



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

“EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS PROPIEDADES
MECÁNICAS ENTRE EL YESO Y EL YESO ADICIONADO CON
MATERIALES RECICLADOS SEGÚN LA NORMA UNE-EN 13279-
2 PARA SU USO EN LA FABRICACIÓN DE PLACAS DE YESO.”

Presentado por la Bachiller:

Mamani Delgado, Dina

Para optar al Título Profesional de
Ingeniero Civil

Asesor:

Ing. Edson Salas Fortón

CUSCO - PERÚ

2016



DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios, a mi familia, quienes siempre me brindaron su apoyo incondicional, a mis compañeros de estudio, a mis maestros y amigos, de quienes sin su ayuda nunca hubiera podido realizar esta tesis. A todos ellos mi más profundo agradecimiento.

Dina Mamani Delgado



AGRADECIMIENTOS

Primero que nada, agradecer a Dios por estar siempre en mi vida, a Él le debo quien soy, a Él mi más profundo agradecimiento.

A mis Padres: Beltran Francisco Mamani Vilca y Eusebia Delgado Puelles quienes supieron guiarme por el camino correcto, gracias por sus palabras de apoyo, por estar siempre conmigo, y sin duda, por vuestro incondicional apoyo para que pudiera iniciar y terminar mi carrera. Gracias por todo vuestro esfuerzo y sacrificio mostrado.

A mis hermanos: Kari y Raúl por su alegría, compañía y el interés que han mostrado en todos mis proyectos. Gracias hermanos por ser parte de la familia.

A Dany D. Becerra Martinez: A quien sin su ayuda no hubiese podido iniciar y concluir esta carrera. Gracias Dany por tu incondicional apoyo.

A Lourdes Acha Chaisa: A quien sin su ayuda no hubiese podido realizar los ensayos de laboratorio. Muchísimas gracias amiga.

A mis amig@s: A quienes Dios los puso en mi camino y de quienes he aprendido muchísimo.



RESUMEN

En los últimos años el yeso como material de construcción ha tomado bastante protagonismo dentro del sistema drywall como, por ejemplo, la tabiquería para interiores, cielos rasos y revestidos; debido a sus excelentes propiedades mecánicas y bajo costo. Al ser el yeso un material de bajo peso le restará carga muerta a la edificación, ya que el yeso es un material bastante ligero.

Debido a ello, es que el yeso es un material bastante estudiado en sus distintas formas, sobre todo en los países de Europa ya que su producción en dicho país es mayor a nivel mundial.

En base a lo expuesto, es que el presente trabajo de investigación busca incrementar las propiedades mecánicas del yeso, tales como:

- Resistencia a compresión
- Resistencia a flexión
- Dureza

Para lo cual se elaboraron probetas únicamente de yeso y otras con yeso adicionado con material reciclado, tales como: celulosa, corcho, caucho, y polímero. Las que fueron sometidas a ensayos de resistencia a la compresión, flexión y dureza bajo las normas internacionales europeas:

- UNE-EN 13279-2 - Yesos de construcción y conglomerantes a base de yeso para la construcción. MÉTODOS DE ENSAYO

Finalmente, se hizo una evaluación comparativa de los resultados de los ensayos entre **las probetas preparadas únicamente con mezcla de yeso (parámetro de comparación) y las probetas de yeso adicionado con material reciclado**; los resultados obtenidos fueron afirmativos para las hipótesis planteadas, cabe resaltar que la celulosa sin duda mejoró ampliamente las propiedades de resistencia del yeso.

PALABRAS CLAVE: Propiedades mecánicas, probetas, yeso, corcho, caucho, polímero, celulosa, flexión, compresión, dureza.



ABSTRACT

In recent years the plaster as a building material has taken enough prominence within the drywall system, for example, interior partition walls, ceilings and coated; due to its excellent mechanical properties and low cost. Since the plaster is a material of low weight it will reduce the building's dead load.

Because of this, the plaster is a material quite studied in its various forms, especially in european countries where its production is the highest worldwide.

Based on the above, the present research aims to increase the mechanical properties of plaster, such as:

- Compressive strength
- Flexural strength
- Hardness

For the development of this research two types of molds were made, the first based only the plaster and the latter with additional materials such as cellulose, cork, rubber, and polymer. These were subjected to tests of resistance to compression, flexure and hardness under european international standards:

•UNE-EN 13279-2 - Building plasters and gypsum-based binders for construction. TEST METHODS

Finally, a comparative evaluation of the test results from molds made only with plaster mixture (comparison parameter) and plaster molds made with added recycled material were made; the results were affirmative for the hypotheses, it should be noted that cellulose certainly vastly improved resistance properties of plaster.

KEYWORDS: Mechanical properties, molds, plaster, cork, rubber, polymer, cellulose, bending, compression, hardness.



INTRODUCCIÓN

Actualmente la actividad de fabricación de placas de yeso está ampliamente distribuida a nivel nacional e internacional, la producción de estas placas se hace cada vez en mayores cantidades y están fabricadas con los más estrictos controles y estándares de calidad internacional. La construcción con placas de yeso resuelve hoy los requerimientos especiales para el diseño de edificios modernos y recibe amplia aceptación en el boom de la construcción.

La ciudad del Cusco no es ajena al uso de yeso en sus edificaciones. Debido a que los altos costos actuales que demanda construir una vivienda de concreto armado, obliga a optar y a emplear nuevos estilos y tecnologías que hagan frente a las demandas de edificaciones más económicas. Y es aquí donde encaja perfectamente el uso de placas de yeso, debido al abanico de ventajas que ésta presenta, puesto que es más económico, brinda mayor rapidez en su construcción o armado, funciona como aislante térmico y acústico, y cuenta con una excelencia en lo que se refiere a nivel de acabados.

En merito a su gran importancia, es necesario conocer a detalle las características y ventajas que hacen del yeso, un material bastante usado. Por ello se planteó realizar una evaluación de dicho material, al que se le añadió materiales reciclados, como: celulosa (bolsas de cemento), corcho (tapones de botellas de vino), caucho (cámara de neumáticos) y polímeros (botellas descartables). Para realización de dicha evaluación, se elaboraron probetas de yeso, yeso más caucho, yeso más corcho, yeso más celulosa y yeso más polímero, dichas probetas fueron sometidas a ensayos de compresión, flexión y dureza.

Finalmente, de manera gráfica se mostraron los resultados de los ensayos tomando como parámetro de comparación la probeta elaborada únicamente con yeso.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
RESUMEN	IV
ABSTRACT	V
INTRODUCCIÓN	VI
ÍNDICE GENERAL.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIV
CAPÍTULO I.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.1.2.1. PROBLEMA GENERAL	2
1.1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	2
1.2. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
1.2.1. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA	2
1.2.2. JUSTIFICACIÓN SOCIAL	2
1.2.3. JUSTIFICACIÓN POR VIABILIDAD.....	3
1.2.4. JUSTIFICACIÓN POR RELEVANCIA	3
1.3. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.3.1. LIMITACIONES DE MATERIALES	3
1.3.2. LIMITACIONES DE INSTRUMENTOS.....	4
1.3.3. LIMITACIONES DE PRUEBAS	4
1.4. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
1.4.1. OBJETIVO GENERAL	4
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
1.5. HIPÓTESIS.....	5
1.5.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	5
1.5.2. SUB HIPÓTESIS.....	5
1.6. DEFINICIÓN DE VARIABLES	5
1.6.1. VARIABLE INDEPENDIENTES	5
1.6.2. VARIABLES DEPENDIENTES.....	6
1.6.3. CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	7
CAPITULO II.....	8
MARCO TEÓRICO	8
2.1. ANTECEDENTES DE LA TESIS	8
2.1.1. ANTECEDENTES A NIVEL LOCAL.....	8



