 2.7 Análisis químico del cemento blanco 2 en el refractómetro de rayos x.	43
Tabla 2.8 Requisitos normalizados NTE INEN 152	43
Tabla 2.9 Tabla de ponderación para la apreciación de trabajabilidad de los empastes formulados	45
Tabla 2.10 Tabla de ponderación para la apreciación de fisuras de los empastes formulados	45
Tabla 2.11 Dosificaciones con los carbonatos de calcio B y C.	46
Tabla 2.12 Dosificaciones con el carbonato de calcio C de 45µm.	47
Tabla 2.13 Dosificaciones con el carbonato de calcio C de 45µm aumentando el porcentaje de cal.	47
Tabla 2.14 Dosificaciones con el carbonato de calcio C de 45µm agregando fibra de celulosa al 0,3%; 0,4% y 0,5%.	48
Tabla 2.15 Dosificaciones con el carbonato de calcio B de 45µm.	49
Tabla 2.16 Dosificaciones con el carbonato de calcio A de 45µm.	50
Tabla 2.17 Dosificaciones con el carbonato de calcio A y B de 45µm.	51
Tabla 2.18 Dosificaciones con el carbonato de calcio A y B de 45µm, agregando el espesante.	52
Tabla 2.19 Dosificaciones con el carbonato de calcio A y B de 45µm, disminuyendo el porcentaje de polímero.	52
Tabla 2.20 Dosificaciones con el carbonato de calcio A y B de 45µm, agregando fibra de celulosa.	53
Tabla 2.21 Dosificaciones con el carbonato de calcio A y B de 45µm con muestras de cemento blanco 1, 2, 3 y cal hidratada 1, 2.	55
Tabla 3.22 Relaciones velocidad del viento – altura en columna de agua para el ensayo Karsten	59
Tabla 3.23 Estimación del grado de permeabilidad en función del agua	60
Tabla 3.24 Empaste monocomponente (paredes exteriores): fórmula de partida.	62
Tabla 3.25 Empaste monocomponente (paredes exteriores): fórmula con 1,10% de celulosa	63



Tabla 3.26 Empaste monocomponente (paredes exteriores): fórmulas con el 0,3; 0,4 y 0,5% celulosa.....	64
Tabla 3.27 Empaste monocomponente (paredes exteriores): fórmula con la cantidad de H ₂ O necesaria para obtener la consistencia óptima del empaste.	65
Tabla 3.28 Empaste monocomponente (paredes exteriores): fórmulas usando el carbonato de calcio D.	66
Tabla 3.29 Empaste monocomponente (paredes exteriores): fórmula usando el carbonato de calcio D.	66
Tabla 3.30 Empaste monocomponente (paredes exteriores): fórmulas basadas en la definición de empaste, usando el carbonato de calcio D.	68
Tabla 3.31 Empaste monocomponente (paredes exteriores): fórmulas usando el carbonato de calcio D.	68
Tabla 3.32 Empaste monocomponente (paredes exteriores): fórmula usando el carbonato de calcio A de 75µm.	69
Tabla 3.33 Empaste monocomponente (paredes exteriores): fórmula usando el carbonato de calcio A de 75µm.	70
Tabla 3.34 Empaste monocomponente (paredes exteriores): fórmulas para la aplicación en campo.....	71
Tabla 3.35 Empaste bicomponente (paredes interiores): fórmulas usando el carbonato de calcio D.	72
Tabla 3.36 Empaste bicomponente (paredes interiores): dosificación de la resina líquida 3	73
Tabla 3.37 Empaste bicomponente - paredes interiores.	74
Tabla 3.38 Empaste bicomponente (paredes interiores): fórmulas evaluadas con el carbonato de calcio A de 75 µm	74
Tabla 3.39 Empaste bicomponente (paredes interiores): fórmula para la aplicación en campo.....	75
Tabla 4.40 Resultados de la prueba de endurecimiento.....	77
Tabla 4.41 Resultados de la prueba de absorción de agua.....	77
Tabla 4.42 Resultados de la prueba de fraguado	78
Tabla 4.43 Resultados de la prueba de contenido de aire	78
Tabla 4.44 Resultados obtenidos de la prueba de pH.	79
Tabla 4.45 Prueba de lijabilidad.	79
Tabla 4.46 Dosificación de la formulación Ex-19 para su aplicación en campo en paredes exteriores	79
Tabla 4.47 Dosificación de la formulación Ex-20 para su aplicación en campo en paredes exteriores	80
Tabla 4.48 Resultados de la prueba endurecimiento.	82
Tabla 4.49 Resultados obtenidos de la prueba de pH.....	82
Tabla 4.50 Resultados de la prueba de absorción de agua.....	82
Tabla 4.51 Resultados de la prueba de fraguado.	83
Tabla 4.52 Resultados de la prueba de contenido de aire.	83
Tabla 4.53 Prueba de lijabilidad.	84



Tabla 4.54 Dosificación de la formulación In-8 (polvo) para su aplicación en campo en paredes interiores	84
Tabla 4.55 Dosificación de la formulación In-8 (resina) para su aplicación en campo en paredes interiores	84
Tabla 4.56 Análisis de costos de formulación del empaste monocomponente.....	85
Tabla 4.57 Análisis de costos de formulación del empaste bicomponente (polvo)....	86
Tabla 4.58 Análisis económico del empaste bicomponente (resina).....	86
Tabla 59 Cantidad de pigmento/carga en función de la absorción esperada.	101
Tabla 60 Variaciones permisibles en moldes para especímenes	105

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Representación en el espacio de color CIELAB.....	32
Ilustración 2. Lectura en el espectrofotómetro – CIELAB de la muestra de carbonato de calcio “A”.....	32
Ilustración 3. Lectura en el espectrofotómetro – CIELAB de la muestra de carbonato de calcio “B”	32
Ilustración 4. Lectura en el espectrofotómetro – CIELAB de la muestra de carbonato de calcio “C”	33
Ilustración 5. Lectura en el espectrofotómetro – CIELAB de la muestra de carbonato de calcio “D”.....	33
Ilustración 6. Ensayo de resistencia a la compresión de las muestras de cemento 1, 2 y 3.	42
Ilustración 7. Prueba de endurecimiento sobre el sustrato.....	58
Ilustración 8. Permeabilidad de la superficie (absorción del agua) sobre el sustrato .60	
Ilustración 9. Prueba de pH.....	61
Ilustración 10. Prueba de Lijabilidad.....	61
Ilustración 11. Aplicación en campo de las formulaciones Ex-19 y Ex-20	80
Ilustración 12. Aplicación en campo de la formulación In-8.....	85
Ilustración 13. Caja Petri con la muestra de carbonato de calcio colocada sobre el espectrofotómetro CIELAB D65/10.	98
Ilustración 14. Elaboración de la muestra analizada en el espectrofotómetro de fluorescencia de Rayos X Bruker S8 Tiger.	109



Universidad de Cuenca

CLÁUSULAS DE RESPONSABILIDAD



Universidad de Cuenca
Cláusula de derechos de autor

Yo, Sandra Fabiola Paredes Arpi autora de la tesis “DESARROLLO DE UN EMPASTE PARA INTERIORES Y EXTERIORES PARA LA EMPRESA HORMICRETO CIA. LTDA.”, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniera Química. El uso que la Universidad de Cuenca hiciera de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autora.

Cuenca, 11 de mayo el 2017

Sandra Fabiola Paredes Arpi

C.I: 0106543721



Universidad de Cuenca



Universidad de Cuenca
Clausula de propiedad intelectual

Yo, Sandra Fabiola Paredes Arpi, autora de la tesis “DESARROLLO DE UN EMPASTE PARA INTERIORES Y EXTERIORES PARA LA EMPRESA HORMICRETO CIA. LTDA.”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 11 de mayo del 2017

Sandra Fabiola Paredes Arpi

C.I: 0106543721



DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación se lo dedico primeramente a Dios, porque me ha dado el don de la perseverancia para siempre seguir adelante, permitiéndome llegar hasta la culminación de esta etapa de mi vida, a mis padres que han sido el pilar fundamental y la motivación constante para todas las acciones en mi vida, a mis hermanos por su apoyo incondicional, y a cada una de las personas que de alguna forma u otra pusieron un granito de arena para lograr este triunfo.



AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la fortaleza para culminar esta etapa, a mis padres por los esfuerzos y sacrificios hechos al darme la herencia más valiosa que he podido recibir, a mis hermanos, amigos y personas especiales en mi vida.

Gracias a mi tutora de tesis, la Ing. Catalina Peñaherrera y a mi asesor de la empresa el Ing. Patricio Pangay. Gracias por su paciencia, dedicación, motivación, criterio y aliento. Ha sido un privilegio poder contar con su guía y ayuda.

Gracias a todas las personas que forman parte de la empresa Hormicrete Cía. Ltda., por su atención, amabilidad y apoyo en este trabajo de investigación. Cada momento vivido durante este proyecto ha sido único, pude disfrutar de cada momento, de cada investigación, proceso y proyectos que se realizaron dentro de esta.

Finalmente agradezco a la vida por este nuevo triunfo, gracias a todas las personas que me apoyaron y creyeron en la realización de este trabajo de tesis.



INTRODUCCIÓN

La tecnología de pinturas, recubrimientos plásticos y su mercado han tenido un evidente crecimiento en las últimas décadas, impulsados por desarrollos técnicos de empresas químicas de materias primas, empresas fabricantes de pinturas y recubrimientos arquitectónicos (Schweigger, 2005). Por esta razón se hace necesario el desarrollo de los referidos productos cuya finalidad es ofrecer un mayor desempeño estético, protector y una excelente adherencia a la superficie base. Así mismo, crea una superficie uniforme, durable, de fácil mantenimiento y reconstrucción (Parrilla, 2011).

Las edificaciones que nos rodean hoy en día presentan variedad de materiales de construcción como: piedra, mampostería, ladrillos y hormigón (Schweigger, 2005). Generalmente todas estas obras se construyen con materiales que posteriormente se recubren con un acabado denominado recubrimiento arquitectónico y por esta razón es de suma importancia que los materiales de estos recubrimientos arquitectónicos sean de una alta calidad y que brinden los acabados deseados, como es el caso del empaste, tanto en paredes interiores como exteriores. La empresa Hormicreto es una planta dedicada a la fabricación de mezclas para hormigón y pegantes, se caracteriza por la elaboración de morteros adhesivos formulados para pegar revestimientos cerámicos, porcelanato, mármoles, granitos, etc.; en este contexto la empresa ha decidido incursionar en este campo por lo que se propuso el desarrollo de empastes monocomponente y bicomponente, con una formulación óptima que cumpla con las expectativas de los clientes y le permita incrementar sus utilidades.

JUSTIFICACIÓN

La industria de recubrimientos plásticos y pinturas han desarrollado una gama amplia de productos y sistemas de varios componentes para cubrir todas las exigencias en la obra civil. Se diferencian productos que dan un acabado protector y decorativo, tales como los empastes que brindan propiedades de adherencia y de preparación de sustratos (Schweigger, 2005).

Un empaste “es una mezcla de cemento y agregados de piedra caliza, con granulometría controlada, más aditivos químicos, para que solo se agregue agua limpia y forme una pasta trabajable lista para usarse” (Valdivieso, 2012).



Universidad de Cuenca

La resina acrílica es uno de los componentes principales para obtener el “empaste”, esta resina se usa en las construcciones hechas de hormigón, es un plástico muy resistente y con cualidades óptimas como las de cubrir, proteger y proporcionar brillo.

En el Ecuador el sector de la construcción crece año a año y este producto debe crecer en ventas al ritmo de la industria que lo consume, por esta razón “La Planta de Morteros de la Empresa Hormicrete Cía. Ltda.”, desea desarrollar formulaciones de empastes monocomponente para exteriores (aquellos empastes que vienen listos para ser usados tan solo agregando la cantidad de agua indicada por los fabricantes para obtener la pasta) y bicomponente para interiores (aquel empaste que presenta el polvo “componente A”, la resina acrílica líquida “componente B” listos para ser usados agregando la cantidad de agua indicada por los fabricantes para obtener la pasta), ha visto la necesidad de la producción de los mismos debido a que en la actualidad el empaste es muy utilizado en el área de la construcción como alisado de paredes o fondo para pinturas, con el uso de lijas su terminado nos da una textura muy lisa lo cual nos ayuda con el rendimiento y cubrimiento de la pintura a aplicar.

Ecuador es un país que posee variedad de recursos minerales no metálicos los cuales han sido empleados desde hace mucho tiempo en el sector de la construcción nacional, en especial el carbonato de calcio y sus derivados. La materia prima principal para la fabricación del empaste es el carbonato de calcio, la empresa Hormicrete Cía. Ltda. posee proveedores identificados de carbonato de calcio, razón por la cual este trabajo de titulación estará basado en la utilización de este recurso que nos permitirá desarrollar empastes que cumplan con los requisitos exigidos por el mercado. Para el desarrollo de este trabajo se plantearon los siguientes objetivos:

OBJETIVOS

Objetivo general

- ✓ Desarrollar formulaciones de un empaste bicomponente para interiores y de un empaste monocomponente para exteriores que cumpla con los requisitos técnicos y del mercado.

Objetivos específicos

- ✓ Caracterizar las materias primas a emplearse.



Universidad de Cuenca

- ✓ Determinar las mejores características del producto a desarrollarse en base de la observación de las características y comportamiento de los mejores productos similares existentes en el mercado.
- ✓ Elaborar una fórmula de partida probando los diferentes carbonatos de calcio proporcionados por la empresa para determinar el más adecuado.
- ✓ Elaborar una fórmula óptima partiendo de la formulación inicial y el uso del carbonato escogido.



CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO

1.1 Recubrimientos Arquitectónicos

Generalmente, entre las edificaciones que nos rodean encontramos que los muros y paredes presentan una gran diversidad de materiales de construcción. Se encuentran también edificios de diferentes épocas, de diversas funciones y de muy variados materiales. Así en muros y paredes los más empleados son: piedra, mampostería, ladrillos y hormigón. Por ello, generalmente todas las edificaciones se cimientan con materiales que posteriormente se recubren con un acabado denominado recubrimiento arquitectónico, debido a que cumple con funciones arquitectónicas como la de embellecimiento y protección (Schweigger, 2005).

Los empastes y enlucidos plásticos son recubrimientos de paredes para nivelar la superficie y servir de sustrato para un acabado arquitectónico. Generalmente son mezclas de arena y/o carbonatos con dispersiones plásticas que actúan como ligante, se caracterizan por poseer múltiples ventajas debido a su fácil y rápida aplicación y a su versatilidad en el uso (Schweigger, 2005).

1.1.1 Requisitos:

Se aplican los recubrimientos con el objetivo de proteger y dar excelentes acabados decorativos y estéticos. Sus exigencias son las siguientes:

- **En exteriores:**

Los requerimientos dependen del sustrato, del medio ambiente, y de la funcionalidad de la edificación.

Los recubrimientos arquitectónicos en exteriores deben cumplir con su funcionalidad como protector contra efectos de la intemperie como son los rayos ultravioletas (uv) de la luz solar, el agua de las lluvias y el constante cambio de temperatura (Schweigger, 2005).

La resistencia a la luz se considera una propiedad intrínseca físico-química de los materiales empleados, pero hay que considerar también la resistencia al agua y la absorción de agua en función de la formulación de los materiales.



Universidad de Cuenca

- **En interiores:**

En este caso las exigencias son más bien decorativas o de embellecimiento. También en algunos casos se recubren para respetar mejor su requerimiento de higiene, o proporcionar a las paredes interiores mayores resistencias mecánicas o químicas para zonas de mayor trasteo, zonas de uso industrial, etc. (Schweigge, 2005).

1.1.2 La diversidad de los recubrimientos:

Existen algunos tipos de recubrimientos, entre ellos se distinguen:

- **Recubrimientos minerales**

Estos recubrimientos se conocen y utilizan desde remotas épocas de la humanidad, entre los materiales más empleados se encuentran arcillas, yeso y cal. Actualmente, se destaca el uso de morteros y revoques de cemento para muros en exterior, mientras que para paredes de interior se emplea yeso. También se utilizan como preparados de los muros para nivelar la superficie y formar el sustrato para un acabado arquitectónico final, pudiendo ser éste una pintura o un revestimiento texturizado. En general, estos recubrimientos minerales se aplican como acabado para dar un efecto decorativo (Schweigge, 2005).

- **Recubrimientos plásticos**

Corresponden a las pinturas y recubrimientos plásticos, pinturas de resina de silicona. Se unen a la lista de materiales para recubrimientos minerales también los productos a base de silicato potásico, aunque los mismos llevan una cantidad apreciable de polímero para cumplir con las exigencias del mercado (Schweigge, 2005).

A continuación, se definirá a un recubrimiento mineral específico como es el “empaste” que corresponde al tema fundamental de este trabajo de titulación.

1.1.2.1 Empaste

El empaste es un producto dedicado a nivelar el sustrato y ofrecer una superficie idónea para la pintura de acabado. Generalmente, se compone de una mezcla de cargas finas, micronizadas, con poco ligante plástico, no lleva pigmento. Es un producto masivo en un mercado muy competitivo en precio, por esta razón se buscan materias primas económicas y que presenten un gran rendimiento (Schweigge, 2005).



Definición:

“Es una mezcla de cemento y agregados de piedra caliza con granulometría controlada más aditivos químicos, para que solo agregue agua limpia y forme una pasta trabajable lista para usarse” (Valdivieso, 2012).

Antiguamente los empastes preparados contenían:

- Goma arábica o en tableta → (ligante)
- Cal, yeso y tiza → (masa o cuerpo)
- Leche → (plastificante-retardante)
- Agua → (mezcla)

Actualmente los empastes dosificados contienen:

- Dispersante y aditivos → (plastificante-retardante)
- Cemento blanco, Carbonato de calcio → (masa o cuerpo)
- Resina acrílica → (ligante)
- Agua → (mezcla)

Las cargas (carbonato de calcio) son las que forman el cuerpo del empaste, mientras que la resina ya sea líquida o en polvo es el ligante que tiene la función de aglomerar los componentes sólidos entre sí y de adherirlos al sustrato. El cemento, que es un conglomerante y dadas sus características de alta plasticidad y cohesividad, permite que la mezcla se ligue más fácilmente a la superficie. Los diversos aditivos se utilizan para la fabricación, para la aplicación y sobre todo para cumplir con las exigencias del producto (Schweigger, 2005).

Los términos cemento blanco y cal hidratada serán definidos en la parte de morteros (Componentes: características y normativa).

Cargas:

Son aquellos materiales de naturaleza inorgánica, micronizados a diferentes mallas. Aportan cuerpo, materia sólida, proporcionan espesor de capa, opacidad y propiedades anticorrosivas a las pinturas y recubrimientos en general. Por esta razón se debe realizar un correcto y estricto control de calidad de este material para obtener buenas propiedades del producto final.

En la norma EN ISO 3262 se encuentran definidas las propiedades de las cargas para el uso en recubrimientos.



Universidad de Cuenca

La calcita, talco y cuarzo son las cargas naturales más abundantes dentro de la formulación de pinturas y recubrimiento arquitectónicos. La calcita micronizada forma partículas nodulares de una morfología rómbica, por ello teoriza un bajo consumo de dispersante, con baja viscosidad, sin efectos perjudiciales en la reología y una buena compactación. Generalmente se encuentran materiales con valores >90% con respecto a su blancura. El cuarzo, debido a su dureza es un mineral apto para la formulación en recubrimientos resistentes a la abrasión. El talco es un mineral natural- hidrosilicato de magnesio, según el yacimiento se encuentran materiales con blancura de hasta el 95%, puede ser mezclado en numerosos productos orgánicos sin degradarlos ya que es un compuesto estable química y biológicamente (Schweigger, 2005).

A continuación, señalaremos ciertos criterios para caracterizar la aptitud de las cargas:

- *La estructura morfológica* de las cargas se limita por su composición química y determina la geometría de la partícula y con esto la forma y la densidad de la compactación en el producto terminado.

Cargas naturales más usuales en pinturas plásticas					
CARGAS	COMPOSICIÓN QUÍMICA	FÓRMULA QUÍMICA	MORFOLOGÍA	PESO ESPECÍFICO	DUREZA MOHS
Creta	Carbonato de calcio	CaCO ₃	amorfa	2,7	1,5-2,5
Calcita	Carbonato de calcio	CaCO ₃	nodular	2,7	3,0
Dolomita	Carbonato de calcio y magnesio	CaMg(CO ₃)	nodular	2,7	3,5-4,0
Cuarzo	Sílice	SiO ₂	nodular	2,65	7,0
Talco	Silicato de magnesio	2MgO.4SiO ₂ .Mg(OH) ₂	laminar	2,75	1,0-1,5
Caolín	Silicato de aluminio	(Al ₂ O ₃). (SiO ₂) ₁₋₂	laminar	2,6	2,0-2,5
Mica	Silicato de aluminio, potasio y magnesio	Bastante compleja	muy laminar	2,85	2,0-2,5
Baritina	Sulfato de bario	BaSO ₄	nodular	4,25	2,5-3,5

Fuente: (Schweigger, 2005)

- *La granulometría* de las partículas permite optimizar la compactación adecuada.
- *La absorción de aceite* es un índice que determina la superficie específica de la carga. Su magnitud se define en la Norma DIN ISO 787 como la cantidad de



aceite de linaza requerida para humectar una cierta cantidad de carga. En la práctica se asume un margen de tolerancia muy amplio ya que los valores de los resultados obtenidos no son muy repetitivos. Por esta razón los valores de absorción de aceite se usan solo como una orientación para caracterizar la superficie específica, la misma que depende de la granulometría. El índice de absorción de una carga definida se considera como un indicativo de la granulometría, tomándose como un criterio para comparar dos o más proveedores (Schweiggeger, 2005).

Resinas Acrílicas:

Las resinas se definen como ligantes orgánicos poliméricos que aportan características de adherencia química, mejoran las propiedades durante la aplicación del producto, en el fraguado y a lo largo de su vida útil (Construmática, 2016).

“Las resinas acrílicas se elaboran por la adición de monómeros, tales como ésteres de los ácidos acrílico y metacrílico con alcoholes diversos, los cuales pueden presentar o no grupos funcionales reactivos remanentes: reactivas o termoestables y no reactivas o termoplásticas” (Giudice & Pereyra, 2009).

Las *resinas acrílicas termoplásticas* se emplean para el repintado de automotores, para la protección de mamposterías y pisos y también para mantenimiento industrial.

Las *resinas acrílicas termoestables* tenemos ofrecen películas con elevada retención del color, buena resistencia a la intemperie y agentes químicos con excelentes propiedades mecánicas (Giudice & Pereyra, 2009).

Adicional a los aditivos mencionados para morteros, que también son empleados para los empastes, tenemos otros aditivos utilizados en la dosificación de los empastes y éstos son:

- ***Incorporadores de aire:*** son aquellos aditivos que producen incorporación de aire en forma de burbujas pequeñas, en un tamaño comprendido entre 0,01mm y 1 mm. El efecto principal buscado con su uso es estabilizar las burbujas que se producen durante el proceso de mezcla de los componentes (MundoArquitectura, 2017).
- ***Agentes hidrofugantes:*** son aquellos que cumplen con la función de impedir el paso de agua o su absorción, permite también que la superficie del mortero o pasta sea resistente contra la penetración de agentes agresivos que puedan producir su descomposición (Rivera, Aditivos para Mortero y Concreto, 2017).



- **Celulosa:** permite reducir la cantidad de agua para igual trabajabilidad, su característica principal es aumentar la manejabilidad de la pasta, mortero o concreto en estado fresco. Estos aditivos mejoran la aptitud a la deformación de los morteros y hormigones frescos bajo el efecto de un medio de compactación dado (Rivera, Aditivos para Mortero y Concreto, 2017).
- **Espesantes:** es un aditivo que mejora la trabajabilidad, ofrece mayor tiempo abierto, alto rendimiento y reduce la pegajosidad de la pasta o mortero en estado fraguado. La adición habitual para el caso de morteros comprende entre el 5 y 20% respecto al total de la dosificación del producto (Elotex, 2017).
- **Talco:** es un pigmento mineral, altamente laminar de mineral del talco, que proporciona un equilibrio único de distanciamiento (opacidad) del pigmento principal, refuerzo de película, anti-grietas, y posee propiedades de barrera para revestimientos arquitecturales y decorativos (Imerys, 2017).
- **Dispersantes y Humectantes:** posibilitan una correcta dispersión y estabilización de la mezcla. Estos aditivos reducen la viscosidad aparente y mejora las propiedades reológicas, son productos biodegradables, resisten temperaturas mayores a los 18 °C. Se utiliza en concentraciones comprendidas entre 0,3 y 1% (Hernandez & Ortiz, 2017).
- **Antiespumantes:** este tipo de aditivos es utilizado para evitar la formación de espuma, la cual aparece durante la agitación mientras se está preparando la lechada de la pintura o resina (Hernandez & Ortiz, 2017).

1.2 Morteros:

En la actualidad los morteros son ampliamente usados como material de revoque o repello y como material de pega en la mampostería.

Se lo define como toda mezcla homogénea de un material aglomerante (cemento, cal, yeso), un material de relleno (arena), agua y en algunas ocasiones aditivos (Gutiérrez, 2003).

1.2.1 Tipos y usos de los morteros

Se pueden diferenciar dos tipos de morteros de acuerdo a su endurecimiento: Los aéreos, denominados así porque endurecen al aire al perder agua por secado y fraguan



Universidad de Cuenca

lentamente mediante un proceso de carbonatación y los hidráulicos o acuáticos, son aquellos que endurecen en presencia de agua, estos desarrollan resistencias iniciales altas debido a su composición (Gutiérrez, 2003).

Considerando los materiales que lo constituyen, pueden ser:

Morteros calcáreos: aquellos en los que la cal actúa como plastificante y ligador, estas características hacen del mortero de cal el más manejable de los conocidos.

Las cales aéreas más conocidas son la cal blanca y la cal gris; en estos morteros, la arena tiene como finalidad evitar el agrietamiento y las contracciones del mortero al ir perdiendo el agua de amasado, es importante que dicha arena se encuentre libre de materia orgánica. Las proporciones cal-arena más usadas en morteros aéreos son 1:2 para revoques y 1:3 o 1:4 para mampostería simple (Sánchez, 1996).

Morteros de yeso: aquellos que se preparan con yeso hidratado y agua, su contenido de agua puede variar dependiendo del grado de cocción, calidad y finura del molido del yeso. El mortero debe ser preparado para el instante que se lo vaya a utilizar, debido a que su fraguado comienza a los 5 minutos y termina aproximadamente a los 15 minutos (Gutiérrez, 2003).

Morteros mixtos de cal y cemento: las resistencias mecánicas de estos morteros variarán de acuerdo a las proporciones de cal hidratada y de cemento (tipo y clase) de la mezcla. Los valores de estas resistencias serán más elevadas y los tiempos de fraguado más cortos, cuanto mayor sea el contenido de cemento; pero serán menos plásticos y menos permeables al vapor de agua, con mayor posibilidad de tendencia a la fisuración por retracción (Usedo, 2015).

Las mezclas más usadas varían entre 1:2:6 y 1:2:10 de cemento, cal y arena y el agua para dicha mezcla varía en función de la consistencia que se desea y de la composición del mortero.

Morteros de cemento: posee altas resistencias y su trabajabilidad está en función de la proporción de cemento y arena empleados. Es hidráulico y para su preparación debe considerarse que exista el menor tiempo posible entre el amasado y la colocación. En este tipo de mortero al igual que en el hormigón, las características del agregado fino (arena), tales como la granulometría, modo de finura, forma y textura, y el contenido de materia orgánica son importantes en la calidad final del mismo.



Universidad de Cuenca

Si la cantidad de cemento empleada es poca, la mezcla se hace áspera y poco trabajable, esto se debe a que las partículas de arena rozan entre sí, ya que existe poca pasta de cemento para que actúe como lubricante (Gutiérrez, 2003).

Es importante tener en cuenta que en la actualidad ya no se usan morteros exclusivamente de cal, debido al largo periodo de fraguado que tiene, y se ha empezado a diseñar morteros con adición de cemento para obtener resistencias más prontas, a estos morteros se los definen como morteros preparados.

Morteros preparados

Son aquellos morteros que llegan a la obra para ser usados agregándoles solamente agua, es decir ya contienen los aglomerantes, los áridos y aditivos (Tecnologías de la Construcción, 2016).

Uno de los casos son los llamados morteros imitación con adiciones de mica-revoque típicos de las construcciones de hace algunas décadas y que hoy se retoma.

Los morteros imitación contienen cemento blanco, marmolinas y carbonatos para obtener superficies con acabados de mejor calidad. Son morteros que exigen mayores cuidados de curado al tener altas dosificaciones de cemento (Tecnologías de la Construcción, 2016).

1.2.3 Componentes: características y normativa

Los principales componentes de los morteros son conglomerantes y aditivos, a continuación se presentan sus características y la normativa que se aplica.

1.2.3.1 Conglomerantes

Un conglomerante es un material capaz de unir fragmentos de una o varias sustancias, permitiendo dar cohesión al conjunto por efecto de transformaciones químicas en su masa, formando nuevos compuestos. Para la elaboración de morteros, los conglomerantes utilizados son productos artificiales de naturaleza inorgánica y mineral, obteniéndose a partir de materias primas naturales, o también de subproductos industriales. Se distinguen dos grupos (Rodríguez, 2003).

Cales:



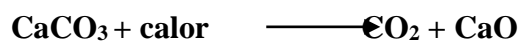
Universidad de Cuenca

La cal es un carbonato de calcio, extraordinario material sumamente útil en la construcción. “Es uno de los químicos más antiguos que el hombre procesó y uno de los más utilizados actualmente, su desempeño en multitud de aplicaciones le ha valido el título de *químico versátil*; ha sido uno de los materiales de construcción que permitió al hombre crear sus grandes civilizaciones dando lugar a grandes edificaciones desde pirámides hasta palacios y edificios, puentes, acueductos y vías de comunicación” (Asociación Nacional de Fabricantes de Cal, 2016).

Se denomina cal a todo producto que se obtiene a partir de la calcinación de piedras calizas, dependiendo de la composición de la roca de partida pueden obtenerse variedad de cales como son: cales muy puras, altamente cálcicas, altamente hidráulicas, con contenidos de óxido de calcio de un 50% y aún menos. Así obtenemos dos tipos fundamentales de cales: aéreas e hidráulicas. Sus especificaciones están contempladas en la Norma UNE-EN 459-1 (Villarino, 2017) .

- a) Cales aéreas: aquellas compuestas principalmente de óxido e hidróxido de calcio y magnesio, las cuales por acción del CO_2 se endurecen lentamente al aire, pero no se endurecen con el agua y se obtienen a partir de rocas calizas con contenidos en carbonatos superiores al 95% (Villarino, 2017)

Cuando la caliza es sometida a una cocción se descompone dando óxido de calcio más CO_2 (gas) que se desprende junto con los humos del combustible.



El CaO se denomina **cal viva**, este es un producto inestable ya que presenta gran avidez por el agua, con la que reacciona de la siguiente manera:



Produciéndose hidróxido cálcico Ca(OH)_2 o **cal apagada**. Cuando la cantidad de agua añadida al óxido de calcio ha sido la indispensable para formar el hidróxido se denomina cal en polvo pero si una vez formada esta cal en polvo se le continua agregando agua se obtiene cal en pasta (Villarino, 2017).

La cal hidratada apagada utilizada en mezclas, para que cumpla adecuadamente su función como material cementante debe poseer las siguientes características:

- ✓ Un contenido mínimo de 80% de Ca(OH)_2 .
- ✓ Una finura de 95% tamizado en malla #100 ASTM (150 μm).



- ✓ Contener entre 0,5-1,5% de humedad libre.
- ✓ No debe contener más de un 3% de óxidos remanentes (Calidra, Uso de la Cal en la Construcción, 2016).

b) Cal Hidráulica: es aquel material que se obtiene calcinando calizas que contienen arcillas (sílice y alúmina) que mezcladas con agua forman pastas que fraguan y endurecen debido a las reacciones de hidrólisis e hidratación de sus constituyentes. Se obtienen productos hidratados, mecánicamente resistentes y estables, tanto al aire como bajo el agua (Rodríguez, 2003).

Características de las mezclas con cal:

La cal, debido a su alto grado de finura en sus partículas, además de contribuir con sus propiedades cementantes, también mejora las propiedades del mortero. Entre estas propiedades podemos mencionar (Calidra, Uso de la Cal en la Construcción, 2016):

- ✓ Aumenta el Porcentaje de Retención de Agua

Facilitando el contacto con las unidades de albañilería.

Favoreciendo el contacto con las unidades de albañilería.

Facilitando su aplicación.

Reduciendo formidablemente la formación de micro-grietas. Con la eliminación de micro-grietas se evitan infiltraciones y todos los problemas que se derivan de éstas (humedad, eflorescencias, reblandecimiento, deterioro, etc.) (Calidra, Uso de la Cal en la Construcción, 2016).

- ✓ Favorece la trabajabilidad de la mezcla

Otorga una combinación de consistencia, plasticidad, cohesión y adhesión a la mezcla, esto se percibe por la facilidad o dificultad de expandir la mezcla.

Permite retener más agua y esto le interesa más al albañil, porque la mezcla que tiene más corrida se extiende con mayor facilidad, evitando la pérdida de agua y que no se rigidice (Calidra, El uso de la cal en las mezclas de albañilería, 2016).



✓ Tiempo de fraguado mayor

Alcanzándose fraguados más gentiles que permiten la correcta hidratación e interacción entre los componentes de la mezcla. A pesar de ser un factor importante en el avance del trabajo, al tratar de acelerar el tiempo de fraguado se afecta directamente la adherencia y resistencia al corte de la mezcla (Calidra, Uso de la Cal en la Construcción, 2016).

✓ Logra una mayor adherencia

Mejora la resistencia a los esfuerzos cortantes evitando la aparición de grietas.

La cal, por el tamaño de partículas que posee, consigue penetrar intrínsecamente entre las cavidades de los materiales de la mezcla y las piezas de mampostería (Calidra, Uso de la Cal en la Construcción, 2016).

Cementos

Cemento portland: “Cemento hidráulico producido por pulverización de clinker, consistente esencialmente de silicatos cálcicos hidráulicos cristalinos y que usualmente contiene uno o más de los siguientes elementos: agua, sulfato de calcio, hasta 5% de piedra caliza y adiciones de proceso” (NTE INEN 0151, 2010).

Los cementos son los conglomerantes hidráulicos más empleados en la construcción, estos se encuentran formados por mezclas de caliza, arcilla y yeso, que son materiales muy abundantes en la naturaleza (González, 2016).

El cemento es un material aglutinante que tiene como características una buena adherencia y cohesión, lo que permite una fuerte unión entre partículas o fragmentos minerales.

En función de la aplicación del mortero se realiza la selección y clasificación de los cementos, así podemos distinguir cementos comunes (CEM), blancos (BL), resistentes a sulfatos (SR) y/o al agua del mar (MR) (Rodríguez, 2003).

El cemento de interés para los empastes es el cemento blanco.

El **cemento blanco** es un tipo de cemento portland de un color gris muy claro (blancura mayor al 85%), empleado tanto en piezas prefabricadas como en acabados de suelos y albañilería en general. El color blanco se debe a la ausencia casi total de óxidos férricos



Universidad de Cuenca

que son los responsables del color gris oscuro del cemento tradicional (Arquitectura Arqhys, 2016).

Este cemento se utiliza especialmente en trabajos como alicatado y solado. El alicatado hace referencia al revestimiento de paredes y suelos con azulejos, mientras que el solado es también un revestimiento pero utilizando piedras o ladrillos (Arquitectura Arqhys, 2016).

1.2.3.2 Aditivos

Según la norma UNE 83-200-84, “aditivos son aquellas sustancias o productos que incorporados al hormigón, mortero o pasta antes o durante el amasado y/o durante un amasado suplementario, en una proporción no superior al 5 % del peso de cemento (salvo casos especiales), producen la modificación deseada en dicho hormigón, mortero o pasta en estado fresco y/o endurecido, de alguna de sus características, de sus propiedades habituales o de su comportamiento” (Tebar, 1984).

Los aditivos, a diferencia del cemento, los agregados y el agua, no son componentes fundamentales de la mezcla, pero son componentes sustanciales, ampliándose su uso cada vez más.

Beneficios:

1. Son idóneos de ofrecer beneficios físicos y económicos.
2. Posibilitan el empleo de una variedad más amplia de componentes en la mezcla.
3. No ostentan gasto adicional, ya que como resultado de su uso se ahorran otros costos y aspectos como por ejemplo: el costo de mano de obra, el contenido de cemento o la durabilidad (ARQHYS, 2016).

Tipos de aditivos

Debido a su composición, los aditivos pueden ser orgánicos o inorgánicos, pero su carácter químico, que difiere del mineral, es su característica principal.

Clasificación:

Los aditivos se clasifican por su función en el concreto. La clasificación de la Norma ASTM C 494-92 es la siguiente (ARQHYS, 2016):



Universidad de Cuenca

Tipo A (Reductores de agua): Denominados también plastificantes o fluidificantes, son aquellos cuya función principal es disminuir la cantidad de agua para obtener una trabajabilidad dada, aumentar la trabajabilidad para la misma cantidad de agua, sin producir segregación (ConcretOnline, 2016).

Tipo B (Retardantes): Son aquellos que retrasan el tiempo de fraguado (principio y final) del cemento que se encuentra en el hormigón, mortero o pasta (Rivera, Concreto Simple, 2016).

Tipo C (Acelerantes): Aquellos cuya función principal es reducir el tiempo de fraguado del cemento (principio y final), que se encuentra en el hormigón, mortero o pasta (ConcretOnline, 2016).

Tipo D (Reductores de agua y retardantes): Denominados también plastificantes retardadores, cuya finalidad es disminuir la cantidad de agua (acción primaria) requerida para obtener un hormigón o mortero de una determinada consistencia y retrasar el fraguado del cemento que se encuentra en el hormigón (Rivera, Concreto Simple, 2016).

Tipo E (Reductores de agua y acelerantes): Se los denomina también como plastificantes acelerantes, cuyo propósito es disminuir la cantidad de agua (acción primaria) requerida para obtener un hormigón o mortero de una determinada consistencia y acelerar tanto el fraguado como la resistencia del cemento que se encuentra en el hormigón a temprana edad (Rivera, Concreto Simple, 2016).

Tipo F (Reductores de agua de alto rango o superfluidificantes): Son aquellos productos que al ser incorporados al hormigón, mortero o pasta aumentan, de forma significativa su trabajabilidad, para una misma relación agua/cemento, o producen una considerable reducción de esta relación si se mantiene su trabajabilidad (ConcretOnline, 2016).

Tipo G (Reductores de agua de alto rango y retardantes o superfluidificantes): Aditivos cuya función es disminuir la cantidad de agua (acción primaria) de la mezcla, en más de un 12%, para obtener un hormigón o mortero de determinada consistencia, además retarda el fraguado (acción secundaria) (Rivera, Concreto Simple, 2016).

Tipo H (Reductores de agua de alto rango y acelerantes): Su función es disminuir la cantidad de agua (acción primaria) de la mezcla, en más de un 12%, para obtener un



hormigón o mortero de determinada consistencia y acelerar tanto el fraguado como la resistencia del cemento que se encuentra en el hormigón a temprana edad (acción secundaria) (Rivera, Concreto Simple, 2016).

CAPÍTULO 2: CARACTERIZACIÓN DE MATERIAS PRIMAS Y PRUEBAS PRELIMINARES PARA OBTENER LA FÓRMULA DE PARTIDA

Cabe indicar que, si primero se explica caracterización de materias primas durante la realización de este trabajo la secuencia no fue siempre así, pues debido a que algunas pruebas no se podían realizar al inicio por falta de disposición de equipos y materiales, se decidió iniciar con ciertas dosificaciones preliminares para observar el comportamiento de los diferentes carbonatos en la formulación de los empastes para obtener información de partida. También por disposiciones de la empresa, durante el desarrollo de las formulaciones preliminares ensayadas, se fueron incorporando algunos materiales y eliminado otros, por lo que algunos de los ensayos de caracterización se hicieron una vez que se escogieron los materiales definitivos.

Todas las pruebas preliminares realizadas se formularon para un empaste para paredes exteriores y esta dosificación sirvió como base para la posterior formulación del de interiores.

El desarrollo de los empaste para interiores y exteriores se realizó en el Laboratorio de la Empresa Hormicrete Cía. Ltda., ciudad de Cuenca (sector parque industrial), provincia del Azuay.

Se efectuaron dosificaciones a nivel de laboratorio con la finalidad de obtener la mejor fórmula para el empaste en paredes interiores y exteriores, considerando pruebas de endurecimiento, lijabilidad y la propiedad de trabajabilidad en cada una de ellas.



Universidad de Cuenca

Para la caracterización de las materias primas se realizaron pruebas mecánicas de resistencia a la compresión y pruebas químicas en el refractómetro de fluorescencia de Rayos X. Para el desarrollo de las pruebas preliminares se usó el método ensayo y error, las dosificaciones fueron evaluadas por comparación a los patrones establecidos como deseables en el desempeño de los empastes (productos de la competencia).

La evaluación del desempeño de los productos finales (empaste monocomponente y bicomponente) se basó en normas aplicables tales como: NTE INEN 159:2010; NTE INEN 195:2009; NTE INEN 2502:2009. Dichas normas fueron consultadas en las fichas técnicas de productos de la competencia y también fueron proporcionadas por los proveedores de las materias primas.

2.1 CARACTERIZACIÓN DE MATERIAS PRIMAS:

De acuerdo a lo expresado en el capítulo anterior, los componentes principales de un empaste son el carbonato de calcio, cemento blanco, cal hidratada y los aditivos; de estos materiales se caracterizaron los carbonatos, el cemento blanco y la cal hidratada, ya que los aditivos vienen con las especificaciones técnicas precisas y adecuadas para su uso específico.

2.1.1 Caracterización de los Carbonatos

Los carbonatos de calcio a emplearse en esta investigación fueron proporcionados por los proveedores de la empresa Hormicroto, identificados como carbonatos A, B, C y D. Los A y B fueron proporcionados con una granulometría de 45 μm , mientras que los carbonatos de calcio C y D requirieron molerse hasta obtener la granulometría de 45 μm .

A continuación, se procedió a realizar en ellos los siguientes ensayos:

- a) Determinación del color
- b) Determinación de la absorción de aceite.
- c) Análisis químico mediante espectrometría de fluorescencia de Rayos X (FRX).



a) **Determinación del color de las muestras de carbonato de calcio A, B, C y**

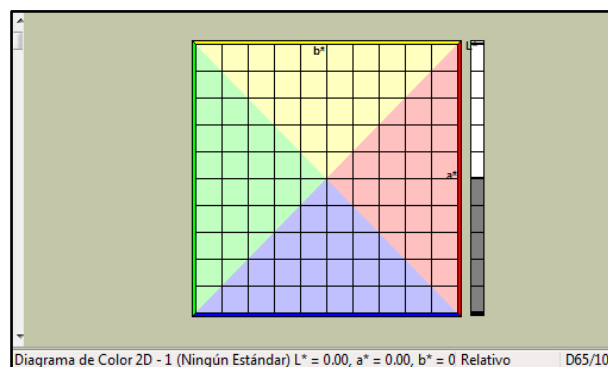
D: Análisis en el espectrofotómetro – CIE L*a*b*

Este análisis se realizó con el objetivo de conocer valores numéricos de color de las muestras de carbonato de calcio, estos valores fueron tomados como referencia para evaluar los atributos de color, identificar inconsistencias y expresar sus resultados, ya que al usar el carbonato de calcio como principal componente en la formulación de los empastes, es indispensable que este componente tenga un color lo más blanco posible, puesto que al aplicarlo como fondo para pinturas, el color blanco ayudará con el rendimiento de la pintura.

El CIE L*a*b* es el método cromático usado normalmente para describir todos los colores que puede descubrir el ojo humano.

La Commission Internationale de l'Éclairage (CIE), una organización considerada como la autoridad en la ciencia de la luz y el color, ha definido espacios de color, incluyendo CIE XYZ, CIE L*C*h, y CIE L*a*b*, para comunicar y expresar el color objetivamente. Los tres parámetros en el modelo representan la luminosidad de color ($L^*=0$ rendimiento negro y $L^*=100$ indica blanco), su posición entre rojo y verde (a^* , valores negativos indican verde mientras valores positivos indican rojo) y su posición entre amarillo y azul (b^* , valores negativos indican azul mientras valores positivos indican amarillo) (Palomina, 2015).

Este análisis se le realizó en el espectrofotómetro CIELAB D65/10 Grupo de la empresa Hormicroto, para ello se realizó el procedimiento adjunto en el anexo 3.