- 2.1.2. ANTECEDENTES A NIVEL NACIONAL 8
- 2.1.3. ANTECEDENTES A NIVEL INTERNACIONAL.....11
- 2.2. ASPECTOS TÉCNICOS PERTINENTES.....12
 - 2.2.1. YESO.....12
 - 2.2.1.1. HISTORIA DEL YESO 12
 - 2.2.1.2. FABRICACIÓN DEL YESO..... 14
 - 2.2.1.3. CARACTERÍSTICAS DEL YESO 15
 - 2.2.1.3.1. NATURAL 15
 - 2.2.1.3.2. ECOLÓGICO 16
 - 2.2.1.3.3. REGULADOR HIGROMÉTRICO..... 16
 - 2.2.1.3.4. AISLAMIENTO TÉRMICO 16
 - 2.2.1.3.5. PROTECCIÓN CONTRA EL FUEGO 17
 - 2.2.1.3.6. BLANCURA..... 17
 - 2.2.1.3.7. FRAGUADO..... 17
 - 2.2.1.3.8. EXPANSIÓN 18
 - 2.2.1.3.9. RESISTENCIA 18
 - 2.2.1.3.10. ADHERENCIA 18
 - 2.2.1.3.11. COMPORTAMIENTO ACÚSTICO..... 19
 - 2.2.1.3.12. CRISTALIZACIÓN..... 19
 - 2.2.1.4. PROPIEDADES DEL YESO 20
 - 2.2.1.4.1. PROPIEDADES FÍSICAS 20
 - 2.2.1.4.2. PROPIEDADES QUÍMICAS 22
 - 2.2.1.4.3. PROPIEDADES MECÁNICAS..... 22
 - 2.2.1.5. TIPOS DE YESO..... 23
 - 2.2.1.5.1. CONGLOMERANTES DE YESO 24
 - 2.2.1.5.2. TIPOS DE YESO SEGÚN RY-85 25
 - 2.2.1.5.3. DESIGNACIÓN DE LOS CONGLOMERANTES 28
 - 2.2.1.6. APLICACIONES DEL YESO..... 29
 - 2.2.2. CELULOSA.....31
 - 2.2.2.1. FIBRAS DE CELULOSA 31
 - 2.2.2.2. ORIGEN Y CARACTERÍSTICAS 32
 - 2.2.2.3. PROPIEDADES DE LA CELULOSA..... 32
 - 2.2.2.3.1. PROPIEDADES MECÁNICAS Y FÍSICAS 33
 - 2.2.2.4. PAPEL KRAFT 34
 - 2.2.2.4.1. BOLSAS DE CEMENTO CON PAPEL KRAFT 35
 - 2.2.3. CAUCHO 35
 - 2.2.3.1. TIPOS DE CAUCHO 36
 - 2.2.3.2. NEÚMATICOS 36
 - 2.2.3.2.1. PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CAUCHO 38
 - 2.2.4. CORCHO 39
 - 2.2.4.1. ORIGEN DEL CORCHO 39
 - 2.2.4.2. TAPONES DE CORCHO 40
 - 2.2.4.3. PROPIEDADES DEL CORCHO 41
 - 2.2.4.3.1. PROPIEDADES FÍSICAS 41
 - 2.2.4.4. FICHA TÉCNICA DEL TAPÓN DE CORCHO 42
 - 2.2.5. POLÍMEROS.....42
 - 2.2.5.1. POLÍMEROS SEGÚN SU ORIGEN 43
 - 2.2.5.1.1. NATURALES:..... 43
 - 2.2.5.1.2. ARTIFICIALES 44
 - 2.2.5.2. PROPIEDADES 44
 - 2.2.5.2.1. BOTELLAS DESCARTABLES – PET (POLIETILÉNTEREFALATO) 45



- 2.2.6. NORMAS45
- 2.2.7. MOLDES.....46
- 2.3. PROPIEDADES MECÁNICAS47
 - 2.3.1. RESISTENCIA A COMPRESIÓN.....47
 - 2.3.1.1. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN 47
 - 2.3.1.2. EXPRESIÓN DE RESULTADOS 47
 - 2.3.2. RESISTENCIA A FLEXIÓN.....48
 - 2.3.2.1. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A FLEXIÓN..... 48
 - 2.3.2.2. EXPRESIÓN DE RESULTADOS 48
 - 2.3.3. DUREZA49
 - 2.3.3.1. DETERMINACIÓN DE LA DUREZA BRINELL..... 49
 - 2.3.3.2. EXPRESIÓN DE RESULTADOS 49
- 2.4. DOSIFICACIÓN DE MATERIAL RECICLADO.....50
- CAPÍTULO III.....52**
- METODOLOGÍA.....52**
- 3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN52
 - 3.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....52
 - 3.1.1.1 INVESTIGACIÓN CUANTITATIVA 52
 - 3.1.2. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN.....53
 - 3.1.3. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....53
 - 3.1.3.1 HIPOTÉTICO - DEDUCTIVO 53
- 3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN54
 - 3.2.1. DISEÑO METODOLOGICO54
 - 3.2.2. DISEÑO DE INGENIERÍA.....55
- 3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA.....56
 - 3.3.1. POBLACIÓN56
 - 3.3.1.2 DESCRIPCIÓN DE LA POBLACIÓN 56
 - 3.3.1.3 CUANTIFICACIÓN DE LA POBLACIÓN 56
 - 3.3.2. MUESTRA57
 - 3.3.2.1 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA 57
 - 3.3.2.2 CUANTIFICACIÓN DE LA MUESTRA..... 57
 - 3.3.2.3 MÉTODO DE MUESTREO 58
 - 3.3.2.4 CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE MUESTRA..... 58
 - 3.3.3. CRITERIOS DE INCLUSION 59
- 3.4. INSTRUMENTOS59
 - 4.4.1. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS (IRD)59
 - 4.4.1.1. IRD RELACIÓN AGUAYESO – AMASADO A SATURACIÓN 60
 - 4.4.1.2. IRD TIEMPO DE FRAGUADO – CONO DE VICAT 61
 - 4.4.1.3. IRD ENSAYO DE FLEXIÓN..... 62
 - 4.4.1.4. IRD ENSAYO DE COMPRESIÓN..... 63
 - 4.4.1.5. IRD ENSAYO DE DUREZA – BRINELL 64
 - 4.4.2. INSTRUMENTOS DE INGENIERÍA65
 - 4.4.2.1. MAQUINA DE COMPRESIÓN ACCUTECK..... 65
 - 4.4.2.2. EQUIPO UNIVERSAL PARA ENSAYO DE MATERIALES 66
 - 4.4.2.3. BALANZA 66
- 3.5. RECOLECCIÓN DE DATOS (RD).....67
 - 4.5.1. RD MÉTODO DE AMASADO A SATURACIÓN (AS) - RELACIÓN DE AGUAYESO67



- 4.5.1.1. EQUIPOS Y MATERIALES – AS 67
- 4.5.1.2. PROCEDIMIENTO – AS 68
- 4.5.1.3. TOMA DE DATOS – AS..... 70
- 4.5.2. RD MÉTODO DEL CONO DE VICAT (CV) - TIEMPO DE FRAGUADO.71
 - 4.5.2.1. EQUIPOS Y MATERIALES – CV 71
 - 4.5.2.2. PROCEDIMIENTO – CV 72
 - 4.5.2.3. DATOS OBTENIDOS – CV..... 75
- 4.5.3. RD ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (RF).....76
 - 4.5.3.1. EQUIPOS Y MATERIALES - RF 76
 - 4.5.3.2. PROCEDIMIENTO - RF 78
 - 4.5.3.2.1. ENSAYO DE RF DEL YESO 78
 - 4.5.3.2.2. ENSAYO DE RF DE YESO CON CAUCHO 82
 - 4.5.3.2.3. ENSAYO DE RF DE YESO CON CORCHO 86
 - 4.5.3.2.4. ENSAYO DE RF DE YESO CON POLÍMERO 90
 - 4.5.3.2.5. ENSAYO DE RF DE YESO CON CELULOSA 92
 - 4.5.3.3. DATOS OBTENIDOS DE RF 96
 - 4.5.3.3.1. DATOS OBTENIDOS DE RF DE YESO 96
 - 4.5.3.3.2. DATOS OBTENIDOS DE RF DE YESO CON CAUCHO 97
 - 4.5.3.3.3. DATOS OBTENIDOS DE RF DE YESO CON CORCHO 98
 - 4.5.3.3.4. DATOS OBTENIDOS DE RF DE YESO CON POLÍMERO 99
 - 4.5.3.3.5. DATOS OBTENIDOS DE RF DE YESO CON CELULOSA 100
- 4.5.4. RD ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (RC)101
 - 4.5.4.1. EQUIPOS Y MATERIALES – RC 101
 - 4.5.4.2. PROCEDIMIENTO - RC..... 102
 - 4.5.4.2.1. ENSAYO DE RC DE YESO 102
 - 4.5.4.2.2. ENSAYO DE RC DE YESO CON CAUCHO 103
 - 4.5.4.2.3. ENSAYO DE RC DE YESO CON CORCHO 104
 - 4.5.4.2.4. ENSAYO DE RC DE YESO CON POLIMERO..... 104
 - 4.5.4.2.5. ENSAYO DE RC DE YESO CON CELULOSA 105
 - 4.5.4.3. DATOS OBTENIDOS DE RC..... 106
 - 4.5.4.3.1. DATOS OBTENIDOS DE RC DE YESO 106
 - 4.5.4.3.2. DATOS OBTENIDOS DE RC DE YESO CON CAUCHO 107
 - 4.5.4.3.3. DATOS OBTENIDOS DE RC DE YESO CON CORCHO 108
 - 4.5.4.3.4. DATOS OBTENIDOS DE RC DE YESO CON POLÍMERO 109
 - 4.5.4.3.5. DATOS OBTENIDOS DE RC DE YESO CON CELULOSA 110
- 4.5.5. ENSAYO DE DUREZA DE BRINELL (DB).....111
 - 4.5.5.1. EQUIPOS Y MATERIALES - DB 111
 - 4.5.5.2. PROCEDIMIENTO - DB..... 111
 - 4.5.5.2.1. DUREZA DE BRINELL DEL YESO 111
 - 4.5.5.2.2. DUREZA DE BRINELL DEL YESO CON CAUCHO 114
 - 4.5.5.2.3. DUREZA DE BRINELL DEL YESO CON CORCHO 116
 - 4.5.5.2.4. DUREZA DE BRINELL DE YESO CON POLÍMERO 117
 - 4.5.5.2.5. DUREZA DE BRINELL DEL YESO CON CELULOSA 119
 - 4.5.5.3. DATOS OBTENIDOS DE DB..... 121
 - 4.5.5.3.1. DATOS OBTENIDOS DE DB DEL YESO 121
 - 4.5.5.3.2. DATOS OBTENIDOS DE DB DEL YESO CON CAUCHO 122
 - 4.5.5.3.3. DATOS OBTENIDOS DE DB YESO CON CORCHO 123
 - 4.5.5.3.4. DATOS OBTENIDOS DE DB DEL YESO CON POLÍMERO 124
 - 4.5.5.3.5. DATOS OBTENIDOS DE DB DEL YESO CON CELULOSA 125
- 3.6. PROCEDIMIENTOS DE ANALISIS DE DATOS126