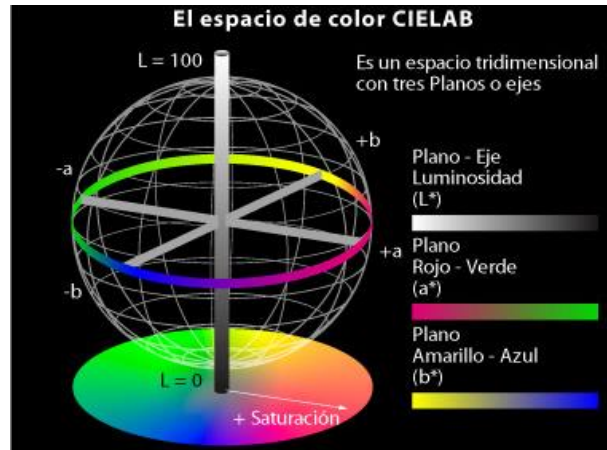


Ilustración 1. Representación en el espacio de color CIELAB
Fuente: (MINOLTA, 2017)

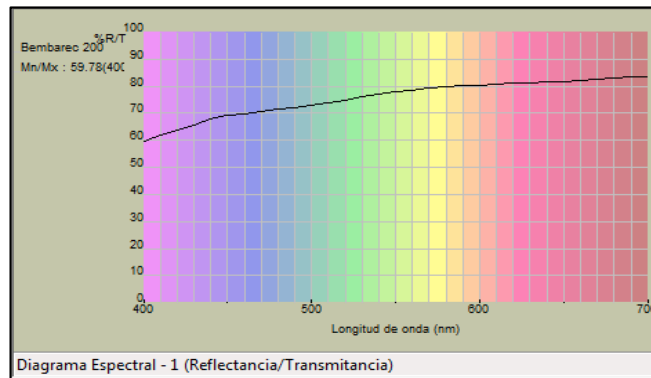


Ilustración 2. Lectura en el espectrofotómetro – CIELAB de la muestra de carbonato de calcio “A”.
Fuente: Propia

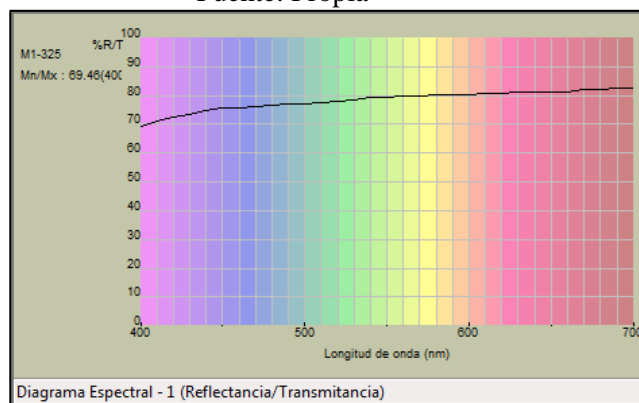


Ilustración 3. Lectura en el espectrofotómetro – CIELAB de la muestra de carbonato de calcio “B”.
Fuente: Propia

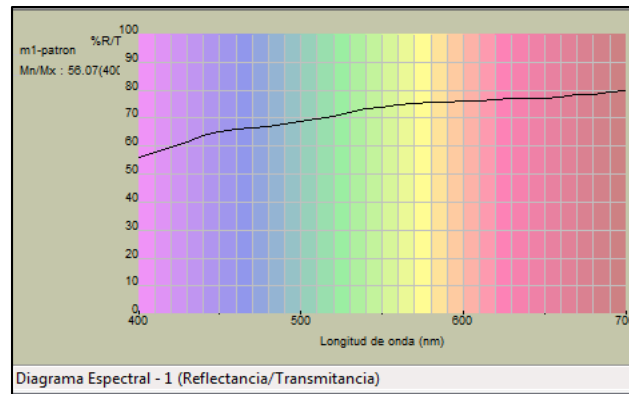


Ilustración 4. Lectura en el espectrofotómetro – CIELAB de la muestra de carbonato de calcio “C”.
Fuente: Propia

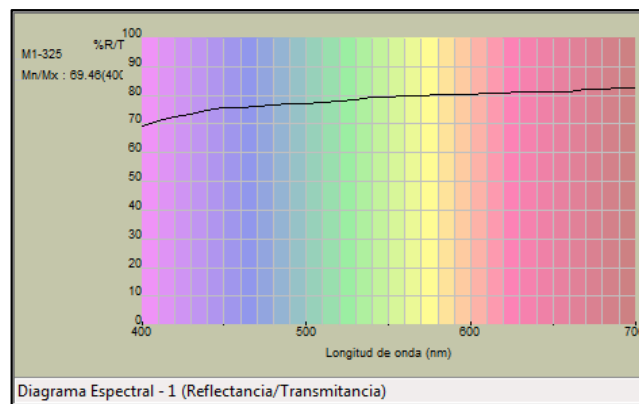


Ilustración 5. Lectura en el espectrofotómetro – CIELAB de la muestra de carbonato de calcio “D”.
Fuente: Propia



Tabla 2.1 Lecturas en el espectrofotómetro – CIELAB de las muestras de carbonato de calcio A, B, C y D.

IDENTIFICACIÓN	L*	a*	b*
Carbonato de calcio A	89,39	0,82	7,48
Carbonato de calcio B	88,97	0,57	4,18
Carbonato de calcio C	84,89	0,47	6,42
Carbonato de calcio D	90,99	0,33	3,25

Elaborado por: Autora

De acuerdo a los datos proporcionados por el equipo se puede decir que el carbonato de calcio D es el más blanco (mayor valor de L*), pero presenta una tendencia al amarillo. El carbonato de calcio A también es bastante blanco, tiende al rojo y al amarillo. El carbonato de calcio B también es bastante blanco, con menor tendencia al rojo y al amarillo, pero su evaluación general es inferior que el carbonato A. El carbonato de calcio C es menos blanco que los carbonatos A, B y D ya que tiene menor valor de L*.

b) Determinación de la Absorción de Aceite de las muestras de carbonato de calcio A, B y C.

Este ensayo fue realizado en los laboratorios del proveedor de las materias primas que la empresa posee, cumple con el procedimiento indicado en el anexo 3. Para ello, las muestras de carbonato de calcio A, B y C fueron mandadas a la ciudad de Guayaquil. El carbonato de calcio D no fue enviado para ser sometido a esta prueba debido a que en ese momento la empresa no disponía de la muestra del mismo.

El objetivo de este método fue determinar la demanda de ligante que va a tener un pigmento o carga (carbonato de calcio). Cuanto mayor sea la absorción de aceite, tanto mayor será el consumo de ligante. La absorción de aceite informa además la magnitud que cabe esperar para la concentración crítica en volumen de pigmento.

Tabla 2.2 Evaluación de la Absorción de Aceite de las muestras de carbonato de calcio A, B y C

Muestra	% Absorción de aceite	Observaciones
Carbonato de calcio A	20	Presenta mejores resultados que los otros dos, distribución



		granulométrica considerada como aceptable. Es el óptimo para el desarrollo del empaste.
Carbonato de calcio B	22	Distribución granulométrica aceptable, mayor absorción que el carbonato de calcio A.
Carbonato de calcio C	23	Presenta problemas de resquebrajamiento, no es adecuado para el desarrollo del producto.

Elaborado por: Autora

Como característica del carbonato de calcio para emplearse en un empaste, el límite de absorción de aceite debe ser **< 25%**.

c) Análisis químico del carbonato de calcio “A”.

Este análisis tiene como objetivo conocer la composición de los principales componentes a usarse en el empaste. Este ensayo se hizo luego de realizar algunas dosificaciones iniciales del empaste monocomponente, por lo que previo a la realización del mismo y en base a los resultados de los ensayos anteriores, los resultados de las dosificaciones preliminares y los costos de las materias primas, se determinaron cuáles son los materiales a usarse para la dosificación óptima y en estos materiales se hizo esta prueba. En este caso de acuerdo a los resultados de la prueba de absorción de aceite se eligió el carbonato de calcio A para este análisis.

La finalidad principal de la FRX es el análisis químico elemental, tanto cualitativo como cuantitativo, de los elementos comprendidos entre el flúor (F) y el uranio (U) de muestras sólidas (filtros, metales, rocas, muestras en polvo, tejidos, etc.) y líquidas porque permite hacerlos sin preparación de la muestra. Es una técnica espectroscópica que utiliza la emisión secundaria o fluorescente de radiación X generada al excitar una muestra con una fuente de la misma. La radiación X incidente o primaria expulsa electrones de capas interiores del átomo, los electrones de capas más externas ocupan los lugares vacantes, y el exceso energético resultante de esta transición se disipa en forma de fotones, radiación X fluorescente o secundaria, con una longitud de onda característica que depende del gradiente energético entre los orbitales electrónicos



implicados, y una intensidad directamente relacionada con la concentración del elemento en la muestra (Alicante, 2017).

Este análisis se le realizó siguiendo el procedimiento adjunto en el anexo 7. Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 2.3 Análisis químico del carbonato de calcio “A” en el refractómetro de rayos x.

Composición	%
CaO	73,09%
SiO ₂	1,26%
Al ₂ O ₃	0,30%
MgO	0,29%
CS ₂ O	0,21%
Fe ₂ O ₃	0,15%
CeO ₂	0,11%
SrO	0,07%
TiO ₂	0,07%
K ₂ O	0,05%
ZrO ₂	50 PPM
SUMA	75,60%

Elaborado por: Autora

Esta tabla presenta los datos proporcionados por la técnica que maneja el equipo, como se observa, se tiene un elevado valor de porcentaje de óxido de calcio que no coincide con el del cálculo estequiométrico, la técnica indicó que el equipo estaba programado para cumplir con especificaciones internas; según las cuales un carbonato que tenga un porcentaje de óxido de calcio del 70% equivale a una pureza del 95%. Entonces en base a esta información se realizó el cálculo para ver a que riqueza de carbonato corresponde el valor de 73,09% de CaO, siendo el resultado de 99,19% de riqueza. Este valor coincide con la ficha técnica del carbonato analizado, la cual indica una riqueza del 98-100% en carbonato.



2.1.2 Caracterización de las Cales (cales hidratadas)

Para la formulación de los empastes, la prueba mecánica realizada a cada muestra de cal hidratada y a cada muestra de cemento blanco es la prueba de resistencia a la compresión, importante para:

- Determinar las propiedades y características de los materiales antes de que puedan ser usados de forma confiable en la formulación de los empastes.
- Asegurar y controlar la calidad de las materias primas y los productos que se obtienen de ellos, para que cumplan con los requerimientos especificados por los clientes.

El objetivo de esta prueba fue determinar valores de resistencia a la compresión de las muestras de cal hidratada, permitiendo evaluar las resistencias a los 3,7 y 28 días. Los valores del ensayo de resistencia a la compresión para las muestras de cal hidratada, fueron obtenidos de las lecturas de 2 especímenes para 3 días, 2 especímenes para 7 días y 2 especímenes para 28 días, de los cuales, para cada periodo de tiempo, se sacó una media y los valores obtenidos se expresan en la tabla 2.4.

Para la elección de la cal hidratada a utilizarse en la formulación de los empastes, se consideraron principalmente las resistencias obtenidas y el costo de cada muestra.

Para realizar esta prueba mecánica, se aplicaron las siguientes normas:

- NTE INEN 488: CEMENTO HIDRÁULICO. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS EN CUBOS DE 50 mm DE ARISTA. Anexo 4.
- NTE INEN 2502:2009 CEMENTO HIDRÁULICO. DETERMINACIÓN DEL FLUJO EN MORTEROS. Esta norma está dirigida para ser utilizada en la determinación del flujo de mortero de cemento hidráulico, y de morteros que contengan materiales cementantes diferentes a los cementos hidráulicos. Si bien, el flujo no se incluye generalmente en las especificaciones del cemento hidráulico, es de uso general en las normas de ensayo que requieren que el mortero tenga un contenido de agua que proporcione un nivel especificado de flujo. Es importante conseguir dicho nivel especificado de flujo para que los especímenes de cada muestra tengan el contenido de agua óptimo para que el curado a los 3, 7 y 28 días sea el adecuado.



Universidad de Cuenca

Se ensayaron cinco muestras de cal hidratada para llevar a cabo la prueba de resistencia a la compresión, inicialmente la empresa Hormicroto disponía de una sola cal hidratada identificada como cal hidratada1. Para las pruebas preliminares ensayadas, se empleó esta cal hidrata 1, pero debido a que es costosa ya que posee características especiales, no se realizó la prueba de resistencia a la compresión, y se la empleó en ese momento mientras se obtenían los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión de las demás muestras de cal, y mientras se adquiría la cal seleccionada.

Para el ensayo de la resistencia a la compresión de las diferentes muestras de cal, la composición para preparar las muestras para el ensayo fue proporcionada por la empresa Hormicroto.

Componente	%
Cemento gris	17,85
Cal hidratada (n)	7,15
Arena	75,00

En base a esta dosificación, se hizo una relación de cada componente para 1500g. Seguidamente se aplicó el procedimiento de las Normas INEN 488 y la INEN 2502, obteniéndose los siguientes resultados

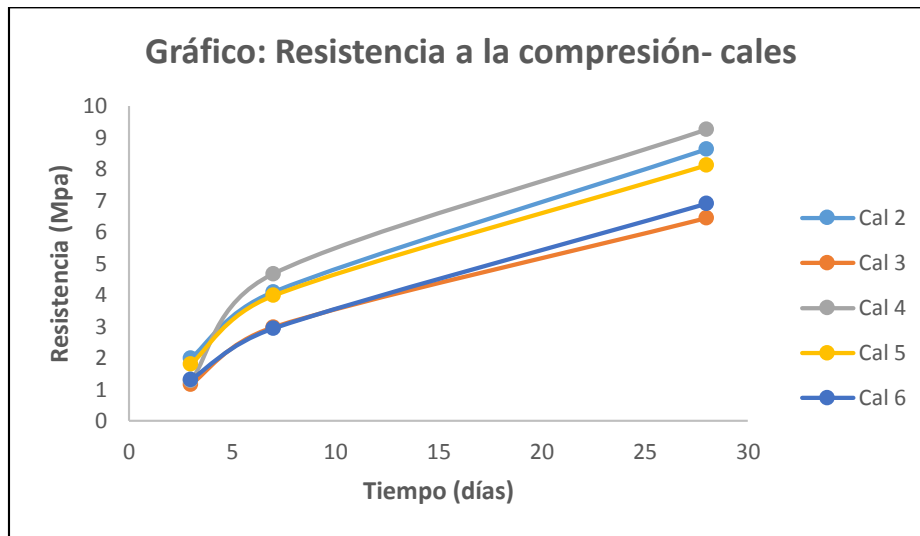


Tabla 2.4 Datos de la resistencia a la compresión a los 3, 7 y 28 días, de las diferentes muestras de cal.

Muestra de cal	Riqueza % Ca(OH) ₂	ml H ₂ O por cada 1500g. **	Mesa de flujo	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN								
				3 días			7 días			28 días		
				Peso (g.)	KN	Mpa	Peso (g.)	KN	Mpa	Peso (g.)	KN	Mpa
CAL 2	80,0	285 ml	106	254	3,19	1,88	257	10,27	4,1	255	22,36	8,94
				248	3,54	2,08	253	10,19	4,07	257	20,78	8,31
					3,37	1,98		10,23	4,09		21,57	8,63
CAL 3	*	285 ml	106	261	2,69	1,25	264	7,22	2,89	265	16,45	6,58
				260	2,64	1,05	263	7,63	3,05	264	15,74	6,29
					2,67	1,15		7,43	2,97		16,10	6,44
CAL 4	88,2	285 ml	105	262	3,08	1,23	266	11,98	4,79	261	21,85	8,74
				263	3,25	1,30	264	11,35	4,54	264	24,41	9,76
					3,17	1,27		11,67	4,67		23,13	9,25
CAL 5	81,0	300 ml	115	256	4,42	1,77	259	10,76	4,3	260	19,97	7,98
				259	4,55	1,82	258	9,17	3,66	263	20,69	8,27
					4,49	1,80		9,97	3,98		20,33	8,13
CAL 6	*	285 ml	107	267	3,28	1,31	270	7,38	2,95	265	17,36	6,94
				269	3,24	1,30	268	7,30	2,92	267	17,21	6,88
					3,26	1,31		7,34	2,94		17,29	6,91

Elaborado por: Autora

- * El proveedor no proporcionó el dato de la riqueza de Ca(OH)₂.
- ** Cantidad de agua requerida por cada 1500g de muestra, dato obtenido en la prueba de la mesa de flujo.



Gráfica 2.1: Representación de la resistencia a la compresión a los 3, 7 y 28 días de las diferentes muestras de cal.

Elaborado por: Autora

Considerando el criterio de costo, y las resistencias obtenidas a los 3, 7 y 28 días se eligió a la cal hidratada 2 (ocupa el segundo lugar en cuanto a las mejores resistencias) como materia prima a emplearse en las formulaciones.

Como se mencionó anteriormente como prueba química se realizó el análisis químico en el refractómetro de fluorescencia de Rayos X.

Tabla 2.5 Análisis químico de la cal hidratada 2 en el refractómetro de fluorescencia de Rayos X Bruker S8 Tiger.

Composición	%
CaO	81,87%
SiO ₂	2,13%
MgO	0,74%
SO ₃	0,38%
Al ₂ O ₃	0,32%
Fe ₂ O ₃	0,27%
Na ₂ O	0,26%
P ₂ O ₅	0,11%
SrO	0,11%
CeO ₂	0,09%
TiO ₂	0,05%



Cl	0,03%
CuO	42 PPM
ZrO ₂	29 PPM
SUMA	86,40%

Elaborado por: Autora

Al igual que en el análisis químico del carbonato de calcio, la cal hidratada presenta un elevado valor de porcentaje de óxido de calcio que no coincide con el cálculo estequiométrico, como se mencionó anteriormente, el equipo estaba programado para cumplir con especificaciones internas; pero para este caso no se tiene una referencia de equivalencia de contenido de óxido de calcio para determinar la pureza de la cal.

Según la bibliografía (Calidra, Uso de la Cal en la Construcción, 2016) , la cal hidratada apagada utilizada en mezclas, para que cumpla adecuadamente su función como material cementante debe poseer un contenido mínimo de 80% de Ca(OH)₂, y no debe contener más de un 3% de óxidos remanentes. La Sílice (SO₂) debe estar presente en no más del 2 %, el Hierro y el Aluminio en su forma de óxido (Fe₂O₃ y Al₂O₃) en el 1% máximo; la Magnesia (MgO) en el 1,75%; y el Fósforo (P₂O₅) en 0,20% como máximo (EcuRed, 2017).

El análisis realizado en el RFX con la muestra de cal hidratada 2, permite decir que este material cumple todas las condiciones señaladas en los contenidos de los óxidos, a excepción de la sílice que se encuentra en un 0,013 % en exceso, puede considerarse que posee el 80% de Hidróxido de calcio aprovechable según la ficha técnica del producto, cumpliendo con los requisitos para su uso.

2.1.3 Caracterización del Cemento Blanco

El objetivo de esta prueba fue determinar valores de resistencia a la compresión de las muestras de cemento blanco, permitiendo evaluar las resistencias a los 3, 7 y 28 días. Estos fueron obtenidos de las lecturas de 2 especímenes para 3 días, 2 especímenes para 7 días y 2 especímenes para 28 días.

Para la elección del cemento blanco a utilizarse en la formulación de los empastes, se consideraron principalmente los valores de las resistencias obtenidas y el costo de cada muestra.

Para realizar esta prueba mecánica, se aplicaron las mismas normas usadas en la prueba de resistencia a la compresión para las cales.

Para llevar a cabo esta prueba, se ensayaron con tres muestras de cemento blanco proporcionadas por tres proveedores de las materias primas de Hormicreto, debido a que la empresa realiza este ensayo de resistencia a la compresión como control de calidad de las mismas, no fue necesario realizar esta prueba mecánica con el cemento 1 y 2, necesitando efectuarse únicamente en la muestra de cemento blanco 3. Por esta razón no se obtuvieron datos de la mesa de flujo para cada muestra ni la cantidad de agua requerida como en el caso de las muestras de cal.

Tabla 2.6 Resistencia a la compresión a los 3, 7 y 28 días de las muestras de cemento blanco 1, 2 y 3

Cemento	Resistencia a la compresión (Mpa)		
	3 días	7 días	28 días
1	19,28	21,84	28,06
2	23,07	24,23	34,93
3	36,67	43,21	57,27

Elaborado por: Autora

En base a estos datos, se observó que existe cierta diferencia entre las resistencias obtenidas para cada muestra de cemento, sin embargo, de acuerdo a proformas de la empresa, el cemento que menor costo tiene es el 2 y presenta una resistencia intermedia entre las otras dos muestras, por ello se eligió a este cemento para los ensayos que se realizaron más adelante.



Ilustración 6. Ensayo de resistencia a la compresión de las muestras de cemento 1, 2 y 3.

Fuente: Propia



Como prueba química se realizó el análisis químico en el refractómetro de fluorescencia de Rayos X Bruker S8 Tiger de la empresa Hormicreto.

Tabla 2.7 Análisis químico del cemento blanco 2 en el refractómetro de rayos x.

Composición	%
CaO	62,59%
SiO ₂	18,12%
SO ₃	4,42%
Al ₂ O ₃	4,06%
MgO	0,81%
Fe ₂ O ₃	0,26%
K ₂ O	0,20%
TiO ₂	0,11%
Cs ₂ O	0,09%
SrO	0,04%
ZrO ₂	90 PPM
SUMA	90,70%

Elaborado por: Autora

Para analizar los resultados obtenidos de la muestra de cemento 2 ensayada en el RFX, se tomó como referencia resultados referenciados en la NTE INEN 152:

REQUISITOS NORMALIZADOS: QUÍMICOS

Tabla 2.8 Requisitos normalizados NTE INEN 152

ÍTEM	LÍMITE ESPECIFICADO	RESULTADOS DE ENSAYO
SiO ₂ (%)	A	20,6
Al ₂ O ₃ (%)	6,0 máximo	4,4
Fe ₂ O ₃ (%)	6,0 máximo	3,3
CaO (%)	A	62,9
MgO (%)	6,0 máximo	2,2
SO ₃ (%)	3,0 máximo	3,2
Pérdida por calcinación (%)	3,0 máximo	2,7



Na ₂ O (%)	A	0,19
K ₂ O (%)	A	0,50
Residuo insoluble (%)	0,75 máximo	0,27
CO ₂ (%)	A	1,5
Caliza (%)	5,0 máximo	3,5
CaCO ₃ en caliza (%)	70 mínimo	98
Adición inorgánica de proceso (Escoria granulada de altos hornos, molida)	5,0 máximo	3,0
C ₃ S	A	59
C ₂ S	A	11
C ₃ A	8 máximo	5
C ₄ AF	A	10
C ₄ AF + 2(C ₃ A)	A	20
C ₃ S + 4,75(C ₃ A)	100 máximo	83
*A: No Aplicable		

Fuente: (INEN, 2012)

Comparando los resultados de RFX de la muestra de cemento blanco 2 con los requisitos de la NTE INEN 152, podemos decir que el SO₃ se encuentra con el 1,42% en exceso ya que lo máximo para este compuesto es del 3%; el MgO y Fe₂O₃ se encuentran en porcentajes bajos con respecto a los límites especificados. Entonces el cemento blanco escogido cumple en su mayoría con los requisitos normalizados por ende se puede usar en el desarrollo del producto.

2.2 PRUEBAS PRELIMINARES

En esta parte se detallan las dosificaciones preliminares ensayadas, expresando los componentes y aditivos empleados en cada fórmula como porcentajes. En cada formulación se adicionaron cantidades específicas de cada componente y aditivo, más estas no serán identificadas por su nombre comercial para mantener la confidencialidad asumida con la empresa. El método empleado en el desarrollo de las formulaciones fue el de prueba y error.

La metodología para obtener un empaste monocomponente para exteriores y bicomponente para interiores, de forma experimental se describe a continuación:



- ❖ Se pesan todos los componentes y aditivos en la balanza analítica con la ayuda de espátulas y recipientes plásticos (fundas). A continuación, se procede a mezclar manualmente agitando la mezcla dosificada contenida en una funda plástica. Luego, se mide la cantidad de agua (empaste para exteriores) y/o resina (empaste para interiores) óptima para obtener la consistencia requerida para el empaste. Finalmente, se aplica sobre el sustrato (pared enlucida).

2.2.1 PRUEBAS PRELIMINARES PARA HALLAR LA FORMULACIÓN DEL EMPASTE MONOCOMPONENTE (EXTERIORES).

La fórmula de partida ensayada con las muestras de carbonato de calcio A, B y C; fue proporcionada por uno de los proveedores de las materias primas que la empresa posee. Además, esta fórmula se desarrolló mientras el proveedor valoraba las muestras de carbonato mediante la prueba de absorción de aceite.

Para evaluar el desempeño de estas formulaciones se consideraron dos parámetros: trabajabilidad y cantidad de fisuras, a continuación, se estableció un cuadro de ponderación para ellos:

Tabla 2.9 Tabla de ponderación para la apreciación de trabajabilidad de los empastes formulados

TRABAJABILIDAD		Simbología
Muy Buena	Excelente manejo del empaste y fácil desplazamiento con la llana sobre la superficie	MB
Buena	Buen manejo y desplazamiento del empaste con la llana sobre la superficie	B
Mala	Dificultad al mezclar y aplicar el empaste sobre la superficie	M

Elaborado por: Autora

Tabla 2.10 Tabla de ponderación para la apreciación de fisuras de los empastes formulados

FISURAS	
Muchas	> 20
Pocas	5 – 20
Muy pocas	1 – 5

Elaborado por: Autora



Con una formulación de partida proporcionada por el proveedor de las materias primas de Hormicreto, se utilizaron los carbonatos de calcio B y C de 45µm, la única variante de la fórmula fue en el uso de la celulosa, ya que se utilizó la misma celulosa, pero a diferentes viscosidades.

- Celulosa a₁: baja viscosidad
- Celulosa a₂: mediana viscosidad
- Celulosa a₃: alta viscosidad

Tabla 2.11 Dosificaciones con los carbonatos de calcio B y C.

COMPONENTE	P1B	P1C	P2B	P2C	P3B	P3C
Carbonato de calcio B	87,00%	–	87,00%	–	87,00%	–
Carbonato de calcio C	–	87,00%	–	87,00%	–	87,00%
Cemento blanco 1	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%
Celulosa a₁	1,00%	1,00%	–	–	–	–
Celulosa a₂	–	–	1,00%	1,00%	–	–
Celulosa a₃	–	–	–	–	1,00%	1,00%
Polímero	7,00%	7,00%	7,00%	7,00%	7,00%	7,00%
g. de H₂O	36	40	36	40	36	40
Fisuras	Pocas	Muchas	Pocas	Muchas	Pocas	Muchas
Trabajabilidad	MB	B	MB	B	MB	B

Elaborado por: Autora

Al haber usado la misma dosificación, pero con diferentes carbonatos de calcio, la cantidad de agua empleada en la formulación con el carbonato B es menor que la cantidad de agua usada con el carbonato C; además que los productos obtenidos con el carbonato C, al ser aplicados sobre el sustrato presentaron muchas más fisuras que los obtenidos con el carbonato B (las fisuras en este caso son pocas).

PRUEBAS CON EL CARBONATO DE CALCIO “C”.

Para la empresa las formulaciones ensayadas con el carbonato C eran de gran interés ya que posiblemente sería este carbonato el que Hormicreto compraría para producir y debido a que, en las formulaciones anteriores, los productos obtenidos con el



carbonato C, presentaron demasiadas fisuras, se optó por la utilización de un nuevo aditivo que es la cal.

Tabla 2.12 Dosificaciones con el carbonato de calcio C de 45µm.

COMPONENTE	P4C	P5C	P6C
Carbonato de calcio C	85,00%	85,00%	85,00%
Cemento blanco 1	4,00%	4,00%	4,00%
Celulosa a₁	1,00%	–	–
Celulosa a₂	–	1,00%	–
Celulosa a₃	–	–	1,00%
Polímero	7,00%	7,00%	7,00%
Cal hidratada 1	3,00%	3,00%	3,00%
g. de H₂O	39	39	39
Fisuras	Muchas	Muchas	Muchas
Trabajabilidad	B	B	B

Elaborado por: Autora

Al haber ensayado las pruebas con cal, las fisuras disminuyeron, pero no con los resultados que se esperaban, debido a que estas eran muchas todavía.

El propósito de agregar la cal hidratada fue disminuir las fisuras del producto, debido a que este aditivo posee propiedades excelentes en lo que se refiere a la retención del agua, trabajabilidad, y ofrece un tiempo de fraguado lento. La cal, además de contribuir con sus propiedades cementantes, mejora propiedades del mortero por el alto grado de finura en sus partículas, puesto que al aumentar el porcentaje de retención de agua, facilita su aplicación y disminuye considerablemente la formación de micro-grietas. Para las pruebas a continuación, se realizaron las mismas formulaciones anteriores, pero se aumentó el porcentaje de cal en un 2% más para tratar de disminuir la formación de fisuras.

Tabla 2.13 Dosificaciones con el carbonato de calcio C de 45µm aumentando el porcentaje de cal.

COMPONENTE	P7C	P8C	P9C
Carbonato de calcio C	83,00%	83,00%	83,00%
Cemento blanco 1	4,00%	4,00%	4,00%
Celulosa a₁	1,00%	–	–



Celulosa a₂	–	1,00%	–
Celulosa a₃	–	–	1,00%
Polímero	7,00%	7,00%	7,00%
Cal hidratada 1	5,00%	5,00%	5,00%
g. de H₂O	39	39	39
Fisuras	Muchas	Muchas	Muchas
Trabajabilidad	B	B	B

Elaborado por: Autora

Con las nuevas formulaciones tampoco fue posible evitar que las fisuras continúen apareciendo, por ello se planteó el uso de una fibra de celulosa. Generalmente las fibras son utilizadas donde se quiere un mayor control de la consistencia de las pastas frescas, estas incrementan la flexibilidad y la adherencia, no afecta la relación agua - cemento. La ficha técnica de la fibra a utilizarse recomienda entre el 0,10 - 1 % Base Total.

Tabla 2.14 Dosificaciones con el carbonato de calcio C de 45µm agregando fibra de celulosa al 0,3%; 0,4% y 0,5%.

COMPONENTE	P10C	P11C	P12C
Carbonato de calcio C	82,70%	82,60%	82,50%
Cemento blanco 1	4,00%	4,00%	4,00%
Celulosa a₁	1,00%	–	–
Celulosa a₂	–	1,00%	–
Celulosa a₃	–	–	1,00%
Polímero	7,00%	7,00%	7,00%
Cal hidratada 1	5,00%	5,00%	5,00%
Fibra de celulosa	0,30%	0,40%	0,50%
g. de H₂O	40	40	40
Fisuras	Muchas	Muchas	Muchas
Trabajabilidad	B	B	B

Elaborado por: Autora

Al haberse realizado las pruebas con la fibra de celulosa en los diferentes porcentajes no fue posible evitar la aparición de fisuras en el producto.

También se evidenció que las celulosas (mismo nombre comercial, pero a diferentes viscosidades) utilizadas en las pruebas anteriores, no mostraban diferencias notables



entre ellas en cuanto a trabajabilidad, presencia de fisuras, cantidad de agua empleada. Por ello, para pruebas posteriores se dispuso usar la celulosa identificada como celulosa a₁.

PRUEBAS CON EL CARBONATO DE CALCIO “B”.

Las formulaciones elaboradas con el carbonato B, fueron las mismas que se realizaron anteriormente con el carbonato C, primero se ensayó agregando la cal, y posteriormente con las fibras de celulosa al 0,3; 0,4 y 0,5%.

Tabla 2.15 Dosificaciones con el carbonato de calcio B de 45µm.

COMPONENTE	P4B	P5B	P6B	P7B
Carbonato de calcio B	83,00%	82,70%	82,60%	82,50%
Cemento blanco 1	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%
Celulosa a₁	1,00%	1,00%	–	–
Celulosa a₂	–	–	1,00%	–
Celulosa a₃	–	–	–	1,00%
Polímero	7,00%	7,00%	7,00%	7,00%
Cal hidratada 1	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%
Fibra de celulosa		0,30%	0,40%	0,50%
g. de H₂O	36	36	36	36
Fisuras	Pocas	Pocas	Pocas	Pocas
Trabajabilidad	B	B	B	B

Elaborado por: Autora

Las pruebas realizadas con este carbonato B, nos proporcionaron mejores resultados que el producto obtenido con el carbonato C. Presentan pocas fisuras y pequeñas burbujas de aire, estas apreciaciones se realizaron una vez aplicado el producto sobre el sustrato (placas de cemento). También se observaron pequeñas manchas, casi imperceptibles al haber dejado a la intemperie el producto. Con este carbonato se ocupó 4g menos de agua con respecto a las pruebas realizadas con el carbonato C.

PRUEBAS CON EL CARBONATO DE CALCIO “A”.

Las formulaciones elaboradas con el carbonato A de granulometría de 45µm, fueron las mismas que se realizaron anteriormente con los carbonatos B y C, primero se ensayó agregando la cal, y posteriormente con las fibras de celulosa al 0,3; 0,4 y 0,5%.



Tabla 2.16 Dosificaciones con el carbonato de calcio A de 45µm.

COMPONENTE	P1A	P2A	P3A	P4A
Carbonato de calcio A	83,00%	82,70%	82,60%	82,50%
Cemento blanco 1	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%
Celulosa a₁	1,00%	1,00%	–	–
Celulosa a₂	–	–	1,00%	–
Celulosa a₃	–	–	–	1,00%
Polímero	7,00%	7,00%	7,00%	7,00%
Cal hidratada 1	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%
Fibra de celulosa		0,30%	0,40%	0,50%
g. de H₂O	35	35	35	35
Fisuras	Pocas	Pocas	Pocas	Pocas
Trabajabilidad	B	B	B	B

Elaborado por: Autora

Las pruebas realizadas con este carbonato (A), nos proporcionaron mejores resultados que el producto obtenido con el carbonato C y resultados muy similares a los obtenidos con el carbonato B. En cuanto a las fisuras presentadas, son pocas; exhiben pequeñas burbujas de aire, pero son mínimas, estas apreciaciones se realizaron una vez aplicado el producto sobre las placas de cemento. También con este carbonato se empleó 1g menos de agua con respecto a las pruebas realizadas con el carbonato B y 5g menos de agua que para el carbonato C.

PRUEBAS CON LOS CARBONATOS DE CALCIO “A y B”.

Debido a que, con las pruebas realizadas con el carbonato de calcio C, se obtuvo un producto con muchas fisuras, se procedió a ensayar con los carbonatos de calcio A y B conjuntamente, puesto que los resultados obtenidos con las pruebas realizadas anteriormente, mostraron resultados similares en cuanto a trabajabilidad, aplicabilidad y sobre todo las fisuras presentadas fueron pocas.

Se llevó a cabo una prueba con cada carbonato (A y B), utilizando 4 componentes como son: cemento blanco, celulosa a₁, polímero y cal hidratada. Esta prueba ya se evaluó anteriormente con cada carbonato, pero ahora se la efectuó simultáneamente, para notar diferencias puntuales entre ellas.



Tabla 2.17 Dosificaciones con el carbonato de calcio A y B de 45µm.

COMPONENTE	P5A	P8B
Carbonato de calcio A	83,00%	–
Carbonato de calcio B	–	83,00%
Cemento blanco 1	4,00%	4,00%
Celulosa a ₁	1,00%	1,00%
Polímero	7,00%	7,00%
Cal hidratada 1	5,00%	5,00%
g. de H ₂ O	35	36
Fisuras	Muy Pocas	Muy Pocas
Trabajabilidad	B	B
Observación	El producto presenta consistencia pastosa y firme, buena trabajabilidad y buen desplazamiento con la llana.	

Elaborado por: Autora

No se notaron diferencias puntuales entre los productos obtenidos con el carbonato A y B, lo que principalmente se apreció es el color, el carbonato A presentó un color crema, mientras que, el carbonato B presentó un color blanco. Debido a que el color crema no es intenso esta es una variable que afecta poco el desarrollo de la formulación del empaste.

En lo que se refiere al problema de las fisuras el carbonato A las presenta, pero son casi imperceptibles (muy pocas), mientras que, con el carbonato B, este problema prácticamente es nulo.

A partir de los resultados anteriores, se decidió agregar un nuevo aditivo a la formulación, un espesante, el mismo fue considerado, debido a que uno de los proveedores de las materias primas que la empresa dispone, propuso su uso para mejorar las propiedades del producto como trabajabilidad, tiempo abierto largo, alta rigidez, alto rendimiento, reducción de pegajosidad.



Tabla 2.18 Dosificaciones con el carbonato de calcio A y B de 45µm, agregando el espesante.

COMPONENTE	P6A	P9B	P7A	P10B
Carbonato de calcio A	82,98%	–	82,95%	–
Carbonato de calcio B	–	82,98%	–	82,95%
Cemento blanco 1	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%
Celulosa a₁	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%
Polímero	7,00%	7,00%	7,00%	7,00%
Cal hidratada 1	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%
Espesante	0,02%	0,02%	0,05%	0,05%
g. de H₂O	35	36,5	35	36,5
Fisuras	–	–	–	–
Trabajabilidad	B	B	MB	MB

Elaborado por: Autora

El porcentaje de uso del espesante para las pruebas con cada carbonato fue del 0,02 y 0,05%, este valor fue tomado como referencia de la ficha técnica de dicho aditivo. Las formulaciones ensayadas presentaron una mejor trabajabilidad y lo más importante es que el producto obtenido ya no presentó fisuras.

Ahora, se procedió a efectuar pruebas con el carbonato A y B, con la misma formulación anterior, empleando el 0,05% de espesante, pero se disminuyó el porcentaje de polímero hasta un 5%, esta prueba se realizó con el propósito de no encarecer el precio del producto a desarrollar.

Tabla 2.19 Dosificaciones con el carbonato de calcio A y B de 45µm, disminuyendo el porcentaje de polímero.

COMPONENTE	P8A	P11B
Carbonato de calcio A	84,98%	–
Carbonato de calcio B	–	84,98%
Cemento blanco 1	4,00%	4,00%
Celulosa a₁	1,00%	1,00%
Polímero	5,00%	5,00%
Cal hidratada 1	5,00%	5,00%
Espesante	0,05%	0,05%



g. de H₂O	35	36,5
Fisuras	–	–
Trabajabilidad	MB	MB

Elaborado por: Autora

Al haberse modificado el porcentaje de polímero al 5%, las pruebas realizadas con los dos carbonatos no sufrieron cambios en comparación con las pruebas anteriores, es decir se obtuvo de igual manera muy buena trabajabilidad y no existe presencia de fisuras, pero se decidió mantener el 7% de polímero para garantizar la calidad del producto.

Seguidamente se ensayaron pruebas sustituyendo el espesante por fibra de celulosa en porcentajes del 0,6 y 0,7% con el carbonato A y B, para así apreciar cambios con esta variante en la formulación.

Tabla 2.20 Dosificaciones con el carbonato de calcio A y B de 45µm, agregando fibra de celulosa.

COMPONENTE	P9A	P12B	P10A	P13B
Carbonato de calcio A	82,40%	–	82,30%	–
Carbonato de calcio B	–	82,40%	–	82,30%
Cemento blanco 1	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%
Celulosa a₁	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%
Polímero	7,00%	7,00%	7,00%	7,00%
Cal hidratada 1	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%
Fibra de celulosa	0,06%	0,06%	0,07%	0,07%
g. de H₂O	35,5	36,5	35,5	37
Fisuras	–	–	–	–
Trabajabilidad	MB	MB	MB	MB

Elaborado por: Autora

Se compararon los productos obtenidos con las formulaciones ensayadas, tanto con el espesante y la fibra de celulosa, los cambios apreciados se establecen principalmente en la trabajabilidad, puesto que las pruebas realizadas con el espesante ofrecen mejor trabajabilidad, desplazamiento con la llana y la cantidad de agua empleada para las dos variables es similar.



Luego se realizaron pruebas con la formulación que tiene el espesante, este aditivo se utilizó en un porcentaje del 0,02%. Se ensayaron dosificaciones con el carbonato A y B, pero para estos ensayos se variaron dos componentes, el cemento blanco y la cal hidratada, para el cemento blanco se probaron con 2 nuevos proveedores, y se los identificó como cemento blanco 2 y cemento blanco 3; mientras que para la cal hidratada se ensayó con un nuevo proveedor, identificándola como cal hidratada 2.

El propósito de la empresa al adquirir estas dos materias primas de nuevos proveedores es tratar de obtener un producto (empaste) más competitivo en el mercado.



Tabla 2.21 Dosificaciones con el carbonato de calcio A y B de 45µm con muestras de cemento blanco 1, 2, 3 y cal hidratada 1, 2.

COMPONENTE	P11A	P14B	P12A	P15B	P13A	P16B	P14A	P17B	P15A	P18B
Carbonato de calcio A	82,98%	–	82,98%	–	82,98%	–	82,98%	–	82,98%	–
Carbonato de calcio B	–	82,98%	–	82,98%	–	82,98%	–	82,98%	–	82,98%
Cemento blanco 1	4,00%	4,00%	–	–	–	–	–	–	–	–
Cemento blanco 2	–	–	4,00%	4,00%	–	–	–	–	–	–
Cemento blanco 3	–	–	–	–	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%
Celulosa a1	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%
Polímero	7,00%	7,00%	7,00%	7,00%	7,00%	7,00%	7,00%	7,00%	7,00%	7,00%
Cal hidratada 1	–	–	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	–	–	–	–
Cal hidratada 2	5,00%	5,00%	–	–	–	–	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%
Espesante	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
g. de H₂O	35,0	36,5	35,0	36,5	35,0	36,5	35,0	36,5	35,0	36,5
Fisuras	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Trabajabilidad	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB

Elaborado por: Autora



Las pruebas realizadas con las diferentes cales y cementos, tanto para el carbonato A y B, no presentaron diferencias entre ellos, ya que para todos los casos se obtuvo un producto pastoso, trabajable, de fácil aplicación y se utilizó la misma cantidad de agua. Para la elección de la cal hidratada y cemento blanco a utilizar para posteriores pruebas, como se mencionó anteriormente se consideró principalmente el costo de estas materias primas. Para las muestras de cemento blanco y cal hidratada, se analizaron los datos de la resistencia a la compresión, y como ya se indicó con anterioridad se escogieron la cal hidratada 2 y el cemento blanco 2.



CAPÍTULO 3: FORMULACIONES

Todas las pruebas realizadas inicialmente se formularon para un empaste para paredes exteriores, además como se mencionó con anterioridad la fórmula con la que se ensayaron los carbonatos A, B y C fue proporcionada por uno de los proveedores de las materias primas de la empresa, dicha fórmula fue una guía para observar el comportamiento de cada carbonato en la formulación del producto. Estos ensayos se realizaron mientras se esperaba la dosificación de partida basada en los resultados de la prueba de absorción de aceite de los carbonatos de calcio que se enviaron a realizar en el laboratorio de uno de los proveedores. Este proveedor proporcionó los resultados obtenidos y además una fórmula de partida con el mejor carbonato para el desarrollo del empaste, que es el carbonato de calcio A.

Al igual que en las pruebas preliminares, el método empleado en el desarrollo de las formulaciones fue el de prueba y error, evaluando el desempeño de las mismas con pruebas físicas y mecánicas obtenidas de fichas técnicas de productos de la competencia y también pruebas proporcionadas por el proveedor de la empresa Hormicroto, éstas son: pH, lijabilidad, prueba de endurecimiento, permeabilidad de la superficie, rendimiento, fraguado y contenido de aire, los resultados de las mismas fueron comparadas con el comportamiento de los mejores productos de la competencia. Una vez evaluadas las formulaciones con las pruebas físicas y mecánicas, se eligieron 2 fórmulas para el empaste en paredes exteriores y una fórmula para el empaste en paredes interiores.

3.1 PRUEBAS A USARSE PARA EVALUAR EL DESEMPEÑO DE LOS EMPASTES

A continuación, se detallan las pruebas proporcionadas por el proveedor de la empresa y pruebas obtenidas de manuales técnicos de los productos de la competencia, de acuerdo a normas y especificaciones establecidas.

PRUEBAS MECÁNICAS: Fraguado y contenido de aire.

Entre las **PRUEBAS FÍSICAS** de aplicación que el proveedor de la empresa proporcionó en base a su experiencia en prueba y error con este tipo de productos y en base a las fichas técnicas tenemos: pH, lijabilidad, prueba de endurecimiento, permeabilidad de la superficie (absorción de agua) y rendimiento.



Los procedimientos de las pruebas mencionadas anteriormente se basaron en normas relacionadas con el cemento hidráulico y morteros de la construcción, las normas aplicadas son:

PRUEBAS MECÁNICAS

- NTE INEN 159:2010: CEMENTO HIDRÁULICO. DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO DE PASTA DE CEMENTO HIDRÁULICO. MÉTODO DE LAS AGUJAS DE GILLMORE.

Fraguado: Esta prueba es importante porque permite determinar el tiempo de secado del producto, nos da idea de un tiempo adecuado de curado del empaste sobre la superficie.

- NTE INEN 195:2009 CEMENTO HIDRÁULICO. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE EN MORTEROS.

Contenido de aire: Es importante realizar este ensayo para determinar el máximo contenido de aire en los empastes, lo cual permite obtener una mezcla homogénea del producto y evitar la formación de espacios o burbujas de aire durante su aplicación.

- NTE INEN 2 502:2009 CEMENTO HIDRÁULICO. DETERMINACIÓN DEL FLUJO EN MORTEROS.

PRUEBAS FÍSICAS

Prueba de endurecimiento:

Lo que se pretende con este ensayo es estimar un tiempo de secado parcial y total del producto una vez que haya sido aplicado sobre la superficie. El procedimiento de este ensayo se encuentra en el anexo 4.

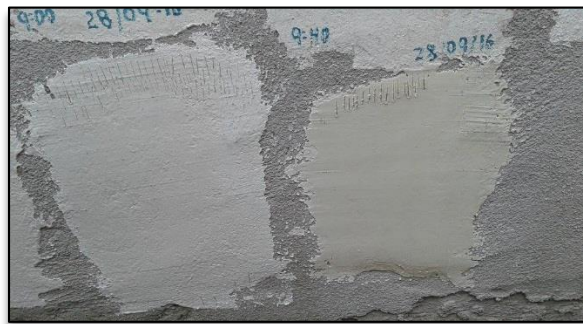


Ilustración 7. Prueba de endurecimiento sobre el sustrato

Fuente: Propia



Prueba de permeabilidad de la superficie (absorción de agua):

Permite evaluar la resistencia a la absorción del agua en baja presión de los empastes aplicados sobre la superficie. Se aplica una columna de agua sobre el material mediante un tubo graduado, y se mide el agua que penetra en el material a lo largo del tiempo.