- 4.6.1. RELACIÓN AGUA/YESO – MÉTODO DE AMASADO A SATURACIÓN 126
 - 4.6.1.1. PROCESAMIENTO Y CÁLCULOS 126
 - 4.6.1.2. DIAGRAMAS Y TABLAS..... 127
 - 4.6.1.2.1. FICHA RESULTADO DE RELACIÓN AGUA/YESO 127
 - 4.6.1.2.2. DIAGRAMA RELACIÓN AGUA / YESO 128
 - 4.6.1.2.3. ANÁLISIS DE LA PRUEBA..... 128
- 4.6.2. TIEMPO DE FRAGUADO – MÉTODO DEL CONO DE VICAT 129
 - 4.6.2.1. PROCESAMIENTO Y CÁLCULOS 129
 - 4.6.2.2. DIAGRAMAS Y TABLAS..... 130
 - 4.6.2.2.1. FICHA RESULTADO 130
 - 4.6.2.2.2. DIAGRAMA FRAGUADO VS TIEMPO 131
 - 4.6.2.2.3. ANÁLISIS DE LA PRUEBA..... 131
- 4.6.3. RESISTENCIA A FLEXIÓN..... 132
 - 4.6.3.1. PROCESAMIENTO Y CÁLCULOS 132
 - 4.6.3.1.1. PROBETAS DE YESO 132
 - 4.6.3.1.2. PROBETAS DE YESO ADICIONADO CON CAUCHO 133
 - 4.6.3.1.3. PROBETAS DE YESO ADICIONADO CON CORCHO 134
 - 4.6.3.1.4. PROBETAS DE YESO ADICIONADO CON POLÍMERO 135
 - 4.6.3.1.5. PROBETAS DE YESO ADICIONADO CON CELULOSA 136
 - 4.6.3.2. DIAGRAMA 137
 - 4.6.3.3. ANÁLISIS DE PRUEBA 137
- 4.6.4. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN 138
 - 4.6.4.1. PROCESAMIENTO Y CÁLCULOS 138
 - 4.6.4.1.1. PROBETAS DE YESO 138
 - 4.6.4.1.2. PROBETAS DE YESO ADICIONADO CON CAUCHO 139
 - 4.6.4.1.3. PROBETAS DE YESO ADICIONADO CON CORCHO 140
 - 4.6.4.1.4. PROBETAS DE YESO ADICIONADO CON POLÍMERO 141
 - 4.6.4.1.5. PROBETAS DE YESO ADICIONADO CON CELULOSA 142
 - 4.6.4.2. DIAGRAMAS 143
 - 4.6.4.3. ANÁLISIS DE PRUEBA 143
- 4.6.5. DUREZA BRINELL 144
 - 4.6.5.1. PROCESAMIENTO Y CÁLCULOS 144
 - 4.6.5.1.1. PROBETAS DE YESO 144
 - 4.6.5.1.2. PROBETAS DE YESO ADICIONADO CON CAUCHO 145
 - 4.6.5.1.3. PROBETAS DE YESO ADICIONADO CON CORCHO 146
 - 4.6.5.1.4. PROBETAS DE YESO ADICIONADO CON POLÍMERO 147
 - 4.6.5.1.5. PROBETAS DE YESO ADICIONADO CON CELULOSA 148
 - 4.6.5.2. DIAGRAMA 149
 - 4.6.5.3. ANÁLISIS DE PRUEBA 149
- CAPÍTULO IV 150**
- RESULTADOS 150**
 - 5.1. DIAGRAMAS RESUMEN 150
 - 5.1.1. DIAGRAMA RESUMEN DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN 150
 - 5.1.2. DIAGRAMA RESUMEN DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN 151
 - 5.1.3. DIAGRAMA RESUMEN DE LA PRUEBA DE DUREZA 152
 - 5.1.4. TABLA Y DIAGRAMA GENERAL 153
- CAPÍTULO V 157**



DISCUSIÓN	157
GLOSARIO	159
CONCLUSIONES	162
RECOMENDACIONES	164
BIBLIOGRAFÍA	165



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 01: Variables Independientes. 5

Tabla N° 02: Variables Dependientes..... 6

Tabla N° 03: Cuadro de Operacionalización de Variables. 7

Tabla N° 04: Historia del yeso cronológico.12

Tabla N° 05: Dureza de minerales según la escala de Mohs.....21

Tabla N° 06: Valores de resistencia a la compresión, flexión y dureza.22

Tabla N° 07: Valores de las propiedades mecánicas de la clasificación C del yeso. ..23

Tabla N° 08: Tipos de conglomerantes a base de yeso y de yesos para la construcción.....24

Tabla N° 09: Tipos de conglomerantes a base de yeso y de yesos para la construcción.....25

Tabla N° 10: Clases y características del yeso según RY-85.27

Tabla N° 11: Clasificación del yeso con fraguado controlado.28

Tabla N° 12: Comparación de fibras celulósicas.33

Tabla N° 13: Propiedades físicas del caucho.38

Tabla N° 14: Proceso de fabricación de tapones de corcho.40

Tabla N° 15: Ficha técnica del tapón de corcho.42

Tabla N° 16: Densidad, conductividad térmica y eléctrica de diferentes materiales....44

Tabla N° 17: Polímeros de condensación de uso frecuente.45

Tabla N° 18: Cuantificación de la Población.56

Tabla N° 19: Cuantificación de la Muestra.....58

Tabla N° 20: Instrumentos de Ingeniería.65

Tabla N° 21: Fraguado versus Tiempo del yeso..... 128

Tabla N° 22: Amasado a saturación..... 128

Tabla N° 23: Fraguado versus Tiempo del yeso..... 131

Tabla N° 24: Resultados del Ensayo de Flexión..... 137

Tabla N° 25: Resultados del Ensayo de Compresión. 143

Tabla N° 26: Resultados del Ensayo de Dureza de Brinell. 149

Tabla N° 27: Resumen de resultados..... 153

Tabla N° 28: Incrementos en % de las Propiedades Mecánicas del yeso adicionado con material reciclado. 155

Tabla N° 29: Porcentaje de incrementos para cada material reciclado adicionado... 162



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 01: El yeso.13

Figura N° 02: Uso de yeso y cal en la esfinge y pirámides egipcias.13

Figura N° 03: Proceso de fabricación del yeso.14

Figura N° 04: Yeso fibroso.16

Figura N° 05: Yeso alabastro y cristalino.19

Figura N° 06: Yeso Selenita y Yeso Rojo.20

Figura N° 07: Yeso Rosa del desierto.20

Figura N° 08: Yesos comercializables etiquetados según la norma RY-85.29

Figura N° 09: Estructura fibrosa de la celulosa. (a) Región amorfa. (c) Región cristalina.31

Figura N° 10: Celulosa procedente de la madera. (a) Celulosa cruda o Kraft. (b) Celulosa Blanqueada (celulosa química).32

Figura N° 11: Monómero de Celulosa.32

Figura N° 12: Distintas fases del Kraft.34

Figura N° 13: Extracción del caucho.35

Figura N° 14: Componentes del neumático.37

Figura N° 15: Corcho natural.39

Figura N° 16: Cilindro de corcho con sus diferentes partes.40

Figura N° 17: Polímero – botellas descartables.43

Figura N° 18: Fases de Investigación cuantitativa.52

Figura N° 19: Máquina de compresión Accuteck.65

Figura N° 20: Máquina de Universal para Ensayo de materiales.66

Figura N° 21: Balanza de Precisión 0.1.67

Figura N° 22: Materiales y equipos – Ensayo Amasado a Saturación.67

Figura N° 23: Materiales y equipos – Ensayo Cono de Vicat.71

Figura N° 24: Materiales y equipos – Ensayo resistencia a la Flexión.76

Figura N° 25: Materiales y equipos – Ensayo de Resistencia a la Compresión.101

Figura N° 26: Materiales y equipos – Ensayo de Dureza Brinell.111

Figura N° 27: Relación de escales Mohs y Brinell153

Figura N° 28: Valores máximos de los incrementos de las propiedades mecánicas del yeso.154



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

1.1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Se sabe que el yeso es un material poco resistente cuando se trata de soportar cargas considerables, es por ello que el yeso no es un material con responsabilidad estructural; para mejorar sus propiedades de resistencia se le ha añadido un sinnúmero de compuestos químicos, materiales y ha sido sometido a distintos ensayos, tratando de incrementar de algún modo dichas propiedades.