La porosidad superficial se determina in situ con la ayuda de un tubo de absorción, se encuentra disponible en dos diseños, para ensayos en superficies horizontales y verticales; y es adecuada tanto para su uso en la propia obra como en el laboratorio.

La tubería consiste en un tubo graduado hasta 5 centímetros. El agua absorbida por el material puede ser cuantificado como el nivel de agua en el tubo que disminuye después de 5, 10 y 15 minutos.

Se ejercerá sobre la superficie del sustrato una presión que equivale al efecto de intensidad de lluvia acompañada de vientos cuya velocidad es posible calcular empleando la siguiente fórmula:

$$v = (1600 * Q) * 0,5$$

Donde:

V= velocidad del viento (m/s)

Q= Caudal (cm³/s)

En la cual, la presión se expresa en KN/m² considerando que 1cm de altura de columna de agua corresponde a una presión de 0,098 KN/m².

El Tubo Karsten empleado para el desarrollo de este trabajo de titulación es el diseñado para superficies horizontales, el cual se utiliza casi exclusivamente en el laboratorio. Para este ensayo (Sabá, 2006) recomienda tomar como referencia la altura de columna de agua de 5 cm y la velocidad correspondiente a la misma. Ver tabla a continuación:

Tabla 3.22 Relaciones velocidad del viento – altura en columna de agua para el ensayo Karsten

Velocidad del viento (Km/h)	Altura de columna de agua (cm)
50	2
100	5
140	9,5

Fuente: (Sabá, 2006)

De acuerdo a lo arriba indicado, el grado de permeabilidad se calculó tomando los valores del coeficiente de absorción de agua a (WAC) a los 5, 10 y 15 minutos usando la siguiente expresión:

WAC 5'= Coeficiente de absorción de agua a los 5 minutos



WAC 10'= Coeficiente de absorción de agua a los 10 minutos

WAC 15'= Coeficiente de absorción de agua a los 15 minutos

$$WAC = WAC 15' - WAC 5'$$

A continuación, se estima un grado de permeabilidad en función del agua que penetra en 10 minutos según la siguiente tabla:

Tabla 3.23 Estimación del grado de permeabilidad en función del agua

Penetración en cm ³ en 10 minutos	Estimación
Más de 3,0	Permeabilidad muy alta
De 2,4 a 3,0	Permeabilidad Alta
De 1,0 a 2,4	Mediana Permeabilidad
De 0,4 a 1,0	Baja permeabilidad
De 0,2 a 0,4	Impermeabilidad Relativa
De 0,1 a 0,2	Impermeable
Menos de 0,1	Sin Actividad Capilar

Fuente: (Wagner, 2016)



Ilustración 8. Permeabilidad de la superficie (absorción del agua) sobre el sustrato

Fuente: Propia

Además de la prueba estándar se consideró importante ver qué pasa con la permeabilidad en un tiempo más prolongado por lo que se decidió dejar la probeta sobre la superficie del producto por un tiempo de 8 horas para el empaste monocomponente (exteriores), y para el empaste bicomponente (interiores) se mantuvo la probeta sobre la superficie del producto por 5 horas, a fin de observar los resultados en estos tiempos comparándolos en iguales condiciones con los productos de la competencia.

Prueba de PH:

Los empastes usados para exteriores generalmente son alcalinos y los de interiores tienden a un pH neutro, por lo que es necesario controlar este parámetro en los empastes formulados.

Para realizar este ensayo se utilizaron las tiras medidoras de pH, las mismas permitieron conocer el valor de pH de los productos (empastes) gracias a su escala de 14 en la que el 7 se considera pH neutro. El procedimiento de este ensayo se encuentra en el anexo 7.



Ilustración 9. Prueba de pH

Fuente: Propia

Prueba de Lijabilidad:

Debido que el empaste es un recubrimiento arquitectónico que le da un excelente acabado a la superficie, con frecuencia es necesario lijar el empaste seco para conseguir un mejor acabado estético y decorativo eliminando ciertas imperfecciones que se presentan luego de su aplicación. Para esta prueba debe usarse una lija de agua, ya que es muy fina y no dañará el terminado (rayándolo) final del producto aplicado sobre el sustrato. Para ello, después de 48 horas de aplicado el producto sobre el sustrato (pared), se da una lijada superficial sobre el mismo.



Ilustración 10. Prueba de Lijabilidad

Fuente: Propia

Rendimiento:

Este es un dato importante, porque la eficiencia en su rendimiento está directamente relacionada con su competitividad en el mercado.



El rendimiento de los productos formulados (empaste interiores y empaste exteriores) se lo determinó mediante la aplicación en campo, los datos obtenidos se presentarán más adelante.

3.2 ENSAYOS PARA HALLAR LA FORMULACIÓN DEL EMPASTE PARA PAREDES EXTERIORES

Para llevar a cabo los ensayos de las formulaciones para el empaste en paredes exteriores se partió de la fórmula enviada por el proveedor de las materias primas que Hormicreto posee luego de haber realizado la prueba de absorción de aceite para las muestras de carbonato de calcio.

Para la evaluación de la fórmula enviada, el proveedor señaló ciertas consideraciones, una de ellas es que debido a la diferencia de humedad que existe entre la ciudad de Cuenca y Guayaquil, es posible que la formulación seque muy rápido o presente ligeros agrietamientos, pero que esto se soluciona incrementando el porcentaje de celulosa, para así mantener mayor agua encapsulada. Otra consideración es que dicha formulación está basada en sus propias pruebas de laboratorio y experiencia, además que para asegurar su uso final es necesario realizar ensayos propios de la empresa, de acuerdo a normas y especificaciones establecidas por la misma.

En base a lo expuesto anteriormente, se procedió a ensayar la fórmula enviada, pero antes se apreció que la fórmula actual coincide en gran medida con los componentes y aditivos formulados en las pruebas preliminares a excepción de tres aditivos como son: inclusor de aire, un agente hidrofugante y talco. El aditivo denominado celulosa, fue modificado por uno de viscosidad media, el mismo fue identificado como celulosa b₁, esta variación se realizó debido a la sugerencia dada por el proveedor. El resto de componentes a emplearse fueron elegidos por la empresa Hormicreto, en base a los ensayos realizados con anterioridad.

Tabla 3.24 Empaste monocomponente (paredes exteriores): fórmula de partida

COMPONENTE	Ex-1
Carbonato de calcio A	70,45%
Cal hidratada 2	4,97%
Espesante	0,09%
Inclusor de aire	0,01%
Celulosa b ₁	0,10%



Polímero	6,94%
Agente hidrofugante	0,50%
Cemento blanco 2	7,00%
Talco	9,94%
TOTAL	100,00%
g. de H₂O	35,50
Fisuras	Pocas
Trabajabilidad	B

Elaborado por: Autora

La fórmula ensayada presentó resultados favorables y no favorables, ya que se obtuvo una buena trabajabilidad, se consiguió un buen desplazamiento con la llana, pero se presentaron fisuras. La cantidad de agua empleada en la formulación, 35,5 gramos; fue adicionada, asumiendo que esa sería la consistencia apropiada del empaste. Las fisuras se presentaron posiblemente debido a que la cantidad de celulosa es baja, del 0,1%. Cabe recalcar que el proveedor mencionó que esto podría ocurrir, posiblemente debido a que la formulación seque muy rápido, pero que esto se solucionaba incrementando el porcentaje de celulosa, para así mantener mayor agua encapsulada. Inmediatamente se le informó al proveedor sobre el problema suscitado, y pronto se recibió una respuesta con la fórmula modificada, la cual tenía el 1,10% de celulosa.

Tabla 3.25 Empaste monocomponente (paredes exteriores): fórmula con 1,10% de celulosa

COMPONENTE	Ex-2
Carbonato de calcio A	69,51%
Cal hidratada 2	4,97%
Espesante	0,09%
Inclusor de aire	0,01%
Celulosa b₁	1,10%
Polímero	6,94%
Agente hidrofugante	0,50%
Cemento blanco 2	7,00%
Talco	9,94%
TOTAL	100,00%



g. de H₂O	37,00
Fisuras	Muy pocas
Trabajabilidad	MB

Elaborado por: Autora

Para la formula Ex-2 se emplearon 37 gramos de agua, asumiendo que esa sería la consistencia apropiada del empaste, se presentaron muy pocas fisuras, se obtuvo un producto de muy buena trabajabilidad y buen desplazamiento con la llana, pero el inconveniente que se encontró, es que el porcentaje de celulosa (1,10%), era alto y por ende encarecía el precio del producto final. Por esta razón se realizaron pruebas, modificando el porcentaje de celulosa al 0,3; 0,4 y 0,5%.

Tabla 3.26 Empaste monocomponente (paredes exteriores): fórmulas con el 0,3; 0,4 y 0,5% celulosa

COMPONENTE	Ex-3	Ex-4	Ex-5
Carbonato de calcio A	70,32%	70,22%	70,12%
Cal hidratada 2	4,97%	4,97%	4,97%
Espesante	0,09%	0,09%	0,09%
Inclusor de aire	0,01%	0,01%	0,01%
Celulosa b₁	0,30%	0,40%	0,50%
Polímero	6,94%	6,94%	6,94%
Agente hidrofugante	0,50%	0,50%	0,50%
Cemento blanco 2	7,00%	7,00%	7,00%
Talco	9,94%	9,94%	9,94%
TOTAL	100,00%	100,00%	100,00%
g. de H₂O	37,00	37,00	37,00
Fisuras	Pocas	Pocas	Pocas
Trabajabilidad	MB	MB	MB

Elaborado por: Autora

Al modificar el porcentaje de celulosa, las formulaciones Ex-3, Ex-4 y Ex-5 presentaron resultados de muy buena trabajabilidad, buen desplazamiento con la llana, pero con presencia de pocas micro fisuras. Por esta razón, se solicitó la visita del proveedor a la empresa para aclarar inquietudes sobre el producto. Nos indicó cual sería la cantidad de agua necesaria para obtener la consistencia apropiada de la fórmula que tenía el 1,10% de celulosa.



Para ello, se pesaron 100 gramos del producto, se midió 37 ml de agua y se mezcló hasta obtener una pasta homogénea, pero la consistencia obtenida no era la apropiada para el proveedor en base a su experiencia, fue entonces que se empezó a añadir mililitro a mililitro de agua hasta conseguir la consistencia óptima, lo cual se consiguió con 44 ml de H₂O. Con esta cantidad de agua se obtuvo una pasta muy trabajable, un buen desplazamiento con la llana y una excelente aplicación sobre la superficie. Pero una vez aplicado el empaste, al haber transcurrido 35 minutos desde su aplicación se presentaron pocas fisuras.

Tabla 3.27 Empaste monocomponente (paredes exteriores): fórmula con la cantidad de H₂O necesaria para obtener la consistencia óptima del empaste.

COMPONENTE	Ex-6
Carbonato de calcio A	69,51%
Cal hidratada 2	4,97%
Espesante	0,09%
Inclisor de aire	0,01%
Celulosa b ₁	1,10%
Polímero	6,94%
Agente hidrofugante	0,50%
Cemento blanco 2	6,94%
Talco	9,94%
TOTAL	100,00%
g. de H₂O	44,00
Fisuras	Pocas
Trabajabilidad	MB

Elaborado por: Autora

Las recomendaciones dadas por el proveedor para mejorar este problema fueron: utilizar una celulosa de menor viscosidad para mejorar el proceso de fraguado, o una celulosa de mediana viscosidad.

Esta formulación se ensayó con este carbonato de calcio hasta aquí, en vista de que Hormicroto planea producir su propio carbonato, como se mencionó en el capítulo 2 (caracterización de carbonatos) se procedió a probar el carbonato D que requirió molerse hasta obtener la granulometría de 45 µm.



PRUEBAS CON EL CARBONATO DE CALCIO “D” DE 45µm.

Tabla 3.28 Empaste monocomponente (paredes exteriores): fórmulas usando el carbonato de calcio D.

COMPONENTE	Ex-7	Ex-8	Ex-9
Carbonato de calcio D	69,51%	69,42%	69,42%
Cal hidratada 2	4,97%	6,00%	7,00%
Espesante	0,09%	0,09%	0,09%
Inclisor de aire	0,01%	0,01%	0,01%
Celulosa b₁	1,10%	1,10%	1,10%
Polímero	6,94%	6,94%	6,94%
Agente hidrofugante	0,50%	0,50%	0,50%
Cemento blanco 2	6,94%	6,00%	5,00%
Talco	9,94%	9,94%	9,94%
TOTAL	100,00%	100,00%	100,00%
g. de H₂O	50,00	55,00	55,00
Fisuras	Muchas	Muchas	Muchas
Trabajabilidad	MB	MB	MB

Elaborado por: Autora

La formulación Ex-7 con el carbonato de calcio D requirió de 50 ml de H₂O para obtener la consistencia óptima. Se obtuvo una mezcla pastosa de excelente trabajabilidad, un fácil desplazamiento y aplicación con la llana, pero a los 35 minutos de su aplicación sobre el sustrato se aprecian claramente las fisuras en húmedo. Para tratar de corregir este problema, se aumentó el porcentaje de cal a un 6% y 7% y se disminuyó el cemento blanco a un 6% y 5%. A pesar de haber realizado estas variaciones correspondientes a las formulaciones Ex-8 y Ex-9, las fisuras continuaban presentes, por ello se ensayó una formulación aumentando el porcentaje de cal a un 9% y manteniendo el porcentaje de cemento blanco al 5%.

Tabla 3.29 Empaste monocomponente: fórmula usando el carbonato de calcio D.

COMPONENTE	Ex-10
Carbonato de calcio D	67,42%
Cal hidratada 2	9,00%
Espesante	0,09%



Inclisor de aire	0,01%
Celulosa b₁	1,10%
Polímero	6,94%
Agente hidrofugante	0,50%
Cemento blanco 2	5,00%
Talco	9,94%
TOTAL	100,00%
g. de H₂O	56,00
Fisuras	Muchas
Trabajabilidad	MB

Elaborado por: Autora

Posee las mismas características de las fórmulas ensayadas anteriormente, incluyendo la presencia de fisuras, pero se utilizó 1 ml más de agua para obtener la consistencia óptima.

Con todos los ensayos realizados en pruebas preliminares y los ejecutados con la formulación enviada por el proveedor de las materias primas, independientemente del carbonato utilizado, se han apreciado la presencia de fisuras del producto aplicado sobre la superficie (pared). Por esta razón se tomó la decisión de ensayar con una nueva fórmula (basada en la definición de empaste y los componentes que debería tener: carbonato, cemento, celulosa, polímero y agua/resina), y es muy similar a la fórmula inicial ensayada en las pruebas preliminares. En esta nueva formulación se mantuvieron los componentes principales (carbonato de calcio, cemento blanco) a excepción de la cal, se añadieron aditivos (súper-plastificante) a la dosificación del empaste con el objetivo de obtener un producto con características similares o mejores al producto de la competencia con el que estamos comparándonos tanto en trabajabilidad, consistencia óptima y cantidad de agua requerida para que ya no ocurra el problema de fisuras que se han venido presentando. Para estas nuevas formulaciones se continuó usando el carbonato de calcio “D” de 45µm, además la celulosa que se estaba usando para las últimas formulaciones (celulosa b₁) fue reemplazada por una nueva celulosa (celulosa c₁) de similares características a la celulosa b₁, este cambio se dio porque la celulosa b₁ es un producto importado y por ende costoso, por ello la empresa dejó de comprarla y adquirió la celulosa c₁ que es un producto de fácil adquisición y menos costoso.



Tabla 3.30 Empaste monocomponente (paredes exteriores): fórmulas basadas en la definición de empaste, usando el carbonato de calcio D.

COMPONENTE	Ex-11	Ex-12
Carbonato de calcio D	94,74%	94,68%
Cemento blanco 2	5,00%	5,00%
Celulosa c₁	0,25%	0,30%
Superplastificante	0,012%	0,012%
TOTAL	100,00%	100,00%
g. de H₂O	50,00	50,00
Fisuras	Pocas	Pocas
Trabajabilidad	MB	MB

Elaborado por: Autora

Con cada una de estas formulaciones se obtuvo un empaste trabajable pero no igual al del producto de la competencia, además secaba mucho más rápido una vez aplicado sobre la superficie, presentó micro fisuras, no se mostró resistencia y se desprendía con facilidad del sustrato. Se emplearon 6 ml más de H₂O que el que requiere el producto de la competencia (44 ml). Por ello, se aumentó el porcentaje del superplastificante a un 0,013% y se añadió el componente polímero en un porcentaje del 3% para darle la propiedad de resistencia y dureza.

Tabla 3.31 Empaste monocomponente (paredes exteriores): fórmulas usando el carbonato de calcio D.

COMPONENTE	Ex-13	Ex-14
Carbonato de calcio D	91,68%	86,62%
Cemento blanco 2	5,00%	10,00%
Celulosa c₁	0,30%	0,35%
Superplastificante	0,013%	0,026%
Polímero	3,00%	3,00%
TOTAL	100,00%	100,00%
g. de H₂O	50,00	49,00
Fisuras	–	–
Trabajabilidad	MB	MB

Elaborado por: Autora



Al añadir el polímero a la formulación el empaste mejoró notablemente, ya no se desprendía del sustrato y no presentaba fisuras, pero si secaba más rápido que el producto de la competencia. Por ello se aumentó el porcentaje de celulosa c_1 al 0,35%, el porcentaje del superplastificante al 0,026% y el porcentaje de cemento al 10%. Con esta dosificación Ex-14 el producto obtenido presentaba características muy similares al producto de la competencia, muy buena trabajabilidad, buen desplazamiento y aplicación con la llana, y sobre todo ya no secaba tan rápido como las formulaciones anteriores y por ende ya no existía la formación de fisuras.

Las dosificaciones con el carbonato de calcio “D” de 45 μm concluyeron hasta aquí, debido a que no se sabía con certeza cuando se iniciaría la producción del mismo en la empresa, y además se requería la formulación del producto final como uno de los desarrollos de la empresa, por ello se retomaron los ensayos de formulación con el carbonato de calcio “A”, que fue el mejor según la prueba de absorción de aceite, pero la granulometría requerida ahora fue de 75 μm para reducir aún más la cantidad de agua. Se partió de la última prueba ensayada con el carbonato de calcio “D” de 45 μm .

PRUEBAS CON EL CARBONATO DE CALCIO “A” DE 75 μm .

Tabla 3.32 Empaste monocomponente (paredes exteriores): fórmula usando el carbonato de calcio A de 75 μm .

COMPONENTE	Ex-15
Carbonato de calcio A	86,62%
Cemento blanco 2	10,00%
Celulosa c_1	0,35%
Superplastificante	0,026%
Polímero	3,00%
TOTAL	100,00%
g. de H ₂ O	40,00
Fisuras	—
Trabajabilidad	MB

Elaborado por: Autora

Con esta formulación se obtuvo un buen producto con características similares al del producto de la competencia, no se presentaron fisuras, no se desprendía de la superficie, pero el tiempo de vida en recipiente fue menor al producto patrón. Por esta razón se



ensayaron formulaciones aumentando el porcentaje de celulosa c_1 a 0,40%; 0,45% y 0,49%, el porcentaje de polímero a 3,20% y el porcentaje del superplastificante al 0,047%.

Adicional a esto se consideró una sugerencia del proveedor de la empresa, el cual recomendó ocupar un porcentaje del 18% al 20% de cemento blanco para proporcionar una buena resistencia y dureza al producto, ya que el mismo estará expuesto a la intemperie.

Tabla 3.33 Empaste monocomponente (paredes exteriores): fórmula usando el carbonato de calcio A de 75 μ m.

COMPONENTE	Ex-16	Ex-17	Ex-18
Carbonato de calcio A	78,353%	78,303%	78,263%
Cemento blanco 2	18,00%	18,00%	18,00%
Celulosa c_1	0,40%	0,45%	0,49%
Superplastificante	0,047%	0,047%	0,047%
Polímero	3,20%	3,20%	3,20%
TOTAL	100,00%	100,00%	100,00%
g. de H₂O	45,00	47,00	47,00
Fisuras	–	–	–
Trabajabilidad	MB	MB	MB

Elaborado por: Autora

Con cada una de las dosificaciones: **Ex-16**, **Ex-17** y **Ex-18**, se obtuvo un producto mejor al producto de la competencia, en cuanto a trabajabilidad, consistencia óptima, desplazamiento y aplicación con la llana, además la cantidad de agua empleada es la misma que el producto de la competencia. El tiempo de vida en recipiente es muy similar al producto tomado como patrón. Lo más importante es que no presentaron fisuras. En base a pruebas realizadas a cada formulación, se eligieron 2 de ellas (identificadas como Ex-16 y Ex-17) para llevar a cabo las pruebas de campo, pero para ello, se adicionaron dos aditivos para mejorar las características del producto, ya que el mismo estará expuesto a la intemperie (lluvia, sol, viento). Estos aditivos son el espesante en un 0,04% y un agente hidrofugante al 0,2%. Las fórmulas definitivas para la aplicación en campo se identificaron como Ex-19 y Ex-20.



Tabla 3.34 Empaste monocomponente (paredes exteriores): fórmulas para la aplicación en campo.

COMPONENTE	Ex-19	Ex-20
Carbonato de calcio “A” (75µm)	78,113%	78,063%
Cemento blanco 2	18,00%	18,00%
Celulosa c ₁	0,40%	0,45%
Superplastificante	0,047%	0,047%
Polímero	3,20%	3,20%
Espesante	0,04%	0,04%
Agente hidrofugante	0,20%	0,20%
TOTAL	100,00%	100,00%
g. de H ₂ O	46,00	47,00
Fisuras	–	–
Trabajabilidad	MB	MB

Elaborado por: Autora

3.3 ENSAYOS PARA HALLAR LA FORMULACIÓN DEL EMPASTE PARA PAREDES INTERIORES.

Para el desarrollo del empaste en paredes interiores, se partió de una formulación con menos componentes y aditivos que el empaste para exteriores debido a que este no requiere propiedades que lo protejan contra la intemperie, pero esto no quiere decir que no deberá ser un producto de calidad. El desarrollo de este empaste se ensayó inicialmente con el carbonato de calcio “D” de 45 µm, los componentes y aditivos usados son algunos de los elegidos en la formulación para paredes exteriores. En unos casos se utilizó agua y en otros resina.

Para medir los parámetros de trabajabilidad y la presencia de fisuras se tomó como referencia las tablas de ponderación 2.9 y 2.10 respectivamente.



Tabla 3.35 Empaste bicomponente (paredes interiores): fórmulas usando el carbonato de calcio D.

COMPONENTE	In-1	In-2	In-3	In-4
Carbonato de calcio D	92,48%	92,48%	91,48%	91,48%
Celulosa c ₁	0,50%	0,50%	0,35%	0,35%
Cal hidratada 2	7,00%	7,00%	7,00%	7,00%
Polímero	–	–	1,00%	1,00%
Espesante	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
TOTAL	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
ml de H ₂ O	58,00	–	60,00	–
ml de resina 1	–	60,00	–	–
ml de resina 2	–	–	–	65,00
Fisuras	–	Muchas	–	Muchas
Trabajabilidad	MB	MB	MB	MB

Elaborado por: Autora

In-1: Esta formulación aplicada sobre una superficie limpia y lijada, no presentó fisuras, pero se desprendía fácilmente, es decir demanda de resistencia y dureza. Por este motivo se ensayó la misma fórmula, pero con resina acrílica (resina 1) como líquido de mezcla.