El yeso como material no tiene buena resistencia ante fuerzas normales, fuerzas de corte, ni mucho menos podrán soportar momentos ni deformaciones. Por ende, se pretende mejorar sus propiedades mecánicas adicionándole materiales que mejoren e incrementen la resistencia a compresión y a flexión.

Otra de las falencias de este material es que no tiene muy buena dureza, no en vano el yeso es el segundo material menos duro según la escala de Mohs, es decir el yeso fácilmente podría quebrarse ante fuerzas de impacto.

El avance, la mejora y la incorporación de nuevos materiales de construcción vienen de la mano con el deterioro ambiental y el aumento de desechos industriales, es por ello que hoy en día se aprecia una gran variedad de materiales de construcción elaborados a base de materiales reciclados, de modo que se logre mitigar en cierta medida la contaminación ambiental, haciendo nuestro entorno más sostenible.

Una muestra de ello, es el presente tema de investigación sobre el yeso, al que se le ha añadido distintos materiales reciclados con los que se intentará mejorar sus propiedades de resistencia y dureza.



1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál será la variación de las propiedades mecánicas entre el yeso y el yeso adicionado con materiales reciclados según la norma UNE-EN 13279-2 para su uso en la fabricación de placas de yeso?

1.1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- **PROB. ESPECÍFICO N° 01:** ¿Cuál será la resistencia a la compresión del yeso y yeso adicionado con material reciclado (caucho, corcho, polímero o celulosa)?
- **PROB. ESPECÍFICO N° 02:** ¿Cuál será la resistencia a la flexión del yeso y yeso adicionado con material reciclado (caucho, corcho, polímero o celulosa)?
- **PROB. ESPECÍFICO N° 03:** ¿Cuál será la dureza del yeso y yeso adicionado con material reciclado (caucho, corcho, polímero o celulosa)?

1.2. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

El presente trabajo de investigación desde el punto de vista ingenieril se justifica en la gran importancia de contar con información acerca de qué tipos de material reciclado (celulosa, corcho, caucho y polímero) mejoran las propiedades mecánicas del yeso y cuáles no. Ello permitirá tomar decisiones acertadas para futuras investigaciones que se proponen en el apartado de recomendaciones de la presente investigación.

1.2.2. JUSTIFICACIÓN SOCIAL

El presente trabajo de investigación desde el punto de vista social se justifica, en:

- Busca ser el punto de partida de nuevos temas de investigación sobre yeso para los futuros tesis, puesto que en la carrera de Ingeniería Civil no existe ningún tema de investigación relacionado con el yeso.



- Se logra un ambiente sostenible reutilizando desechos industriales como celulosa, corcho, caucho y polímero.
- El yeso es una gran alternativa del sistema drywall (placas de yeso), puesto que son de fácil colocación, brinda un entorno habitable y de confort para las personas.

1.2.3. JUSTIFICACIÓN POR VIABILIDAD

El presente trabajo de investigación desde el punto de vista viable, no presentó ningún inconveniente para su realización, puesto que se contó con los equipos y materiales necesarios para poder realizar los ensayos. Y desde el punto de vista económico, no presentó ningún inconveniente puesto que la mezcla del yeso se realizó usando materiales reciclados lo cual redujo los costos que implicó dicha investigación.

1.2.4. JUSTIFICACIÓN POR RELEVANCIA

El presente trabajo de investigación desde el punto relevante, permitió profundizar y aplicar conocimientos de ingeniería que se requieren, además el presente estudio ayudó a determinar qué material reciclado le da al yeso una excelente resistencia y cuales tienen un aporte nulo, esto permitirá descartarlo cuando se trate de hacer del yeso un material bastante resistente.

1.3. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. LIMITACIONES DE MATERIALES

El presente trabajo investigativo se limita a trabajar con los siguientes materiales:

- Yeso calcinado (sulfato de calcio hemihidratado)
- Agua
- Celulosa en un 10% (bolsas de cemento reciclado con $\varnothing=10\text{mm}$)
- Corcho en un 10% (tapones de botellas de vino con $\varnothing=10\text{mm}$)
- Caucho en un 10% (cámara de neumáticos reciclados con $\varnothing=10\text{mm}$)
- Polímero en un 10% (botellas de agua mineral recicladas con $\varnothing=10\text{mm}$)



1.3.2. LIMITACIONES DE INSTRUMENTOS

- No se dispuso de una cantidad suficiente de moldes, para realizar las probetas, solo se dispuso de 2 moldes de madera con 5 probetas cada una. Las caras interiores de los moldes fueron pintadas con acrílico para evitar que la madera le quite la humedad al yeso y para un desmolde íntegro de las probetas; es decir, para garantizar la no adherencia del yeso al molde.

1.3.3. LIMITACIONES DE PRUEBAS

El presente trabajo investigativo se limitó a la realización de los siguientes ensayos de laboratorio:

- Resistencia a la Compresión
- Resistencia a la Flexión
- Dureza

Los ensayos en todos los casos se hicieron a los 7 días de haber sido desmoldadas las probetas.

1.4. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

- Comparar las propiedades mecánicas (resistencia a la compresión, flexión y dureza) entre el yeso y el yeso adicionado con materiales reciclados (celulosa, corcho, caucho y polímero) según la norma UNE-EN 13279-2 para su uso en la fabricación de placas de yeso.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- **OBJ. ESPECÍFICO N° 01:** Determinar la resistencia a la compresión del yeso y del yeso adicionado con materiales reciclados (celulosa, corcho, caucho o polímero).
- **OBJ. ESPECÍFICO N° 02:** Determinar la resistencia a la flexión del yeso y del yeso adicionado con materiales reciclados (celulosa, corcho, caucho o polímero).
- **OBJ. ESPECÍFICO N° 03:** Determinar la dureza del yeso y del yeso adicionado con materiales reciclados (celulosa, corcho, caucho o polímero).



1.5. HIPÓTESIS

1.5.1. HIPÓTESIS GENERAL

- **HIPOTESIS CENTRAL:** Existe una diferencia significativa entre las propiedades mecánicas del yeso y el yeso adicionado con materiales reciclados (celulosa, corcho, caucho y polímero).

1.5.2. SUB HIPÓTESIS

- **HIPOTESIS N° 01:** La resistencia a la compresión del yeso será menor que el yeso adicionado con materiales reciclados (celulosa, corcho, caucho y polímero).
- **HIPÓTESIS N° 02:** La resistencia a la flexión del yeso será menor que el yeso adicionado con materiales reciclados (celulosa, corcho, caucho y polímero).
- **HIPÓTESIS N° 03:** La dureza yeso será menor que el yeso adicionado con materiales reciclados (celulosa, corcho, caucho y polímero).

1.6. DEFINICIÓN DE VARIABLES

1.6.1. VARIABLE INDEPENDIENTES

Las variables independientes la conforman los materiales componentes, como:

- Yeso calcinado
- Material Reciclado (Celulosa, Corcho, Caucho y Polímero)

Tabla N° 01:
Variables Independientes.

NRO. DE VARIABLES	TIPO DE VARIABLES	DENOMINACIÓN DE VARIABLES	INDICADOR	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
X_1	INDEPENDIENTES	Yeso	Peso (gr.)	Balanza
X_2		Material Reciclado (Celulosa, caucho, corcho y polímero)	Peso (gr.)	Balanza

Nota: La tabla muestra las variables independientes, su denominación y su respectivo indicador.

Fuente: [Elaboración Propia]



1.6.2. VARIABLES DEPENDIENTES

Se tiene una sola variable dependiente, pero ésta a la vez se subdivide en 4 sub variables, que se detallan a continuación:

- Yeso adicionado con Material Reciclado
 - Unidad de Medida:
 - Resistencia a la Compresión (N/mm²)
 - Resistencia a la Flexión (N/mm²)
 - Dureza (N/mm²)

Tabla N° 02:
Variables Dependientes.