La formulación **In-2** luego de 30 minutos de haberse aplicado sobre la superficie presentó muchas fisuras, pero se apreció una mayor resistencia y dureza del producto. Además, la cantidad de resina acrílica 1 empleada es mucho mayor que la cantidad de resina acrílica empleada para el empaste de la competencia en paredes interiores. Debido a la presencia de fisuras se realizaron formulaciones añadiendo 1% de polímero, para tratar de corregir este problema.

La formulación **In-3** luego de haber sido aplicada sobre el sustrato no presentó fisuras, pero al igual que en la formulación anterior en la que se empleó agua como líquido de mezclado, el empaste requiere de dureza, por ello se probó con una nueva resina acrílica, denominada resina 2.

La formulación **In-4** presentó problemas de agrietamientos mayores a los de la formulación **In-2**. Además, se notó que todas las formulaciones ensayadas con la cal hidratada, presentaron una consistencia más pegajosa y se empleó mayor cantidad de



resina que el producto de la competencia para interiores, por ello, se decidió disminuir el porcentaje de celulosa al 0,22%, quitar la cal hidratada y el polímero de la formulación.

Debido a que la empresa requirió de un empaste bicomponente (polvo + resina líquida), pero el problema de fisuras se presentó en las formulaciones que emplean resina como líquido de mezclado, se decidió realizar nuevas dosificaciones con dos nuevas resinas acrílicas, denominadas resinas 3 y 4 respectivamente.

Resina acrílica 3

La resina acrílica 3 fue formulada y preparada de acuerdo al rango de porcentajes de la tabla 3.36, esta dosificación fue proporcionada por el técnico de la empresa Hormicroto, quien indicó que cada uno de los componentes especificados en la formulación son importantes para obtener una resina de buena calidad, es así que *los dispersantes y humectantes* posibilitan una correcta dispersión y estabilización de la mezcla, estos aditivos reducen la viscosidad aparente y mejoran las propiedades reológicas (Hernandez & Ortiz, 2017). *Los antiespumantes* evitan la formación de espuma, la cual aparece durante la agitación mientras se está preparando la lechada de la resina (Hernandez & Ortiz, 2017). *Los bactericidas* inhiben el desarrollo y el crecimiento de bacterias y hongos en el interior de la superficie del hormigón, mortero o recubrimientos arquitectónicos que pueden presentarse por la presencia de humedad, polvo, la presencia de luz, etc. (Calvo, Bactericidas).

Tabla 3.36 Empaste bicomponente (paredes interiores): dosificación de la resina líquida 3

Resina 3	
COMPONENTE	%
Resina líquida 3	20,00-25,00
Humectante	0,10-0,30
Bactericida	0,10-0,30
Antiespumante	0,02-0,05
Dispersante	0,20-0,40
Agua	75,00-78,00

Elaborado por: Autora

Si bien se ensayaron cuatro formulaciones con la resina acrílica 3 y cuatro formulaciones con la resina acrílica 4, las mismas no se detallan para mantener confidencialidad asumida con la empresa. Debido al elevado precio de la resina 3 se decidió trabajar sólo con la



resina acrílica 4. Las dosificaciones ensayadas con esta resina acrílica 4 fueron las mismas que se ensayaron con la resina acrílica 3, dentro de los mismos rangos de porcentaje para cada componente (Ver tabla 3.36). Estas formulaciones de resina fueron preparadas y empleadas como líquido de mezclado con la formulación de polvo del empaste para interiores:

Tabla 3.37 Empaste bicomponente - paredes interiores.

COMPONENTE	In-5
Carbonato de calcio D	99,74%
Celulosa c ₁	0,22%
Espesante	0,02%
TOTAL	100,00%
ml de resina 4	34
Fisuras	–
Trabajabilidad	MB

Elaborado por: Autora

Los resultados obtenidos con la formulación **In-5** fueron similares a los del producto patrón en cuanto a trabajabilidad, desplazamiento con la llana y no se presentaron fisuras, además se empleó menor cantidad de resina que la se utilizó en el producto de la competencia. A partir de esta formulación se ensayó con el carbonato de calcio “A” de 75 µm.

Tabla 3.38 Empaste bicomponente (paredes interiores): fórmulas evaluadas con el carbonato de calcio A de 75 µm

COMPONENTE	In-6	In-7
Carbonato de calcio A	99,74%	98,74%
Celulosa c ₁	0,22%	0,22%
Cemento blanco 2	–	1,00%
Espesante	0,02%	0,02%
TOTAL	100,00%	100,00%
ml de resina 4	34,00	34,00
Fisuras	–	–
Trabajabilidad	MB	MB

Elaborado por: Autora



El producto obtenido con la formulación **In-6** no presentó fisuras, se obtuvo una consistencia óptima con 34 ml de resina, buena trabajabilidad (pero no igual al del producto de la competencia, es inferior), buen desplazamiento y aplicación con la llana. Por ello se ensayó con la formulación **In-7** agregando 1% de cemento blanco. Con esta formulación se obtuvo un buen producto, pero el cemento hace que fragüe más rápido y por ende seque más rápidamente, reduciéndose el tiempo de vida en recipiente. En base a ello, se decidió aplicar en campo la fórmula **In-6**.

La formulación **In-6** fue modificada, agregándose el componente polímero al 0,3%, para darle un mejor deslizamiento y aplicación con la llana, ya que es lo que se requirió luego de la aplicación en campo.

Tabla 3.39 Empaste bicomponente (paredes interiores): fórmula para la aplicación en campo.

COMPONENTE	In-8
Carbonato de calcio A	99,74%
Celulosa c₁	0,22%
Espesante	0,02%
Polímero	0,30%
TOTAL	100,00%
ml de resina 4	34,00
Fisuras	–
Trabajabilidad	MB

Elaborado por: Autora

Con este cambio se consiguió mejorar la trabajabilidad, siendo ésta similar a la de la competencia y las otras propiedades se mantuvieron.



CAPÍTULO 4: PRUEBAS EN CAMPO, RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se detallan los resultados de la aplicación en campo de las formulaciones con los mejores resultados obtenidos en la etapa de experimentación de ambos empastes. Como se mencionó con anterioridad para evaluar el desempeño de estas formulaciones, primero se valoraron cada una de ellas con pruebas físicas: contenido de aire y fraguado; y pruebas mecánicas obtenidas de fichas técnicas de productos de la competencia, así como también pruebas proporcionadas por el proveedor de la empresa Hormicroto.

Estas pruebas son: el pH, lijabilidad, prueba de endurecimiento, permeabilidad de la superficie y rendimiento; sus resultados fueron comparados con los resultados obtenidos en laboratorio de los mejores productos de la competencia. Se eligieron dos fórmulas para el empaste en paredes exteriores **Ex-19; Ex-20** y una fórmula para el empaste en paredes interiores **In-8**. Estas composiciones fueron aplicadas en campo sobre paredes interiores y exteriores de una casa, y se realizó un seguimiento de 45 días para valorar su comportamiento.

4.1 EMPASTE EXTERIORES

A continuación, se presentan los resultados de las formulaciones elegidas para el empaste en paredes exteriores **Ex-19; Ex-20**. Los resultados de las pruebas de pH, lijabilidad, prueba de endurecimiento, permeabilidad de la superficie, fraguado, contenido de aire fueron obtenidos en laboratorio y el rendimiento de los mismos se determinó con su aplicación campo.

4.1.1 Empaste exteriores (monocomponente): pruebas físicas y mecánicas.

Para realizar cada una de las pruebas físicas y mecánicas se pesaron 50 gramos de las formulaciones elegidas tanto para interiores y exteriores, a excepción de las pruebas de contenido de aire, cuyo procedimiento se aplicó de acuerdo a la NTE INEN 195:2009 - CEMENTO HIDRÁULICO. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE EN MORTEROS.



Tabla 4.40 Resultados de la prueba de endurecimiento

Prueba de endurecimiento			
50g. de producto			
	Producto de la competencia	Ex-19	Ex-20
ml de H₂O	22,0 ml	23,0 ml	23,5 ml
Secado al tacto	15 min	20 min	25 min
Porcentaje (%) de secado 2 horas	60%	40%	40%
Secado total	180min	200min	205min

Elaborado por: Autora

Con esta prueba se pudo apreciar que las formulaciones **Ex-19** y **Ex-20** poseen tiempos similares de secado al tacto con respecto al producto de la competencia. Las formulaciones desarrolladas presentan una diferencia de un 20% de secado una vez transcurridas 2 horas en relación al producto de la competencia, debido a que esta diferencia no es grande se puede decir que los productos formulados poseen un buen tiempo de secado. La diferencia del tiempo de secado total entre estas formulaciones y el producto de la competencia es de 20 y 25 minutos respectivamente.

Tabla 4.41 Resultados de la prueba de absorción de agua.

Prueba de Absorción de agua			
ml de H₂O	22 ml	23 ml	24 ml
Coefficiente de absorción de H₂O	Producto de la competencia	Ex-19	Ex-20
WAC 5'	0,8 ml	0,21 ml	0,20 ml
WAC 10'	1,4 ml	0,40 ml	0,26 ml
WAC 15'	1,85 ml	0,51 ml	0,32 ml
WAC 8 horas	15,2 ml	4,60 ml	3,50 ml

Elaborado por: Autora

Esta prueba permitió apreciar que la absorción de agua del producto de la competencia es mayor a la absorción de agua de las formulaciones desarrolladas para la empresa. La porosidad superficial se determinó en base a $WAC = WAC\ 15' - WAC\ 5'$ para cada producto, obteniéndose los siguientes resultados según la estimación de permeabilidad de la tabla 3.23:

Coefficiente de absorción de agua	Estimación
$WAC_{\text{producto de la competencia}} = 1,05$	Mediana permeabilidad
$WAC_{\text{EX-19}} = 0,3$	Impermeabilidad relativa
$WAC_{\text{EX-20}} = 0,12$	Impermeable



Como se puede observar los productos desarrollados presentan menor porosidad superficial que el producto de la competencia.

Prueba de fraguado

Este ensayo nos permitió determinar el tiempo durante el cual la mezcla pierde su plasticidad y comienza a adquirir cierto grado de rigidez, a la vez que va aumentando su resistencia de forma gradual. Este fenómeno es consecuencia de las precipitaciones sólidas que se producen durante las reacciones de hidratación y que dan lugar a un aumento progresivo de la viscosidad de la pasta.

Tabla 4.42 Resultados de la prueba de fraguado

Prueba de fraguado (NTE INEN 159:2010)			
	Producto de la competencia	Ex-19	Ex-20
ml H₂O	22 ml	23 ml	24 ml
Inicial	17 horas 6min	7 horas 1 min	8 horas
Final	37 horas 26 min	28 horas 28 min	28 horas 50 min

Elaborado por: Autora

Las formulaciones desarrolladas presentaron un menor tiempo de fraguado que el producto de la competencia, esto es beneficioso ya que la aplicación del producto entre capas requerirá de menor tiempo y permitirá obtener una buena dureza del producto una vez que haya sido aplicado sobre la superficie, pero se dará una pérdida de plasticidad más rápida.

Tabla 4.43 Resultados de la prueba de contenido de aire

Prueba de contenido de aire (NTE INEN 195:2009)		
Producto de la competencia	Ex-19	Ex-20
250 ml H ₂ O	250 ml H ₂ O	274 ml H ₂ O
24,39%	28,88%	28,78%

Elaborado por: Autora

El contenido de aire ya sea en un mortero o recubrimiento arquitectónico es una propiedad de gran importancia que permite explicar, en muchos casos, el comportamiento que tenga éste tanto en su estado fresco como endurecido. El aire ocluido puede producirse por efectos mecánicos o por medio de la aplicación de aditivos incorporadores de aire. A medida que aumenta el contenido en aire, mejora la trabajabilidad y la resistencia a los ciclos hielo-deshielo (un ciclo hielo-deshielo es un fenómeno cíclico de congelamiento y descongelamiento del agua contenida en los poros del mortero endurecido en períodos de tiempo determinados).



Debido a que no existe un límite de referencia para el contenido de aire en empastes, los datos obtenidos se compararon entre los tres productos, observándose una diferencia del 4,49% y del 4,39% de las formulaciones desarrolladas con respecto al producto de la competencia. Al realizar este ensayo se pudo determinar el máximo contenido de aire en los empastes, lo que indica que los tres productos presentan una mezcla homogénea que permite obtener una buena trabajabilidad de la misma facilitando su aplicación sobre el sustrato.

Tabla 4.44 Resultados obtenidos de la prueba de pH.

Prueba de pH		
Producto de la competencia	Ex-19	Ex-20
12,3	12,1	12,3

Elaborado por: Autora

Se pudo observar que los tres productos presentan la característica de alcalinidad ya que los valores de pH obtenidos son prácticamente iguales.

Tabla 4.45 Prueba de lijabilidad.

Prueba de lijabilidad			
	Producto de la competencia	Ex-19	Ex-20
Lijabilidad	Luego de aplicado el empaste este presenta una superficie lisa, pero al lijarlo tenuemente existe desprendimiento de polvo y se obtiene una superficie extra lisa.	Luego de aplicado el empaste este presenta una superficie lisa, al lijarlo tenuemente se obtiene una superficie extra lisa	

Elaborado por: Autora

Los tres productos presentan un acabado extra liso al lijarlos, la diferencia que se pudo apreciar en esta prueba, es que, al lijarse el producto de la competencia se desprende polvo de la superficie, mientras que, con las fórmulas desarrolladas no sucede esto, lo que implica que los productos desarrollados presentan mayor dureza y adherencia.

4.1.2 Aplicación en campo: empaste en paredes exteriores

La aplicación en campo de las formulaciones de los empastes monocomponente (exteriores) y bicomponente (interiores) se realizó en el Sector San Miguel de Sayausí, ciudad de Cuenca, provincia del Azuay.

Tabla 4.46 Dosificación de la formulación Ex-19 para su aplicación en campo en paredes exteriores

Fórmula Exteriores – 19 (empaste monocomponente)

Componente	Porcentaje (%) de producto
CaCO ₃ "A" (75µm)	78,113
Cemento blanco 2	18,000
Celulosa c1	0,400
Superplastificante	0,047
Polímero	3,200
Espesante	0,040
Agente Hidrofugante	0,200

Elaborado por: Autora

Se prepararon 20 Kg de la formulación Ex-19 para su aplicación en campo

Tabla 4.47 Dosificación de la formulación Ex-20 para su aplicación en campo en paredes exteriores

Fórmula Exteriores – 20 (empaste monocomponente)	
Componente	Porcentaje (%) de producto
CaCO ₃ "A" (75µm)	78,063
Cemento blanco 2	18,000
Celulosa c1	0,450
Superplastificante	0,047
Polímero	3,200
Espesante	0,040
Agente Hidrofugante	0,200

Elaborado por: Autora

Se emplearon 20 Kg de la formulación Ex-20 para su aplicación en campo

Ex-19



Ex-20



Ilustración 11. Aplicación en campo de las formulaciones Ex-19 y Ex-20

Fuente: Propia



<u>Ex-19</u>	<u>Ex-20</u>
<ul style="list-style-type: none">• Cantidad de agua empleada en 20 Kg: 8,5 - 9 litros.• Número de capas aplicadas: 3• Tiempo de vida en recipiente: 180 minutos (3 horas)• Rendimiento: 1 Kg de producto rinde 1,1 m² de superficie terminada aproximadamente.• Una vez seco se obtiene una superficie lisa, pero si se desea obtener un acabado extra liso, solo requiere una tenue lijada.	<ul style="list-style-type: none">• Cantidad de agua empleada en 20 Kg: 9 litros.• Número de capas aplicadas: 3• Tiempo de vida en recipiente: 180 minutos (3 horas)• Rendimiento: 1 Kg de producto rinde 1,1 m² de superficie terminada aproximadamente.• Una vez seco se obtiene una superficie lisa, pero si se desea obtener un acabado extra liso, solo requiere una tenue lijada.

Entre los dos productos aplicados en campo, no existen diferencias en cuanto a las características señaladas anteriormente, pero al maestro que aplicó el producto, le pareció mejor el empaste de la formulación Ex-19, debido a que la aplicación sobre la superficie es mejor que el de la formulación Ex-20, además señaló que al momento de dar la segunda y tercera capa sobre la superficie, estas dos formulaciones desarrolladas no se pelan al momento de su aplicación, ya que en base a su experiencia de trabajo el producto de la competencia sí presenta este problema. También supo señalar que los productos desarrollados poseen una mayor dureza y por ende no se desprendía polvo al lijarlo como sucede con el producto de la competencia. En base a estas consideraciones se ha elegido la formulación Ex-19 como empaste para paredes exteriores de la empresa.

4.2 EMPASTE INTERIORES

4.2.1 Empaste interiores (bicomponente): pruebas físicas y mecánicas.

A continuación, se presentan los resultados de la fórmula elegida para el empaste en paredes interiores **In-8**. Los resultados de las pruebas de pH, lijabilidad, prueba de endurecimiento, permeabilidad de la superficie, fraguado, contenido de aire fueron obtenidos en laboratorio y el rendimiento de la misma se determinó con su aplicación campo.



Tabla 4.48 Resultados de la prueba endurecimiento.

Prueba de endurecimiento		
50g. de producto		
	Producto de la competencia	In-8
g. de Resina	22g.	17g.
Secado al tacto	4 min	4 min
Porcentaje (%) de secado 2 horas	60%	60%
Secado total	200min	200min

Elaborado por: Autora

Con esta prueba se pudo apreciar que la formulación **In-8** posee prácticamente los mismos tiempos de secado al tacto y secado total con respecto al producto de la competencia. También se pudo observar que, para determinar el secado total de los productos, al momento de rayar cada uno de ellos con la punta de una espátula, el producto de la competencia presentó una menor dureza con respecto a la fórmula **In-8**, ya que se rayaba fácilmente y en ocasiones se desprendía del sustrato.

Tabla 4.49 Resultados obtenidos de la prueba de pH

Prueba de pH	
Producto de la competencia	In-8 (resina 4)
8	8,5

Elaborado por: Autora

Se pudo observar que los dos productos presentan la característica de alcalinidad, aunque es cercana a un pH neutro, poseen prácticamente los mismos valores de pH.

Tabla 4.50 Resultados de la prueba de absorción de agua.

Prueba de Absorción de agua		
ml de H₂O	25,5 ml	17,25 ml
Coefficiente de absorción de H₂O	Producto de la competencia	In-2 (resina 4)
WAC 5'	0,6 ml	0,10 ml
WAC 10'	0,9 ml	0,10 ml
WAC 15'	1,15 ml	0,15 ml
WAC 5 horas	7,62ml	1,40 ml

Elaborado por: Autora

Conforme a la fórmula antes indicada de WAC, se obtuvieron los siguientes resultados según la estimación de permeabilidad de la tabla 3.23:



Coeficiente de absorción de agua	Estimación
$WAC_{\text{producto de la competencia}} = 0,55$	Impermeabilidad relativa
$WAC_{\text{In-8 (resina 4)}} = 0,05$	No presenta actividad capilar

Como se puede observar el producto desarrollado presenta una porosidad superficial nula, es decir, se tiene un producto impermeable, y el producto de la competencia presenta una porosidad superficial baja pero no mejor que la del producto desarrollado, esto implica que será menos propenso el desarrollo y el crecimiento de bacterias y hongos en el interior de la superficie en la que se hayan aplicado estos productos por la presencia de humedad, polvo, etc.

Tabla 4.51 Resultados de la prueba de fraguado.

Prueba de fraguado (NTE INEN 159:2010)		
	Producto de la competencia	In-8 (resina 4)
	25,5 ml	17,0 ml
Inicial	20 horas 5 min	23 horas
Final	28 horas 30 min	30 horas 40 min

Elaborado por: Autora

La formulación In-8 posee un mayor tiempo de fraguado (inicial y final) que el producto de la competencia, lo cual es beneficioso ya que la mezcla no perderá rápidamente su plasticidad consiguiéndose un mayor tiempo de vida en recipiente.

Tabla 4.52 Resultados de la prueba de contenido de aire.

Prueba de contenido de aire NTE INEN 195:2009	
Producto de la competencia	In-8 (resina 4)
250 ml H ₂ O	274 ml H ₂ O
19,71%	30,23%

Elaborado por: Autora

Debido a que no existe un límite de referencia para el contenido de aire en empastes, los datos obtenidos se compararon entre los dos productos, observándose una diferencia del 10,52% de la formulación desarrollada con respecto al producto de la competencia. Al realizar este ensayo se pudo determinar el máximo contenido de aire en los empastes para interiores, lo cual indica que la formulación desarrollada tiende a la formación de burbujas en mayor cantidad que el producto de la competencia y por ende se presentará este problema durante su aplicación.



Tabla 4.53 Prueba de lijabilidad.

Prueba de lijabilidad		
	Producto de la competencia	In-8 (resina 4)
Lijabilidad	Luego de aplicado el empaste este presenta una superficie extra lisa, no es necesario lijar.	Luego de aplicado el empaste este presenta una superficie lisa y tersa, pero al lijarlo tenuemente se obtiene una superficie extra lisa.

Elaborado por: Autora

Los dos productos presentan un acabado extra liso, la diferencia que se pudo apreciar, es que, el producto de la competencia desprende polvo de la superficie si necesidad de lijarlo, tan solo con pasar la mano sobre esta, mientras que con la fórmula desarrollada no sucede esto, lo que implica que posee mayor dureza.

4.2.2 Aplicación en campo: empaste en paredes interiores

En este punto se detalla la dosificación del empaste bicomponente en polvo y la dosificación de la resina acrílica 4 para su aplicación en campo, la misma se realizó en el Sector San Miguel de Sayausí., ciudad de Cuenca, provincia del Azuay.

Tabla 4.54 Dosificación de la formulación In-8 (polvo) para su aplicación en campo en paredes interiores

Formula Interiores (empaste bicomponente)		
Componente	100 g. Polvo	20 kg Polvo o 20000g.
Carbonato de calcio A (75µm)	99,44	19888
Celulosa c1	0,22	44
Polímero	0,30	60
Espesante	0,04	8

Elaborado por: Autora

Tabla 4.55 Dosificación de la formulación In-8 (resina) para su aplicación en campo en paredes interiores

Resina (para 1,12 Kg ó 1120g.)	
Componente	g. cada/ componente
Resina líquida 4	1058,00
Humectante	15,00
Bactericida	5,00
Antiespumante	2,50
Dispersante	37,50

Elaborado por: Autora

In-8



Ilustración 12. Aplicación en campo de la formulación In-8

Fuente: Propia

- Cantidad de agua y resina empleada en 20 Kg de polvo: 3,882 litros agua + 1,12 litros resina= 5 litros
- Número de capas aplicadas: 2
- Tiempo de vida en recipiente: 210 minutos (3 horas 30 minutos)
- Rendimiento: 1 Kg de producto rinde 0,9 m² de superficie terminada aproximadamente.
- Una vez seco se obtiene una superficie lisa, pero si se desea obtener un acabado extra liso, solo requiere una tenue lijada.