NRO. DE VARIABLES	TIPO DE VARIABLES	DENOMINACIÓN DE VARIABLES	INDICADOR	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
Y₁	DEPENDIENTES	Yeso adicionado con material reciclado	Resistencia a la Compresión (N/mm ²)	Máquina Universal para Ensayo de Materiales
			Resistencia a la Flexión (N/mm ²)	Máquina Universal Accutek
			Dureza (N/mm ²)	Máquina Universal para Ensayo de Materiales

Nota: La tabla muestra las variables dependientes, su denominación y su respectivo indicador.

Fuente: [Elaboración Propia]



1.6.3. CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla N° 03:
Cuadro de Operacionalización de Variables.

NRO. DE VARIABLES	TIPO DE VARIABLES	DENOMINACIÓN DE VARIABLES	NIVEL	DESCRIPCIÓN DE VARIABLES	INDICADOR	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
X_1	INDEPENDIENTES	Yeso	Alto	Se usará el yeso tipo escayola.	Peso (gr.)	Balanza
X_2		Material Reciclado (Celulosa, caucho, corcho y polímero)	Alto	Celulosa, caucho, corcho, polímero y resina - fibra de vidrio.	Peso (gr.)	Balanza
Y_1	DEPENDIENTES	Yeso adicionado con Material Reciclado	Medio, Bajo	Yeso + Celulosa, Yeso + Caucho, Yeso + Corcho y Yeso + Polímero	Resistencia a la Compresión (N/mm ²)	Máquina Universal para Ensayo de Materiales
					Resistencia a la Flexión (N/mm ²)	Máquina Universal Accutek
					Dureza (N/mm ²)	Máquina Universal para Ensayo de Materiales

Nota: La tabla muestra las variables independientes y dependientes, su denominación, su respectivo indicador y su instrumento de medición.

Fuente: [Elaboración Propia]



CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA TESIS

Para el desarrollo de la presente investigación, fue necesario ahondar y conocer a fondo “al yeso y sus propiedades” como material de construcción. Por ende, fue necesario profundizar en trabajos de investigaciones previos relacionados con el yeso; solo así se logró un adecuado planteamiento de procedimientos que ayudaron a dar solución al problema.

A continuación, se describirán tres trabajos de investigación relacionados con el yeso.

2.1.1. ANTECEDENTES A NIVEL LOCAL

En el ámbito local no se encontraron documentaciones acerca de investigaciones realizadas al yeso como material de construcción.

2.1.2. ANTECEDENTES A NIVEL NACIONAL

La documentación que se detalla a continuación, no es una investigación relacionada directamente con el yeso usado en construcción, pero si guarda una relación indirecta, puesto que dicha guía plantea lineamientos y criterios ambientales con los que deben de cumplir las placas de yeso y el uso de material reciclado en las mismas. La guía fue planteada por Perú Green Building Council (PGBC) con el propósito de certificar productos para edificaciones sustentables.

Se consideró de gran importancia mencionar dicha guía, **ya que la dosificación de 10% de material reciclado fue utilizado como parámetro para la parte experimental de la tesis** que se presenta.

La guía se detalla a continuación:



TÍTULO	"GUÍA DE EVALUACIÓN PARA CERTIFICACIÓN DE PRODUCTOS DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE - PANELES DE YESO"
AUTOR:	Perú Green Building Council (PGBC)
ENTIDAD:	Perú Green Building Council (PGBC)
FECHA DE PUBLICACIÓN:	2011

Este trabajo investigativo lleva por nombre: "GUÍA DE EVALUACIÓN PARA CERTIFICACIÓN DE PRODUCTOS DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE – PANELES DE YESO", apunta a establecer una serie de criterios de evaluación para los Paneles de Yeso. El propósito primordial para Perú Green Building Council (PGBC) es utilizar estos criterios para la certificación de productos para edificaciones sustentables, e indica lo siguiente:

El panel de Yeso será sujeto a lo siguiente:

- *Contener al menos 10% (en peso) de contenido reciclado. Se pueden considerar puntos adicionales a mayor contenido reciclado que esto contenga.*
- *El fabricante debe usar revestimiento de papel reciclado para el material de soporte en el producto, son otorgados puntos adicionales de calificación. A mayor contenido reciclado esto contenga, se pueden considerar puntos adicionales.*
- *El fabricante demostrará los planes de incrementar este porcentaje a través del tiempo, como el requisito de especificación será revisado en el futuro y este requisito de porcentaje es probable que aumente.*

(Council, 2011, pág. 4 y 6)



TÍTULO	"COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE LOS PANELES DRYWALL"
AUTOR:	Ángel San Bartolomé, Ricardo Del Aguila, Ramzy Kahhat, Daniel Lostaunau
ENTIDAD:	PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FECHA DE PUBLICACIÓN:	Abril del 2007

Con el financiamiento parcial de la empresa All Interior Supply, se realizaron ensayos de simulación sísmica en el Laboratorio de Estructuras de la Universidad Católica con el objeto de analizar el comportamiento de la tabiquería drywall y su interacción con el pórtico de concreto armado que lo enmarca. Los ensayos se dividieron en tres grupos:

- Ensayo Cíclico Coplanar al tabique.
- Ensayo Sísmico Coplanar al tabique.
- Ensayo Sísmico Ortogonal al plano del tabique.

Para el ensayo cíclico coplanar se utilizó un pórtico de concreto armado a escala 1:2, el cual fue sometido a cargas cíclicas con desplazamiento lateral controlado. En el ensayo sísmico coplanar se utilizó un módulo de dos pisos de concreto armado a escala 1:2, el cual fue sometido en la mesa vibradora a cargas sísmicas paralelas a la dirección de los tabiques. Para el ensayo sísmico ortogonal al plano del tabique se utilizó un pórtico de concreto armado a escala natural, este ensayo se efectuó en mesa vibradora y se investigó principalmente la capacidad de las conexiones para soportar dichos sismos.

- **Conclusiones:**

El tabique luego de haber sido sometido a distorsiones angulares que estuvieron por encima de los límites máximos impuestos por la Norma sísmica, Ref.2, falló por trituración en las esquinas de las planchas de yeso, pandeo de algunos parantes, y por cizalla en la zona de conexión riel-pórtico. Sin embargo, el tabique conservó su estabilidad. Inclusive, en el caso de las zonas donde se



produjo fallas por cizalla, este anclaje ya no trabaja en la dirección paralela al plano del pórtico, pero sí en la dirección perpendicular.

2.1.3. ANTECEDENTES A NIVEL INTERNACIONAL

TÍTULO	"ESTUDO DE UM MATERIAL COMPÓSITO À BASE DE GESSO E CORTIÇA"
AUTOR:	Camoes, Eires R. S y A. Jalali
ENTIDAD:	Universidad do Minho - Portugal
FECHA DE PUBLICACIÓN:	Noviembre del 2012

Alumnos de la carrera profesional de ingeniería civil realizaron una investigación que lleva por título: “ESTUDO DE UM MATERIAL COMPÓSITO À BASE DE GESSO RCHO E CORTIÇA”, traducido al español sería: ESTUDIO DE UN MATERIAL COMPUESTO A BASE DE YESO Y CORCHO.

Esta investigación se refiere al desarrollo de nuevos materiales compuestos a base de yeso sintético adicionado con: corcho, fibras vegetales de plátano, sisal y fibras minerales como vidrio.

El estudio consistió en realizar un análisis físico y mecánico por medio de ensayos experimentales. Los nuevos compuestos desarrollados tienen la particularidad de ser sostenible debido a sus componentes reciclados.

(Camoes, 2007)

Conclusión:

- Los ensayos de flexión y compresión permitieron concluir que los diferentes morteros presentan resistencias que varían de manera constante según las fibras que se le añadió. Se puede concluir que las propiedades mecánicas en términos de resistencia a compresión y flexión son claramente superiores en el caso de las fibras de origen mineral; los morteros reforzados con sisal presentan un mejor comportamiento mecánico que los morteros adicionados con fibras de plátano.



- El módulo de elasticidad de los morteros reforzados con fibras de vidrio presenta valores superiores que los morteros reforzados con el resto de fibras. Los morteros reforzados con sisal presentan menor módulo de elasticidad.
- Los ensayos de compresión uniaxial mostraron que los morteros reforzados con fibras de origen mineral (vidrio y basalto) conducen a un comportamiento a compresión muy dúctil que los morteros reforzados con fibras de origen vegetal (sisal y banana).

(Camoës, 2007, pág. 65)

2.2. ASPECTOS TÉCNICOS PERTINENTES

2.2.1. YESO

2.2.1.1. HISTORIA DEL YESO

La historia de la utilización del yeso es un paradigma de confusiones y adscripciones dudosas. El uso del yeso a lo largo de la historia, en su mayor parte fue identificado de modo empírico por arqueólogos.