El maestro de la obra señaló que el producto aplicado en campo posee características similares al producto de la competencia, en cuanto a trabajabilidad, tiempo de vida en recipiente y desplazamiento con la llana, además señaló que en base a su experiencia el producto desarrollado posee una mayor dureza y por ende no desprendía polvo al lijarlo como sucede con el producto de la competencia.

4.3 Análisis de costos de formulaciones del empaste monocomponente y del empaste bicomponente.

Tabla 4.56 Análisis de costos de formulación del empaste monocomponente

Empaste monocomponente(exteriores)			
Componente	100 g. Producto	1 Kg producto (1000g)	Costo de cada componente/ 1 Kg producto
Carbonato de calcio A (75µm)	78,113	781,13	0,074
Cemento blanco 2	18,00	180	0,063
Celulosa c1	0,400	4	0,021
Superplastificante	0,047	0,47	0,008
Polímero	3,200	32	0,111



Espesante	0,040	0,4	0,003
Agente Hidrofugante	0,200	2	0,017
		1 Kg. producto	0,30
		20 Kg. producto	5,94

Elaborado por: Autora

Se analiza el costo de formulación de un kilogramo de producto en base al precio de cada componente y aditivo empleado en su formulación, el cual corresponde a 0,30 centavos/Kg, aunque no se considera la mano de obra directa y los costos indirectos de fabricación, el costo de este producto en la presentación de 20 Kg sería de \$5,94~\$6,00, este costo aumentaría con la mano de obra y costos indirectos de fabricación. Sin embargo se ha calculado un precio tan solo con los costos de formulación asumiendo un margen de utilidad deseado del 25%.

$$\text{Precio} = \text{Costo} + (\text{Costo} * \% \text{utilidad}).$$

$$\text{Precio} = 6 + (6 * 0,25) = \$7,50$$

Este precio del empaste formulado (\$7,50) es mucho más bajo que el precio del producto de la competencia (\$22,75), pero si se sumaran los costos reales para su producción, se asume que aún en este caso el precio real del producto formulado será menor al precio del producto de la competencia.

Tabla 4.57 Análisis de costos de formulación del empaste bicomponente (polvo)

Empaste bicomponente (Interiores)			
Componente	100 g. Producto	1 kg polvo (1000g)	Costo de cada componente/ 1 Kg producto
Carbonato de calcio A (75µm)	99,44	994,4	0,094
Celulosa c1	0,22	2,2	0,012
Polímero	0,3	3	0,010
Espesante	0,04	0,4	0,003
		1 kg. polvo	0,12
		18 kg. polvo	2,16

Elaborado por: Autora

Tabla 4.58 Análisis económico del empaste bicomponente (resina)

Resina 4		
Componente	1 kg producto (1000g)	Costo de cada componente/ 1 Kg producto
Resina líquida 4	1058	1,661



Humectante	15	0,028
Bactericida	5	0,009
Antiespumante	2	0,006
Dispersante	37,5	0,080
	1 kg. Resina	1,78
	1,12 kg. Resina	2,00
	18 kg. producto	4,16

Elaborado por: Autora

Se analiza el costo de formulación de 19,12 kilogramos de producto en base al precio de cada componente y aditivo empleado en su formulación, el cual corresponde a \$4,16/Kg, este costo aumentaría con la mano de obra y costos indirectos de fabricación. Sin embargo, se ha calculado un precio tan solo con los costos de formulación asumiendo un margen de utilidad deseado del 25%.

$$\text{Precio} = \text{Costo} + (\text{Costo} * \% \text{utilidad}).$$

$$\text{Precio} = 4,16 + (4,16 * 0,25) = \$5,20$$

Este precio del empaste formulado (\$5,20) es mucho más bajo que el precio del producto de la competencia (\$10,75), pero si se sumaran los costos reales para su producción, se asume que aún en este caso el precio real del producto formulado será menor al precio del producto de la competencia.



CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- ✚ Con el desarrollo del presente trabajo de titulación se logró obtener un empaste monocomponente y uno bicomponente que cumplen con los requisitos exigidos por el mercado en cuanto a buena trabajabilidad, adherencia, resistencia y durabilidad. Estos empastes presentan buenas características de calidad, ya que durante los 45 días de seguimiento de evaluar su desempeño no se presentaron problemas de fisuras, degradación del color ni desprendimiento de la superficie.
- ✚ Luego de realizarse las pruebas físicas, mecánicas y la aplicación en campo se eligió la fórmula Ex-19 como empaste para cubrir paredes exteriores, la misma posee mejores características de aplicación entre capas y ofrece mayor dureza que el producto de la competencia evaluado.
- ✚ La formulación In-8 elegida como empaste para cubrir paredes interiores posee características similares al producto de la competencia evaluado, esta formulación ofrece una mayor dureza y una superficie sin actividad capilar.
- ✚ El empaste formulado tanto para paredes interiores y exteriores presenta un color blanco hueso, esto resultará beneficioso para el consumidor, ya que al aplicar cualquiera de estos empastes como fondo para pinturas, ayudará con el rendimiento y cubrimiento de la misma.
- ✚ Si bien la cal hidratada se incorpora a las formulaciones del empaste monocomponente para disminuir fisuras debido a sus excelentes propiedades de retención de agua, trabajabilidad y ofrece un tiempo de fraguado lento, también produce el efecto contrario incrementado el número de fisuras a causa de que al encapsular agua en mayor cantidad secuestraba el agua necesaria para el fraguado adecuado, es decir el agua se retenía en los poros del producto y una vez que empezaba a secarse, los poros liberaban este exceso produciéndose las fisuras y por ello fue eliminada de la formulación
- ✚ En el empaste monocomponente es necesario adicionar cemento blanco para garantizar una dureza y resistencias adecuadas para que el producto una vez aplicado y endurecido, presente estabilidad y no exista desprendimiento de polvo de la superficie aplicada.



- ✚ La resina empleada en la dosificación del empaste bicomponente fue indispensable para obtener un producto de buena dureza, ya que en este empaste no se adicionó cemento blanco que es el que proporciona esta propiedad.
- ✚ La formulación de la resina acrílica 4 fue importante para obtener un líquido de mezclado con buenas características de impermeabilidad y humectación, además contribuyó para conseguir un prolongado tiempo de vida en recipiente del empaste bicomponente.
- ✚ Tanto el empaste monocomponente como bicomponente presentan un acabado extra liso, no existe desprendimiento de polvo al momento de lijarlos lo que implica que poseen buena dureza y adherencia sobre la superficie.

5.2 RECOMENDACIONES:

- ✚ Se recomienda que se realice un análisis completo de costos, para determinar si el precio de venta al público es competitivo frente al producto más demandado en el mercado y con el cual la empresa desea compararse.



BIBLIOGRAFÍA

- Alicante, U. d. (28 de Enero de 2017). *ESPECTROSCOPIA DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X*. Obtenido de Fundamentos: <https://ssti.ua.es/es/instrumentacion-cientifica/unidad-de-rayos-x/espectroscopia-de-fluorescencia-de-rayos-x.html>
- ARQHYS, A. (04 de Noviembre de 2016). *Tipos de Aditivos*. Obtenido de Beneficios: <http://www.arqhys.com/construccion/aditivos-tipos.html>
- Arquitectura Arqhys. (05 de Noviembre de 2016). *Cemento blanco*. Obtenido de Cursos de decoración en interiores: <http://www.arqhys.com/cemento-blanco.html>
- Asociación Nacional de Fabricantes de Cal, A. (15 de Agosto de 2016). *Asociación Nacional de Fabricantes de Cal, A.C.* Obtenido de Usos y Aplicaciones de la cal: <http://anfagal.org/pages/usos-y-aplicaciones-de-la-cal.php>
- Calidra, G. (01 de 10 de 2016). *El uso de la cal en las mezclas de albañilería*. Obtenido de Trabajabilidad: http://anfagal.org/media/Biblioteca_Digital/Construccion/Mezclas_Repellados_y_Stuccos/EL_USO_DE_LA_CAL_EN_LAS_MEZCLAS.pdf
- Calidra, G. (15 de Agosto de 2016). *Uso de la Cal en la Construcción*. Obtenido de Características de la cal en las mezclas y concretos: http://anfagal.org/media/Biblioteca_Digital/Construccion/Mezclas_Repellados_y_Stuccos/La_cal_en_la_construccion_2.pdf
- Calvo, J. (Bactericidas). *PINTURAS Y RECUBRIMIENTOS*. Madrid: Diaz de Santos.
- ConcretOnline. (05 de Noviembre de 2016). *Asociación Nacional de fabricantes de Aditivos para Hormigón y Morteros*. Obtenido de Los Aditivos para Hormigón, Morteros y Pastas: http://www.concretonline.com/index.php?option=com_content&view=article&id=870:aditivos-definicion-y-clasificacion&catid=46:articulos&Itemid=36
- Construmática. (22 de Diciembre de 2016). *Metaportal de Arquitectura, Ingeniería y Construcción*. Obtenido de Componentes del mortero. Características: http://www.construmatica.com/construpedia/Componentes_del_Mortero._Caracter%ADsticas
- EcuRed. (29 de Marzo de 2017). *Cal*. Obtenido de Composición y Propiedades: <https://www.ecured.cu/Cal>
- Elotex. (27 de Febrero de 2017). *Hoja de datos técnicos*. Obtenido de Descripción del producto: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwjY28zcyrvSAhVJ42MKHaYWCacQFggbMAA&url=http%3A%2F%2Fquimimport.cl%2FPDFS%2FELOTEX%2FELOSET%2520542.pdf&usg=AFQjCNFdsI3QEOJeL6qrL-H_znoZyvQXmw&cad=rja



- Giudice, C., & Pereyra, A. (01 de Marzo de 2009). *Tecnología de Pinturas y Recubrimientos*. Obtenido de Componentes, Formulación, Manufactura y Control de Calidad: http://www.edutecne.utn.edu.ar/tecn_pinturas/A-TecPin_I_a_V.pdf
- González, J. (01 de Marzo de 2016). *Universidad de Cuenca*. Obtenido de ESTUDIO DEL MORTERO DE PEGA USADO EN EL CANTÓN CUENCA. PROPUESTA DE MEJORA, UTILIZANDO ADICIONES CON CAL: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/23664/1/TESIS%20final%20.pdf>
- Gutiérrez, L. (2003). *El CONCRETO Y OTROS MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN*. Colombia-Manizales: Universidad Nacional de Manizales.
- Hernandez, J., & Ortiz, E. (28 de Febrero de 2017). *Universidad Veracruzana*. Obtenido de Adición de compuestos químicos para la cementación de pozos petroleros en la etapa de producción: https://www.google.com/search?sclient=psy-ab&client=firefox-b-ab&biw=1920&bih=969&noj=1&q=aditivos+antiespumante+y+dispersantes+para+mezclas+de+concreto&oq=aditivos+antiespumante+y+dispersantes+para+mezclas+de+concreto&gs_l=serp.3...4149417.4158630.1.4158
- Herrera, D. (01 de Noviembre de 2012). *ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO*. Obtenido de INTRODUCCIÓN: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2030/1/96T00172.pdf>
- Imerys, M. (28 de Febrero de 2017). *Vertal 92*. Obtenido de Ficha de datos: <https://www.ulprospector.com/es/la/Coatings/Detail/2217/38740/Vertal-92>
- INEN. (01 de Septiembre de 2012). *NORMA TÉCNICA ECUATORIANA*. Obtenido de CEMENTO PORTLAND. REQUISITOS: http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/NORMAS_2014/ACO/17122014/nte_inen_15_2_5r.pdf
- INTACO. (3 de Junio de 2016). *FICHAS TÉCNICAS*. Obtenido de Maxiempaste Cementicio: <http://pdf.crealink.ca/doc/intergraphicdesigns-intaco/guiatecnicadeconstruccionyrevestimientodeparedes/2013012401/61.html#60>
- José, V. (01 de Septiembre de 2013). *Pinturas, Barnices y Afines: Composición, formulación y caracterización*. Obtenido de Cargas: <http://oa.upm.es/39501/1/ControlCalidadPinturas.pdf>
- MINOLTA, K. (07 de Enero de 2017). *Entendiendo el espacio de color CIE L*A*B**. Obtenido de Espacio de color: <http://sensing.konicaminolta.com.mx/2014/09/entendiendo-el-espacio-de-color-cie-lab/>



- MundoArquitectura. (27 de 02 de 2017). *Tipos de Aditivos para Concreto, Hormigón y Mortero*. Obtenido de Tipos de aditivos para concreto: <http://www.mundoarquitectura.org/tipos-de-aditivos-para-concretohormigon-y-mortero/>
- NTE INEN 0151, 2. (12 de Enero de 2010). *Cemento Hidráulico*. Obtenido de Definición de términos: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.0151.2010.pdf>
- NTE INEN, 4. (01 de Julio de 2009). *CEMENTO HIDRÁULICO*. Obtenido de Determinación de resistencia a la compresión de morteros en cubos de 50 mm de arista: <https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwixiPzkq7bSAhUIQiYKHVroBKwQFggYMAA&url=https%3A%2F%2Flaw.resource.org%2Fpub%2Fec%2Fibr%2Fec.nte.0488.2009.pdf&usg=AFQjCNEA3vQ0rvxtwaWJXxFjg7w1lWJtFg&bvm=bv.1484418>
- Palomina, J. (01 de Febrero de 2015). *Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga*. Obtenido de ESPACIO DE COLOR CIELAB: <https://es.slideshare.net/joseluispalomino77/espacio-de-color-cielab>
- Parrilla, P. (01 de Septiembre de 2011). *Pinturas y Revestimientos*. Obtenido de Pinturas y Revestimientos en la Arquitectura Moderna: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/02/02_2967.pdf
- Polanco, J., & Seitén, J. (10 de Marzo de 2016). *Cementos, morteros y hormigones*. Obtenido de Dpto. de Ciencia e Ingeniería del Terreno y los Materiales: http://ocw.unican.es/enseanzas-tecnicas/cementos-morteros-y-hormigones/materiales/3_Morteros_hormigones1.pdf
- Rivera, G. (02 de Diciembre de 2016). *Concreto Simple*. Obtenido de Aditivos para Morteros o Concretos: <ftp://ftp.unicauca.edu.co/cuentas/geanrilo/docs/FIC%20y%20GEOTEC%20SEM%20de%202010/Tecnologia%20del%20Concreto%20-%20PDF%20ver.%202009/Cap.%2011%20-%20Aditivos%20para%20morteros%20o%20concretos.pdf>
- Rivera, G. (27 de Febrero de 2017). *Aditivos para Mortero y Concreto*. Obtenido de Impermeabilizantes: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjqqOq5rbvSAhUKS2MKHfxhAZAQFggBMAA&url=ftp%3A%2F%2Fftp.unicauca.edu.co%2Fcuentas%2Fgeanrilo%2Fdocs%2FFIC%2520y%2520GEOTEC%2520SEM%2520de%25202010%2FTecnologia%2>
- Rodríguez, O. (01 de Septiembre de 2003). *Asociación Nacional de Fabricantes de Mortero*. Obtenido de Morteros-Guía General: <https://books.google.com.ec/books?id=DTcFThIgAHYC&pg=PA2&lp=PA2&>



dq=Asociaci%C3%B3n+de+Fabricantes+de+mortero+Oscar+Rodriguez&source=bl&ots=VTD4bVC1wt&sig=G9DKeg1GYCXekE-YXnE5Q7yXCaE&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiW2Pbs8r3TAhWI4CYKHRveBFkQ6AEIMTAE#v=onepage&q

- Sabá, C. (01 de Marzo de 2006). *Evaluación de la incidencia de la cal en las propiedades físico- mecánicas* . Obtenido de Permeabilidad al agua: https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=13&ved=0ahUKEwjA5en0oLjSAhVP12MKHbHzCuQQFghIMAw&url=http%3A%2F%2Fbiblioteca.usac.edu.gt%2Ftesis%2F08%2F08_2619_C.pdf&usg=AFQjCNE4pee_VUZh9rBf5ouEKD2Wz5tnLQ&cad=rja
- Sánchez, D. (1996). *TECNOLOGÍA DEL CONCRETO Y DEL MORTERO*. Colombia: BHANDAR EDITORES LTDA.
- Schweigger, E. (2005). *Manual de Pinturas y Recubrimientos Plásticos*. Fernández-España: Díaz de Santos.
- Tebar, D. (01 de Septiembre de 1984). *Aditivos para hormigones, morteros y pastas*. Obtenido de Normativa: clasificación y definiciones: <http://materconstrucc.revistas.csic.es/index.php/materconstrucc/article/viewFile/909/1220>
- Tecnologías de la Construcción. (05 de Octubre de 2016). *Taller de construcción 1*. Obtenido de Morteros: <http://www.farq.edu.uy>
- Usedo, R. (01 de Junio de 2015). *Estudio y análisis de la utilización de la cal para el patrimonio arquitectónico*. Obtenido de Tipos de morteros de cal: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/60200/Memoria.pdf?sequence=1>
- Valdivieso, E. (01 de Enero de 2012). *ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO*. Obtenido de Diseño del Proceso de Elaboración de Empaste para Interiores: <http://dspace.esepoch.edu.ec/bitstream/123456789/2034/1/96T00176.pdf>
- Villarino, A. (01 de Marzo de 2017). *CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS MATERIALES*. Obtenido de LA CAL: <https://es.slideshare.net/abelgabrieltrucios/ciencia-y-tecnologia-de-los-materiales-ing-alberto-villarino>
- Wagner, C. (01 de Septiembre de 2000). *El Tubo Karsten*. Obtenido de Un sistema sencillo para estimar la absorción de humedad por parte de los materiales de construcción: <http://docslide.net/documents/pipeta-karsten.html>
- Wagner, C. (15 de Octubre de 2016). *El Tubo Karsten*. Obtenido de Un sistema sencillo para estimar la absorción de humedad por parte de los materiales de construcción: <https://es.scribd.com/document/137751391/Pipeta-Karsten>



ANEXOS

Anexo 1. Ficha técnica del empaste monocomponente (exteriores).

EMPASTE EXTERIOR

FONDO PARA PINTURAS, DE UN SÓLO COMPONENTE

Descripción del producto

Empaste Exterior de un solo componente ofrece calidad consistente, buena trabajabilidad y durabilidad, consiguiendo un excelente acabado y gran capacidad de emporamiento sobre superficies enlucidas.

Usos

En paredes exteriores de urbanizaciones, hoteles, escuelas, industrias, oficinas, etc.

Ventajas

- Es un fondo para pintura, resistente al agua y a la intemperie.
- Excelente adherencia.
- Cubre microfisuras.
- Para su aplicación no necesita humedecer la superficie.
- Evita el desprendimiento de la pintura.

Modo de empleo

Preparación de la superficie:

La superficie debe estar limpia, bien adherida y libre de polvo e impurezas (aceite, cera, grasa, pintura).

El producto viene listo para usar, sólo requiere añadir agua. Para el saco de 20 kg se requieren aprox. 9 litros.

Mezclado:

Añadir el contenido del saco de empaste exterior monocomponente poco a poco al agua para evitar formar grumos.

Mezclar continuamente hasta completa homogenización y consistencia uniforme.

Deje reposar 5 minutos, vuelva a mezclar antes de usarlo. Nunca añada más agua a la mezcla luego que ésta haya reposado.

Si se endurece durante su periodo de vida en recipiente, sólo vuélvala a mezclar para obtener su consistencia original.

No prepare más material del que se pueda aplicar en 180 minutos a 25°C.

Colocación:

En superficies cementicias nuevas debe esperarse 7 días para aplicar el empaste.

Aplicar con llana metálica entre 2 a 3 pasadas, una en sentido vertical asegurando el cubrimiento total de la superficie y esperar hasta que esta seque completamente.



Coloque la segunda capa en sentido horizontal, esperar hasta que seque la superficie y para dar el acabado final, aplicar la tercera capa en sentido vertical respectivamente.

Empaste Exterior demora 48 horas en curar completamente. De ser necesario, puede lijar, pero elimine completamente

el polvo de la superficie. El secado puede variar de acuerdo con las condiciones climáticas de la obra.

Limpieza:

Lave sus herramientas con agua y jabón al finalizar.

Presentación

Presentación	20 Kg
Color	Blanco hueso

Rendimiento

Superficie	Cantidad de capas/manos	Rendimiento
Lisa	3	22 m²
Rugosa	3	18 m²

Estos rendimientos dependen de las condiciones de la superficie. Realice pruebas previas para estimar el rendimiento real en la obra.

Datos Técnicos

Dosificación de agua	
Cantidad	8,5 L a 9,0 L
Presentación	20 Kg

Información	
Vida en recipiente	180 minutos
Impermeabilidad	Muy buena



Anexo 2. Ficha técnica del empaste bicomponente (interiores).

EMPASTE INTERIOR

BASE ACRÍLICA PARA PINTURAS, BICOMPONENTE

Descripción del producto

Empaste Interior es una base acrílica para pinturas de alto desempeño, ofrece calidad consistente, buena trabajabilidad y durabilidad, consiguiendo un excelente acabado estético y decorativo sobre superficies enlucidas.

Usos

En paredes interiores de urbanizaciones, hoteles, escuelas, industrias, oficinas, etc.

Ventajas

- Es una base acrílica para pintura en paredes interiores.
- Excelente adherencia.
- Cubre microfisuras.
- Para su aplicación no necesita humedecer la superficie.
- Evita el desprendimiento de la pintura.

Modo de empleo

Preparación de la superficie:

La superficie debe estar limpia, bien adherida y libre de polvo e impurezas (aceite, cera, grasa, pintura).

Mezclado:

Diluya 1,2 Kg de resina en 3,8 litros de agua limpia.

Añadir el contenido del saco de empaste interior monocomponente poco a poco a

la mezcla de resina y agua para evitar formar grumos.

Mezclar continuamente hasta completa homogenización y consistencia uniforme.

Deje reposar 5 minutos, vuelva a mezclar antes de usarlo. Nunca añada más resina o agua a la mezcla luego que ésta haya reposado.

Si se endurece durante su periodo de vida en recipiente, sólo vuélvala a mezclar para obtener su consistencia original.

No prepare más material del que se pueda aplicar en 210 minutos a 25°C.

Colocación:

En superficies cementicias nuevas debe esperarse 7 días para aplicar el empaste.

Aplicar con llana metálica entre 2 a 3 pasadas, una en sentido vertical respectivamente, para asegurar el cubrimiento total de la superficie.

Esperar hasta que la superficie seque totalmente.

Coloque la segunda capa, aplicando en sentido horizontal para dar el acabado



final, o dependiendo de la superficie se puede aplicar la tercera capa en sentido vertical una vez que la segunda capa seque totalmente.

Empaste Interior demora 48 horas en curar completamente. De ser necesario, puede lijar, pero elimine completamente el polvo de la superficie. El secado puede variar de acuerdo con las condiciones climáticas de la obra.