(Gamundi, 1998, pág. 145)

Tabla N° 04:
Historia del yeso cronológico.

EPOCA	UBICACIÓN	PRESENCIA DE YESO EN:
(8000 – 7000 a. C.)	Eynan y Jericó	Piezas escultóricas (cabezas modeladas)
(7500 – 6500 a. C.)	Catal Hüyük	Revoques de paredes construidas con barro.
(5000 a. C.)	Mesopotamia e Irán	Revoques y enlucidos.
(5000 a. C.)	Biblos	Pavimentos batidos con cal.
(6000 – 1000 a. C.)	Egipto	Pirámides de Khufu, Keops, Kefren y Gizé, Esfinge, Como mortero y lubricante.
(3000 – 1000 a. C.)	Cultura Cretense	Construcciones con mortero de cal y la pintura sobre cal o yeso.
(2500 a. C. a 200 d. C)	Grecia	Morteros compuestos por cal y otros con yeso y árido de caliza.
(750 a. C. a 476 d. C)	Roma	Estucos de yeso y morteros de cal.
(SIGLO I a. C.)	Roma	Mortero de cal adicionado con puzolana o ladrillo pulverizado.

Nota: La tabla muestra el uso del yeso y cal a través del tiempo.

Fuente: [(Gamundi, 1998, pág. 145 y 146)]

yeso adicionado con materiales reciclados según la norma UNE-EN 13279-2 para su uso en la fabricación de placas de yeso.”

CAPÍTULO II

Sin duda, el yeso es considerado como uno de los primeros materiales usados en la construcción, material muy abundante en la superficie terrestre, el cual es fácilmente transformado para ser utilizado. Debido a las enormes ventajas y posibilidades es empleado en elementos decorativos, retoques y acabados.

Figura N° 01:
El yeso.



Fuente: [(Khan, 2016)]

La muestra más representativa es la cultura egipcia. La Esfinge y las Pirámides, pues en su mayoría se utilizaron morteros a base de sulfato cálcico, obtenido por cocción de la piedra de yeso.

(Domene, 2006, pág. 58)

Figura N° 02:
Uso de yeso y cal en la esfinge y pirámides egipcias.



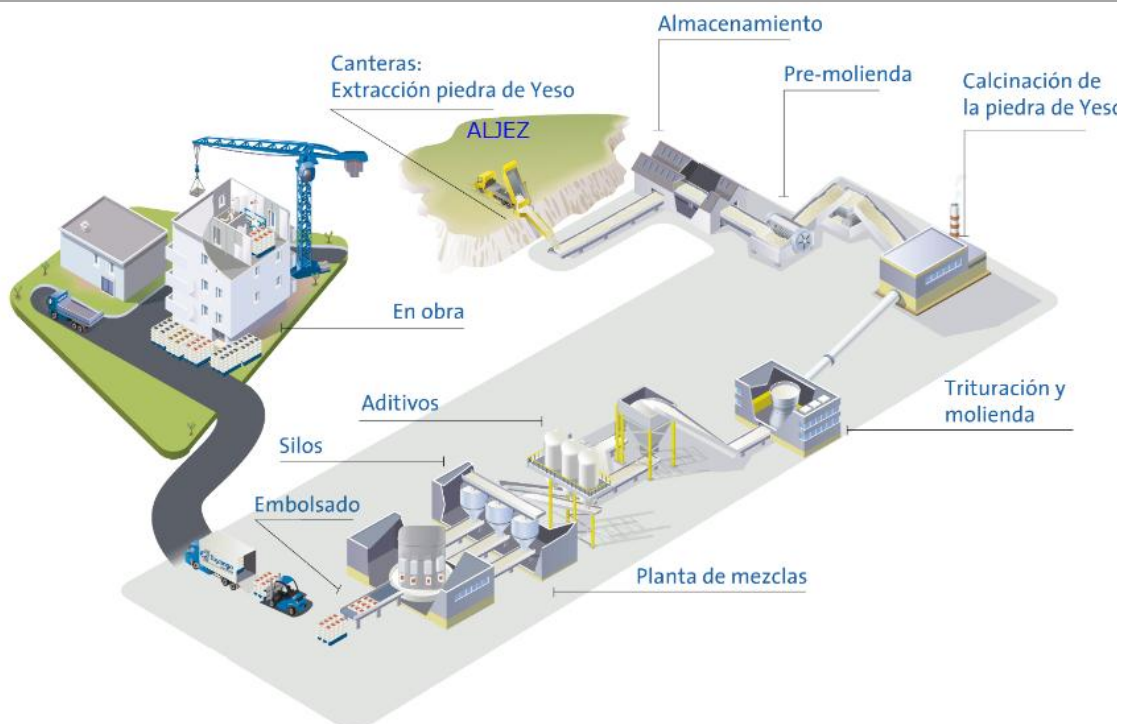
Fuente: [(Khan, 2016)]

2.2.1.2. FABRICACIÓN DEL YESO

El yeso también llamado aljez se extrae de canteras subterráneas o a cielo abierto. Esta materia prima extraída de las canteras, es almacenado, pasa por un proceso de pre-molienda, seguidamente se procede a calcinar la piedra de yeso, vuelve a pasar por un proceso de trituración y molienda, se le añade aditivos dependiendo del tipo de yeso que desean obtener, pasa a una planta de mezclado y es almacenado en silos. Finalmente, el yeso final es embolsado, paletizado (a distintas alturas) y está listo para ser distribuido.

(Domene, 2006, pág. 28)

Figura N° 03:
Proceso de fabricación del yeso.



Fuente: [(TUYANGO, 2010)]

- **Canteras:** El mineral de yeso se encuentra normalmente en campos en profundidades de hasta veinte metros. La extracción del mineral se realiza con ayuda de un equipamiento adecuado para la remoción de la capa cultivable, que luego permite volver a colocar el suelo fértil, manteniendo inalterables las características de la zona.



- **Trituración y Molienda:** Se reduce la piedra hasta un tamaño máximo de veinte milímetros mediante molinos de impacto y de mandíbulas, muy eficaces con este tipo de piedra. La homogeneización del tamaño del mineral de yeso permite mayor regularidad en el proceso industrial de elaboración. El yeso en forma de polvo fino se consigue haciéndolo pasar por molinos especiales combinados con cribas de selección de tamaño que aseguran una granulometría adecuada para su aplicación.
- **Calcinación:** Para transformar el mineral en un producto útil (**aglomerantes de yeso**) para la construcción se elimina parte del agua contenida en su estructura mediante la deshidratación en hornos rotativos y verticales especiales.
- **Planta de Mezclas:** Las propiedades básicas del yeso se mejoran y modifican para obtener nuevos productos que respondan a las necesidades de nuestros clientes. La utilización de plantas de aditivación con diversos productos que optimizan sus propias características.
- **Embolsado:** El yeso se entrega en bolsas de papel kraft muy resistentes o de rafia de polipropileno, con códigos de colores que identifican el tipo de producto.

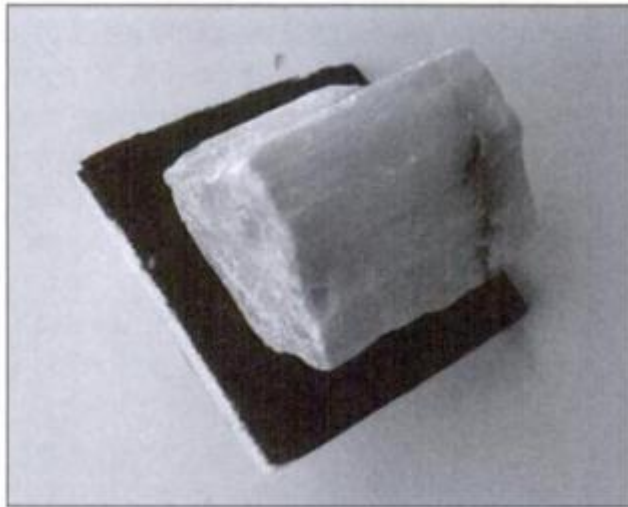
(TUYANGO, 2010)

2.2.1.3. CARACTERÍSTICAS DEL YESO

2.2.1.3.1. NATURAL

El yeso es un producto, como ya se ha mencionado, obtenido del mineral sulfato cálcico dihidratado ($CaSO_4 + 2H_2O$), que se encuentra en plena naturaleza. Este yeso crudo equivale aproximadamente en su composición al 80% de sulfato cálcico y 20% de agua. Es transparente, incoloro, blanco o gris, de brillo vítreo. Cristaliza en el sistema monoclinico, en cristales de gran tamaño que aparecen a menudo mezclados en punta de flecha. Posee escasa dureza, por lo que se puede rayar con la uña. Este mineral blando ocupa el segundo lugar en la escala de Mohs con una densidad de 2.32gr/cm³. Se exfolia en delgadas láminas, rígidas y frágiles. Se presenta en agregados fibrosos y granosos.