Limpieza:

Lave sus herramientas con agua y jabón al finalizar.

Presentación

Presentación	18 Kg
Color	Blanco hueso

Rendimiento

Superficie	Cantidad de capas/manos	Rendimiento
Lisa	2	18 m ²
Rugosa	3	16 m ²

Estos rendimientos dependen de las condiciones de la superficie. Realice pruebas previas para estimar el rendimiento real en la obra.

Datos Técnicos

Dosificación de resina y agua	
Cantidad	1,2 Kg + 3,8 L
Presentación	18 Kg

Información	
Vida en recipiente	210 minutos
Impermeabilidad	Excelente



Anexo 3. Procedimiento para realizar el análisis en el espectrofotómetro – CIEL*a*b* de las muestras de carbonato de calcio A-B-C y D:

Para realizar la lectura en el espectrofotómetro Cielab, se realizaron algunos pasos muy sencillos:

- 3.1 Pesar 18 ± 2 g. de muestra de carbonato de calcio (A, B, C o D) en una de las bases de una caja Petri, en la base de diámetro mayor específicamente.
- 3.2 Seguidamente con la base de diámetro menor, se presiona sobre el material contenido en la primera base, de manera que quede una capa compacta sin burbujas para la lectura en el espectrofotómetro.
- 3.3 Colocar la caja Petri en el espectrofotómetro y realizar la lectura. La lectura se realiza en un computador conectado al equipo, para ello el espectrofotómetro debe encontrarse estandarizado con las placas de color blanco y negro.
- 3.4 Interpretar los resultados obtenidos.



Ilustración 13. Caja Petri con la muestra de carbonato de calcio colocada sobre el espectrofotómetro CIELAB D65/10.

Fuente: Propia



Universidad de Cuenca

Anexo 4. Procedimiento de la prueba de endurecimiento

- 4.1 Pesar 100g. del producto (empaste) y mezclarlo.
- 4.2 Aplicar sobre el sustrato (pared enlucida y lijada).
- 4.3 Realizar rayas en sentido vertical con la punta de una espátula cuadrada. Esto debe realizarse cada 5 minutos, hasta que la punta de la espátula ya no deje una marca clara de la raya realizada.
- 4.4 Adicional a esto, debe tenerse en cuenta el tiempo de secado al tacto, el cual se toma a partir de la aplicación del empaste sobre el sustrato (pared), y consiste en tocar con la yema de los dedos la superficie del producto aplicado, si las mismas son manchadas con el producto significa que aún no se tiene un secado superficial, y si ya no mancha significa que ya se tiene un tiempo de secado superficial al tacto.



Universidad de Cuenca

Anexo 5. Procedimiento para determinar la absorción de aceite de las muestras de carbonato de calcio A-B y C:

OBJETIVO

Esta norma tiene por objeto establecer el método para determinar la demanda de ligante que va a tener un pigmento o carga. Cuanto mayor sea la absorción de aceite, tanto mayor será el consumo de ligante. La absorción de aceite informa además la magnitud que cabe esperar para la concentración crítica de pigmento en volumen.

ALCANCE

Este procedimiento es aplicable a todos los pigmentos y cargas que comercializa la organización.

RESPONSABILIDAD

El Jefe de Laboratorio (Analista) es el responsable de analizar, registrar y controlar que los resultados obtenidos estén dentro de los estándares de calidad que se necesitan para elaborar productos sin anomalías, así mismo tiene la responsabilidad de emitir el documento de inconformidad en caso de que el producto no cumpla con las especificaciones correspondientes.

ENSAYO

Equipos y Auxiliares

Balanza de laboratorio precisión $\pm 0,01$ g

Placa de vidrio esmerilado aprox. 50x50 cm

Bureta de 50ml con divisiones de 0,01 ml

Espátula metálica: hoja de 25 mm de anchura y 140 mm de longitud

Aceite de linaza para pinturas, con un índice de acidez de 5-7

Puede revisarse el manual de equipos con las respectivas especificaciones.

PROCEDIMIENTO

El pigmento se coloca sobre una placa de vidrio esmerilada. La cantidad a pesar (a) se hará en función de la absorción esperada.



La cantidad a pesar (a) se hará en función de la absorción esperada.

Tabla 59 Cantidad de pigmento/carga en función de la absorción esperada.

Absorción de aceite esperada	Pesada de pigmento, en g
Hasta 10	20
Entre 10 y 30	10
Entre 30 y 50	5
Entre 50 y 80	2
Más de 80	1

Fuente: Proveedor de materias primas

Con una bureta se agregan inicialmente solo 2/3 partes de la cantidad de aceite de linaza necesario. Con una espátula se mezclan aceite y pigmento intensamente (ejerciendo presión), hasta conseguir una masa homogénea. A continuación, se sigue agregando aceite, a gotas y se amasa de igual manera hasta conseguir una masilla bien ligada, hasta el preciso momento en que empiece a ensuciar de aceite la placa de cristal. La cantidad total de aceite empleado (b) se lee en la bureta.

La absorción de aceite indica la cantidad de aceite que se necesita para empastar 100 g de pigmento en condiciones determinadas hasta conseguir una masa con la consistencia arriba indicada.

El resultado del ensayo depende de la fuerza aplicada para empastar el pigmento con el aceite. Por lo tanto, es conveniente que la determinación la realice siempre la misma persona.

La prueba se debe realizar por duplicado.

Nota: De manera general para acelerar el método se sugiere pesar siempre 1 gramo del pigmento, para de esta manera reducir la operación quedando consumo de aceite de linaza * (densidad) = gramos de aceite necesario para humectar 100 gramos de pigmento, luego por regla de tres se determina la cantidad de resina teórica necesaria para la nueva formulación, considerando que esta solo humecta el pigmento y se recomienda añadir un 10 a 20% más para el inicio de ensayos de dispersiones pigmentarias.



Universidad de Cuenca

RESULTADOS

Se deben obtener los siguientes datos

- Consumo de aceite de linaza
- Densidad del aceite de linaza
- Peso del pigmento

Cálculos realizados.

$$\frac{(cantidad\ de\ aceite\ empleado\ mm) * 0.93 * 100}{peso\ del\ pigmento} = \frac{gr.\ de\ aceite\ de\ linaza}{gr.\ de\ pigmento}$$



Anexo 6. NTE INEN 488: Cemento Hidráulico. Determinación de la Resistencia a la compresión de morteros en cubos de 50 mm de arista

6.1 OBJETO

Esta norma establece el método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros elaborados con cemento hidráulico, usando cubos de 50 mm de arista.

6.2 ALCANCE

6.2.1 Esta norma proporciona un medio para determinar la resistencia a la compresión del cemento hidráulico y otros morteros y los resultados pueden ser utilizados para determinar el cumplimiento con las especificaciones. Además, esta norma es citada por otras numerosas especificaciones y métodos de ensayo. Hay que tomar precauciones al utilizar los resultados de esta norma para predecir la resistencia de hormigones. Los resultados obtenidos con este ensayo no deberían ser utilizados para predecir resistencias en el hormigón.

6.2.2 Esta norma no tiene el propósito de contemplar todo lo concerniente a seguridad, si es que hay algo asociado con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadamente saludables y seguras y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reguladoras antes de su uso.

6.3 DEFINICIONES

6.3.1 Para los efectos de esta norma, se adoptan las definiciones contempladas en la NTE INEN 151.

6.4 DISPOSICIONES GENERALES

6.4.1 Temperatura. La temperatura del aire que está alrededor de la mesa de mezclado, los materiales secos, moldes, placas de base y tazón de mezclado, debe mantenerse a $23,0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. La temperatura del agua de mezclado, gabinete húmedo o la cámara de curado y el agua en el tanque de almacenamiento debe ser ajustada a $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

6.4.2 Humedad. La humedad relativa del laboratorio no debe ser menor de 50 %. El gabinete húmedo o cámara de curado debe cumplir con los requisitos de la norma ASTM C 511.



6.5 DISPOSICIONES ESPECÍFICAS

6.5.1 Para ensayos de aceptación se debe utilizar el método descrito en esta norma.

6.5.2 La NTE INEN 198 proporciona un procedimiento alternativo para esta determinación, pero no debe ser utilizado para ensayos de aceptación.

6.6 MÉTODO DE ENSAYO

6.6.1 Resumen. El mortero utilizado consiste de una parte de cemento y 2,75 partes de arena, dosificados en masa. Los cementos portland o cementos portland con incorporador de aire son mezclados con relaciones agua cemento especificadas. El contenido de agua para otros cementos es el necesario para obtener una fluidez de 110 ± 5 en 25 caídas de la mesa de fluidez. Los cubos de ensayo de 50 mm son compactados por apisonado en dos capas. Los cubos son curados un día en sus moldes y luego desencofrados y sumergidos en agua saturada con cal hasta ser ensayados, mediante la aplicación de una carga progresiva de compresión, para determinar su resistencia máxima admisible.

6.6.2 Equipo

6.6.2.1 Masas y balanzas. Deben cumplir con los requisitos de la norma ASTM C 1.005. La balanza debe ser evaluada para precisión y desviación a una carga total de 2.000 g.

6.6.2.2 Probetas de vidrio, graduadas. Con suficiente capacidad para medir el agua de mezclado en una sola operación y suministrar el volumen indicado con una precisión de $\pm 2 \text{ cm}^3$ a 20°C . Deben tener subdivisiones cada 5 cm^3 , excepto que las líneas de graduación pueden empezar a partir de los 10 cm^3 en probetas de 250 cm^3 y a los 25 cm^3 en probetas de 500 cm^3 (ver nota 2). Las líneas de graduación principales deben ser círculos y estar numeradas, las graduaciones menores deben extenderse por lo menos un séptimo de la circunferencia y las graduaciones intermedias deben extenderse por lo menos un quinto de la circunferencia.

6.6.2.3 Moldes para especímenes.

Las muestras cúbicas de 50 mm, deben ser de ajuste perfecto, no deben tener más de 3 compartimentos cúbicos y no deben ser separables en más de dos partes. Las partes de los moldes, cuando estén ensambladas, deben sostenerse unidas con precisión.

Los moldes deben ser de metal duro, no atacable por el mortero de cemento, con una dureza Rockwell del metal, para moldes nuevos, no menor de HRB 55. Las paredes deben



ser lo suficientemente rígidas para evitar ensanchamientos o alabeos; las caras interiores deben ser superficies planas y deben cumplir con las tolerancias de la tabla 1.

Tabla 60 Variaciones permisibles en moldes para especímenes

PARÁMETRO	MOLDES CÚBICOS DE 50mm DE ARISTA	
	NUEVOS	EN USO
Lisura de lados	<0,025 mm	<0,05 mm
Distancia entre lados opuestos	50 mm ± 0,13 mm	50 mm ± 0,50 mm
Altura de cada compartimiento	50mm + 0,25 mm a -0,13 mm	50mm + 0,25 mm a -0,38 mm
Ángulo entre caras adyacentes ^A	90 ± 0,5°	90 ± 0,5°

^A Medido en puntos ligeramente separados de la intersección. Medidos separadamente para cada compartimiento entre todas las caras interiores y caras adyacentes y entre las caras interiores y los planos superior e inferior del molde.

Fuente: (NTE INEN, 2009)

6.6.2.4 Mezcladora, tazón y paleta. Una mezcladora mecánica movida eléctricamente, equipada con paleta y tazón de mezclar. Debe cumplir con los requisitos indicados en la NTE INEN 155.

6.6.2.5 Mesa de fluidez y molde de fluidez. Deben cumplir con los requisitos indicados en la NTE INEN 2500.

6.6.2.6 Pisón. Debe ser de un material no absorbente, no abrasivo, ni quebradizo, tal como un compuesto de caucho, que tenga una dureza según el durómetro Shore A de 80 ± 10 o una madera de roble curada, impermeabilizada por una inmersión en parafina durante 15 minutos a aproximadamente 200 °C. Debe tener una sección transversal de alrededor de 13 mm x 25 mm y una longitud conveniente de alrededor de 120 mm a 150 mm. La cara de apisonar debe ser plana y perpendicular al eje longitudinal del pisón.

6.6.2.7 Espátula. Debe tener una hoja de acero de 100 mm a 150 mm de largo con bordes rectos.

6.6.2.8 Gabinete húmedo o cámara de curado. Debe cumplir con los requisitos indicados en la norma ASTM C 511.

6.6.3 Materiales.

6.6.3.1 Arena graduada normalizada. La arena usada para fabricar las muestras de ensayo debe ser arena de sílice natural y cumplir con los requisitos para arena graduada normalizada indicados en la NTE INEN 873.



6.6.4 Especímenes de ensayo. Fabricar dos o tres especímenes para cada periodo de ensayo o edad de ensayo, de la amasada de mortero.

6.6.5 Preparación de los moldes para especímenes

6.6.5.1 Cubrir las caras interiores del molde y placas de base no absorbentes con una capa delgada de un agente desmoldante. Aplicar aceites o grasas utilizando un paño impregnado u otro medio adecuado. Frotar las caras del molde y la placa de base con un paño si es necesario para quitar cualquier exceso del agente desmoldante y para obtener un recubrimiento fino, uniforme, en las superficies interiores. Cuando se use un lubricante en aerosol, rociar directamente sobre la superficie del molde y la placa de base desde una distancia de 150 mm a 200 mm para lograr una cobertura completa. Después de rociar, frotar las superficies con un paño si es necesario, para quitar cualquier exceso de lubricante en aerosol, el recubrimiento residual debe ser solo el suficiente para permitir que quede una clara huella dactilar después de presionar ligeramente con un dedo (ver nota 6).

6.6.5.2 Sellar las superficies donde las mitades del molde se unen, aplicando una capa de grasa ligera tal como un petrolatum. La cantidad debe ser la suficiente para ser expulsada ligeramente cuando las dos mitades se ajusten entre sí. Retirar el exceso de grasa con un paño.

6.6.5.3 Después de colocar el molde sobre su placa de base (y ajustar, si es del tipo de abrazadera), quite cuidadosamente con un paño seco cualquier exceso de aceite o grasa del molde y la placa base a las que se debe aplicar un sellante impermeable. Como sellante, utilizar parafina, cera microcristalina, o una mezcla de tres partes de parafina por cada cinco partes de resina, en masa.

Licue el sellante calentándolo entre 110 °C y 120 ° C. Efectuar un sello impermeable aplicando el sellante líquido en las líneas de contacto exteriores entre el molde y su placa de base.

6.6.6 Preparación de las muestras de ensayo.

6.6.6.1 *Composición de los morteros:*

La proporción, en masa, de los materiales secos para el mortero normalizado deben ser: una parte de cemento por 2,75 partes de arena normalizada graduada. Se debe utilizar una relación agua – cemento de 0,485 para todos los cementos portland y 0,460 para todos los cementos portland con incorporador de aire. La cantidad de agua de mezclado para



otros cementos que no sean portland y portland con incorporador de aire, debe ser la necesaria, para que produzca una fluidez de 110 ± 5 , determinada según el punto 6.6.3 y se debe expresar como un porcentaje de la masa de cemento.

Las cantidades de materiales a ser mezcladas de una vez, en una amasada de mortero para elaborar seis y nueve especímenes de ensayo:

MATERIAL	NÚMERO DE ESPECÍMENES	
	6	9
Cemento, g	500	740
Arena, g	1375	2035
Agua, cm ³		
• Portland (a/c=0,485)	242	359
• Portland con incorporador de aire (a/c=0,460)	230	340
• Otros (para un flujo de 110 ± 5)	–	–

6.6.6.2 Preparación del mortero. El amasado debe hacerse mecánicamente según el procedimiento descrito en la NTE INEN 155.

6.6.6.3 Determinación de la fluidez:

Determinar la fluidez de acuerdo con la NTE INEN 2 502.

Para cementos portland y portland con incorporador de aire, simplemente registrar la fluidez.

En caso de cementos diferentes al cemento portland y portland con incorporador de aire, hacer morteros de pruebas, con porcentajes variables de agua hasta obtener la fluidez especificada. Hacer cada prueba con mortero fresco.

Inmediatamente después de completar el ensayo de fluidez, regresar el mortero de la mesa de fluidez al tazón de mezclado, rápidamente raspar los lados del tazón y colocar dentro de la mezcla, el mortero que pueda haberse adherido en la pared del tazón y mezclar la amasada entera por 15 segundos a velocidad media. Al completar el mezclado, la paleta de la mezcladora debe ser sacudida para remover el exceso de mortero dentro del tazón de mezclado.

Cuando deba hacerse inmediatamente una amasada duplicada para especímenes adicionales, el ensayo de fluidez puede ser omitido y dejar reposar el mortero en el tazón de mezclado 90 segundos sin cubrir, durante los últimos 15 segundos de este intervalo, rápidamente raspar los lados del tazón y colocar dentro de la amasada el mortero que



pueda haberse adherido a la pared del tazón, luego volver a mezclar durante 15 segundos a velocidad media.

6.6.6.4 *Moldeo de los especímenes de ensayo.*

Compactar el mortero en los moldes por apisonado manual o por un método alternativo calificado. Los métodos alternativos incluyen la utilización de una mesa vibratoria u otros dispositivos mecánicos pero no se limitan a ellos.

Apisonado manual. El llenado de los moldes debe iniciarse dentro de un intervalo de tiempo no mayor de 2 minutos y 30 segundos después de completar el primer mezclado de la amasada del mortero. Los moldes deben llenarse en dos capas. Colocar una capa de mortero de alrededor de 25 mm de espesor (aproximadamente la mitad de la profundidad del molde) en todos los compartimentos cúbicos y apisonar el mortero en cada compartimento cúbico 32 veces en alrededor de 10 segundos, en 4 rondas, en cada ronda se debe compactar con 8 golpes, en dirección perpendicular a la anterior. La presión de compactación debe ser solo la suficiente para asegurar un llenado uniforme de los moldes y se deben completar 4 rondas de apisonado del mortero (32 golpes) en un cubo antes de pasar al siguiente. Una vez terminada la compactación de la primera capa en todos los compartimentos cúbicos, llenar los compartimentos con el mortero restante y compactar como se ha especificado para la primera capa. Durante la compactación de la segunda capa, mediante el compactador y los dedos con las manos enguantadas, colocar nuevamente al interior el mortero que haya rebosado sobre el borde superior de los moldes después de cada ronda de compactación, hasta completar cada una de las rondas y antes de empezar la siguiente ronda de apisonado. Al finalizar la compactación, la superficie de mortero en todos los cubos debe sobresalir ligeramente sobre el borde de los moldes. Retirar con una espátula el mortero que ha rebosado sobre el borde de los moldes y alisar los cubos pasando una vez el lado plano de la espátula (con el borde guía ligeramente levantado), a través de la superficie de cada cubo en sentido perpendicular con el largo del molde; luego, con el propósito de nivelar el mortero y hacer que el mortero que sobresale del borde del molde sea de espesor más uniforme, se pasa suavemente el lado plano de la espátula (con el borde guía ligeramente levantado) una vez a lo largo de la longitud del molde. Cortar el mortero hasta una superficie plana, coincidente con el borde del molde pasando el borde recto de la espátula (sostenida casi perpendicularmente al molde) con un movimiento de aserrado a lo largo del molde.

Anexo 7. Procedimiento para el análisis químico en el FRX de la cal hidratada 2, cemento blanco 2 y carbonato de calcio “A”

Este análisis se le realizó en el equipo FRX del Grupo Industrial Graiman. Para ello, se realizó el siguiente procedimiento:

- 7.1 Preparar muestra de 1 gramo de aglomerante con 10 a 12 gramos de cal/cemento/carbonato de calcio.
- 7.2 Colocación de la muestra en un molino mecánico y luego mediante vibración se muele la muestra.
- 7.3 Luego se elabora una pastilla mediante presión a la muestra y se le lleva al equipo refractómetro de rayos x para su análisis.
- 7.4 Análisis obtenido en el equipo FRX previamente programado con un patrón que permite el análisis de la muestra.

El resultado de este análisis se muestra en la tabla 3,4 – 3,5 y 3,6.



Ilustración 14. Elaboración de la muestra analizada en el espectrofotómetro de fluorescencia de Rayos X Bruker S8 Tiger.

Elaborado por: Autora



Anexo 8. Procedimiento para la prueba de permeabilidad de la superficie (absorción de agua).

Aparatos (equipo) de ensayo: Tubo (tipo A - para superficie horizontal), material de sellado (plastilina) y agua.

Observación: El método de ensayo no puede utilizarse para superficies muy estructuradas debido a problemas de sellado.

Procedimiento:

- 8.1 Determinar la zona donde se realizará el ensayo.
- 8.2 La superficie de ensayo debe estar limpia y seca.
- 8.3 Pegar la tubería del ensayo con plastilina. Coloque el material de sellado en forma de anillo, de modo que garantice la superficie de contacto del tubo de vidrio.
- 8.4 Presione el área y selle con plastilina adicional desde el exterior. No se permite que el agua salga del sellado.
- 8.5 Llenar el tubo con agua hasta la marca de 5 mililitros.
- 8.6 Seguidamente, revisar después de 5 minutos de tiempo de espera.
- 8.7 A continuación, compruebe la diferencia entre la cantidad de llenado (5 mililitros) y la nueva marca de la escala.
- 8.8 Hacer las lecturas de absorción a los 10' y 15'; la diferencia entre las lecturas, después de 5' y 15' expresa la absorción en gramos sobre la superficie de 5cm² en 10'.
- 8.9 Determinar el agua residual en mililitros.

WAC 5'= Coeficiente de absorción de agua a los 5 minutos

WAC 10'= Coeficiente de absorción de agua a los 10 minutos

WAC 15'= Coeficiente de absorción de agua a los 15 minutos

$$WAC = WAC 15' - WAC 5'$$

Nota: Para realizar esta prueba en las formulaciones para el empaste monocomponente (exteriores) se dejó la probeta sobre la superficie del producto por un tiempo de 8 horas, y para el empaste bicomponente (interiores) se mantuvo la probeta sobre la superficie del producto por 5 horas.

A continuación, se estima un grado de permeabilidad en función del agua que penetra en 10 minutos según tabla 3.8.



Anexo 9. Procedimiento para realizar la prueba de pH.

La forma de uso de las tiritas para medir el pH es muy sencilla.

- 9.1 En un recipiente plástico perfectamente limpio, ponemos el agua (empaste exteriores) o resina (empaste interiores) a emplearse en 100 gramos de producto, agregamos el polvo y mezclamos (es importante que no tenga impurezas para que no se den resultados erróneos).
- 9.2 Separamos una tira reactiva que se usa para la prueba.
- 9.3 Humedecer ligeramente la tira en la mezcla (el tiempo dependerá de la marca de libro reactivo utilizado, ya que éste puede variar desde 1 hasta 20 segundos según el fabricante).
- 9.4 Retiramos la tira de la mezcla una vez transcurrido el tiempo.
- 9.5 Comparamos el color que resulta en la tira con la gráfica que proporciona el fabricante para averiguar el valor. Lo normal, es que los valores ácidos se representen con tonos cálidos (rojos, anaranjados, etc.) y los valores alcalinos, se representen con colores más fríos.