Figura N° 04:
Yeso fibroso.



Fuente: [(Rivas, 2005, pág. 14)]

2.2.1.3.2. ECOLÓGICO

El yeso es uno de los materiales más respetuosos con el medio ambiente, pues, al ser uno producto natural, sus residuos se eliminan con facilidad y se integran totalmente al entorno, no incidiendo de esta manera negativamente en el entorno ecológico cuando regresa a éste.

2.2.1.3.3. REGULADOR HIGROMÉTRICO

Dispone de una gran capacidad para absorber y expeler vapor de agua. Eso hace que se comporte como un regulador de la humedad ambiental en espacios cerrados, estabilizándolos de una forma natural.

2.2.1.3.4. AISLAMIENTO TÉRMICO

El yeso aplicado en tabiques les confiere una mayor capacidad de aislamiento térmico. Actúa también como atenuante, en gran medida, de los efectos de eco y reverberación para una mejor audición, con ciertas limitaciones. El yeso, a su vez, se complementa con otros materiales para conseguir que este aspecto sea accesorio y realice esta función más apropiadamente. En productos ligeros, como el yeso celular, se alcanzan valores que suponen un alto poder aislamiento térmico. Los yesos con mayor densidad son los que tienen menor poder de



aislamiento térmico, aunque presentan valores aceptables con respecto a otros materiales.

2.2.1.3.5. PROTECCIÓN CONTRA EL FUEGO

El yeso ejerce como un gran elemento protector contra el fuego, debido principalmente, a su composición química. Tiene una baja conductividad térmica, lo que evita la propagación del calor producido en los incendios. Además, gracias a su contenido en agua combinada, en mayor o menor proporción del yeso hidratado le confiere excelentes propiedades como material de protección pasiva ante el fuego.

Un elemento de yeso fraguado está sometido a una temperatura que se mantiene inalterable durante un determinado periodo, debido a que el agua de cristalización del yeso se elimina absorbiendo calor. Esta deshidratación del yeso comienza en la superficie expuesta al aire libre y continúa gradualmente hacia el interior.

2.2.1.3.6. BLANCURA

Al ser de color blanco natural, el yeso es el material más adecuado para aplicar cualquier tipo de acabado posterior, tanto si es de color blanco como si se trata de cualquier otro color. Dependiendo del tipo de yeso que se emplee, el color blanco puede variar ligeramente, siendo la escayola la que tiene un blanco más puro.

2.2.1.3.7. FRAGUADO

El yeso al mezclarse con agua endurece en un periodo de tiempo muy breve, conocido como **fraguado** del yeso. Se trata de un proceso fisicoquímico. Por lo tanto, esta mezcla debe aplicarse en cierto intervalo de tiempo, antes de que endurezca. Es decir, el yeso tiene un tiempo útil de aplicación sobre las superficies a tratar.

El fraguado de los yesos, si bien tiene tiempos limitados para su aplicación, también es posible alterarlos. Dependiendo de lo que más interese, se le pueden añadir uno que otro aditivo como aceleradores o retardadores de fraguado.

- **Aceleradores y Retardadores:** A los yesos en polvo se les pueden aplicar efectos retardadores y aceleradores en su proceso de fraguado.



La presencia de un cuerpo extraño en solución o suspensión, en el agua de amasado, puede aumentar o disminuir la solubilidad y con ello la velocidad de disolución.

2.2.1.3.8. EXPANSIÓN

En el proceso de añadir agua al yeso (hidratación), se produce calor, pero también se produce una expansión o dilatación del material, es decir, aumenta de volumen, y esto se debe al rápido crecimiento de los cristales durante el fraguado. Este proceso de aumento de volumen dura todo el tiempo de fraguado hasta el final de la hidratación. Durante el proceso de secado del yeso va apareciendo paulatinamente una retracción en el material hasta estabilizarse.

Se puede considerar como regla general, unos intervalos de valores para la expansión inicial de entre 1.5 y 3.5mm y de 0.2y 1.5mm para la expansión residual.

2.2.1.3.9. RESISTENCIA

La resistencia a la tracción y compresión de los yesos dependerá de su naturaleza, de su composición, de su finura, de la cantidad de agua en su amasado y del contenido de humedad en su rotura. La parte de agua que hay que añadir al yeso para que pueda ser trabajado y aplicado, y que no tiene intervención en el proceso de hidratación, permanece en el material hasta que se producen las condiciones de su evaporación. Al secarse la pasta, el espacio que ocupa el agua queda vacío, quedando el yeso más o menos poroso, lógicamente cuanto más poroso sea el yeso menos resistencia mecánica tendrá.

2.2.1.3.10. ADHERENCIA

El yeso tiene una gran adherencia a cualquier soporte y es aún mayor si las superficies sobre las que se aplica, cuando permanece en estado fluido, presentan rugosidades y oquedades, penetrando en éstas y ligándose íntimamente con ellas. Cuanto más rugosa es la superficie, el yeso se ancla más a ella y presenta más estabilidad y resistencia. Siempre hay que considerar que cuando se aplican varias capas de yeso, la anterior debe presentar cierta rugosidad para que la mencionada adherencia tenga el efecto deseado, puesto que, si se aplica sobre superficies muy lisas, o se someten a vibraciones o golpes

de distinta naturaleza éstas pueden, en un cierto tiempo desprenderse por exfoliación.

2.2.1.3.11. COMPORTAMIENTO ACÚSTICO

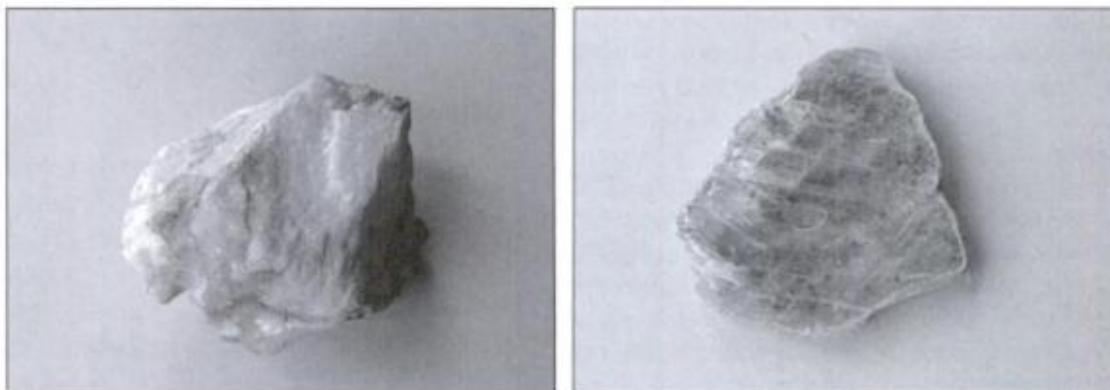
El yeso presenta cierta capacidad de aislante acústico, pero no la suficiente y necesaria. Incluso aportándole mayor densidad, no reúne las características apropiadas para comunicar acústicamente. Por ello, es necesario recurrir a prefabricados y materiales combinados para paliar esta necesidad técnica, como pueden ser las placas de yeso celulares con cámara de aire y otros materiales aislantes de baja densidad para que le confieran esta propiedad.

2.2.1.3.12. CRISTALIZACIÓN

La piedra del yeso contiene dos moléculas de agua de cristalización que corresponden a una proporción de una cuarta parte de su peso. Una vez extraída el agua de cristalización, mediante calor y restituyéndose otra vez al amasarlo, la toma rápidamente y cristaliza de nuevo, endureciéndose en cierta rapidez. Esta propiedad puede aplicarse o eliminarse del yeso dependiendo de que se le extraiga más o menos agua de cristalización. De esta forma, se pueden obtener diversas clases de yeso.

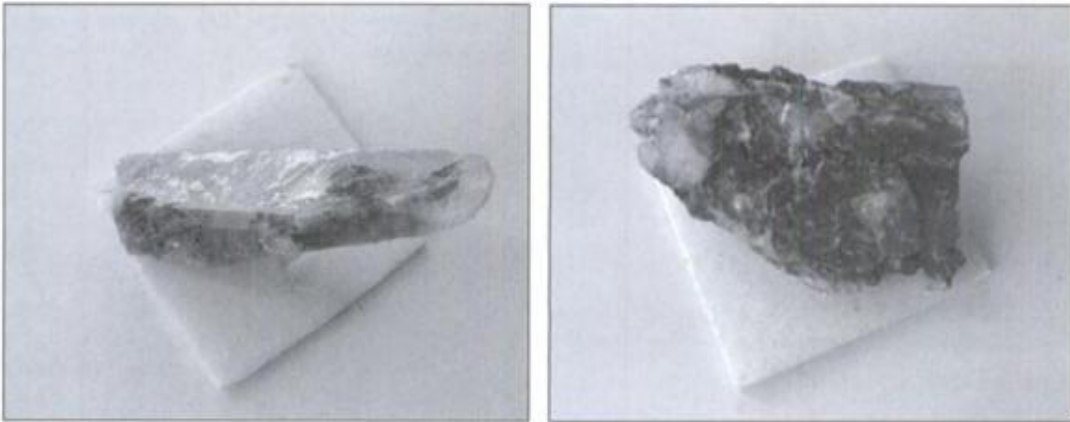
La roca de yeso se encuentra en plena naturaleza y se presenta en ciertas variedades y diferentes formas: la anhidrita o karstenita, la piedra de yeso (selenita, espejuelo, alabastro y otros) y el sulfato de calcio semihidratado.

Figura N° 05:
Yeso alabastro y cristalino.



Fuente: [(Rivas, 2005, pág. 18)]

Figura N° 06:
Yeso Selenita y Yeso Rojo.



Fuente: [(Rivas, 2005, pág. 19)]

En zonas desérticas, el yeso aparece formado lo que se conoce como la *rosa del desierto*, que es un conjunto de formas lenticulares entrecruzadas, que muchas veces asemejan a una rosa, en este caso pétreo.

Figura N° 07:
Yeso Rosa del desierto.



Fuente: [(Rivas, 2005, pág. 20)]

2.2.1.4. PROPIEDADES DEL YESO

2.2.1.4.1. PROPIEDADES FÍSICAS

El yeso presenta las siguientes propiedades físicas:

- **Brillo:** Es vitreo y sedos en los cristales; nacarado o perlado en las superficies de exfoliación.



yeso adicionado con materiales reciclados según la norma UNE-EN 13279-2 para su uso en la fabricación de placas de yeso.”

- **Color:** Es incoloro, blanco, gris; diversas tonalidades de amarillo a rojo castaño a causa de impurezas.
- **Densidad:** 2.32gr/cm3.
- **Transparencia:** Va desde trasparente a translúcido.
- **Dureza:** Se ubica en la posición 2 de la escala de mohs. (puede ser rayado con la uña)
- **Fractura:** Es fibrosa, finas laminas coincidiendo con los planos de exfoliación y las formas del cristal.
- **Exfoliación:** Perfecta en una dirección y regular en las otras dos.
- **Luminiscencia:** No presenta (aunque raramente alguans muestras pueden ser fluorescentes).
- **Otras:** Tiene una baja conductividad térmica.

Tabla N° 05:
Dureza de minerales según la escala de Mohs.

N.º de dureza	Material
1	Talco
2	Yeso
3	Calcita
4	Fluorita
5	Riebeckia
6	Egirina
7	Cuarzo
8	Topacio
9	Corindón
10	Diamante

Nota: Según la escala de Mohs, el yeso está ubicado en la posición 2 es decir es el 2do material menos duro,

Fuente: [(Rivas, 2005, pág. 20 y 21)]

**2.2.1.4.2. PROPIEDADES QUÍMICAS**

El yeso presenta las siguientes propiedades químicas.

- **Peso molecular:** 172.17gr.
 - **Calcio (Ca):** 32.28% - 32.57% CaO
 - **Hidrógeno (H):** 2.34% - 0.93% H₂O
 - **Azufre (S):** 18.62% - 46.50% SO₃
 - **Oxígeno (O):** 55.76% _____
- 100.00% =Total de óxidos

Al someter la piedra del mineral de yeso a elevadas temperaturas a través de sistemas de hornos, se consigue el yeso cocido o yeso comercial en forma de polvo con un aspecto más o menos blanco y más o menos fino. Este material es un conglomerante aéreo, es decir, fragua y se endurece solamente en un medio seco, adquiriendo cohesión y dureza sólo en este tipo de ambientes. Con este polvo y mezclado con agua en la proporción adecuada, se obtiene una masa pastosa que se utiliza en albañilería para uniones entre sí de distintos materiales, aplicándose también en revoques, enlucidos y para la fabricación de distintos elementos prefabricados y decorativos entre otros.

2.2.1.4.3. PROPIEDADES MECÁNICAS**Tabla N° 06:**

Valores de resistencia a la compresión, flexión y dureza.

Yeso para la construcción	Contenido en conglomerante de yeso %	Resistencia a flexión N/mm ²	Resistencia a compresión N/mm ²	Dureza superficial N/mm ²
B1	> 50	≥ 1,0	≥ 2,0	-
B2	< 50			
B3	a			
B4	> 50			
B5	< 50			
B6	a			
B7	> 50	≥ 2,0	≥ 6,0	≥ 2,5

Nota: La tabla muestra los valores de las propiedades mecánicas que servirán como parámetros de referencia para los resultados de los ensayos experimentales.

Fuente: [(UNE-EN13279-1, 2006, pág. 12)]

Tabla N° 07:

Valores de las propiedades mecánicas de la clasificación C del yeso.

Yeso para la construcción	Contenido en conglomerante de CaSO ₄ %	Resistencia a flexión		Resistencia a compresión N/mm ²	Dureza superficial		
		N/mm ²			N/mm ²		
		2h ^d	7d ^e	2h ^d	7d ^e		
C1	Trabajos de yeso fibroso	> 50	> 1,5	> 3,0	–	> 4,0	> 10
C2	Mortero de agarre	> 50	–	–	> 2,0	–	–
C3	Yeso acústico ^a	–	–	–	–	–	–
C4	Yeso para aislamiento térmico ^b	–	–	–	–	–	–
C5	Yeso para protección frente al fuego ^c	Desviación respecto al contenido nominal < 10%	–	–	–	–	–
C6	Yeso para capa fina	> 50	–	> 1,0	> 2,0	–	–

Nota: La tabla muestra los valores de resistencia de compresión, flexión y dureza, de la clasificación C.

Fuente: [(UNE-EN13279-1, 2006, pág. 13)]

2.2.1.5. TIPOS DE YESO

La norma UNE 13279-1, Yesos de construcción y conglomerantes a base de yeso para la construcción Parte 1: Definiciones y especificaciones, entre otras cosas define los tipos de yesos y sus definiciones; dicha norma hace mención a la Tabla N° 07 en el que detalla los tipos de yeso; para un mejor entendimiento se mencionan las siguientes definiciones:

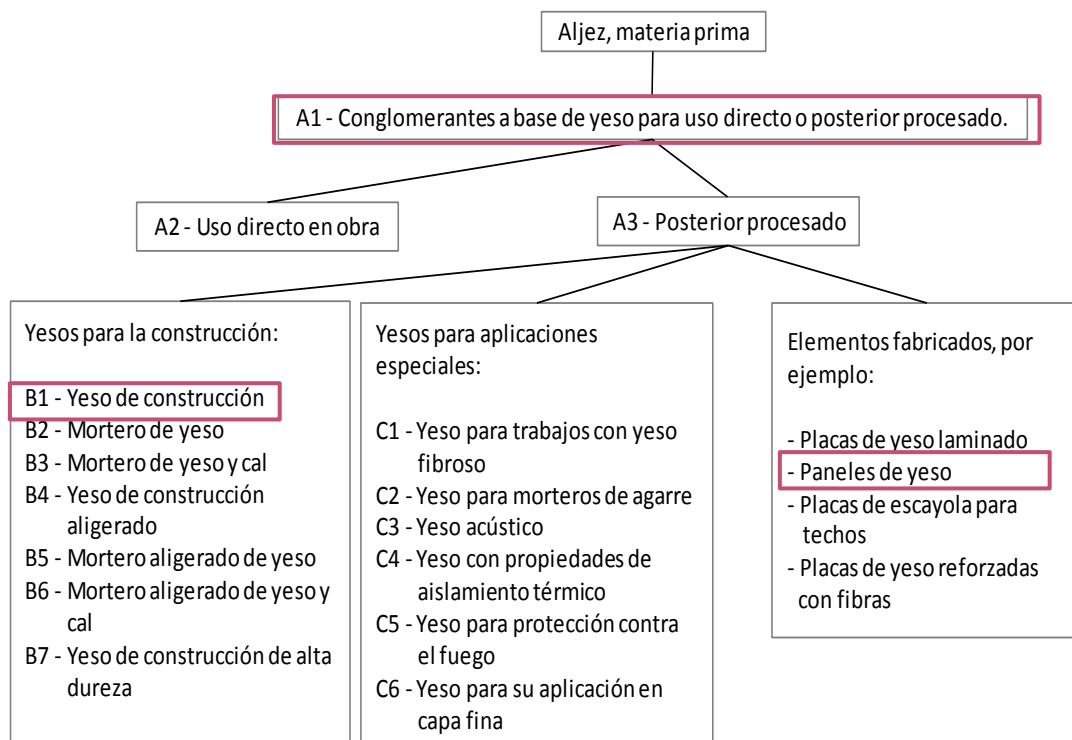
- **Yeso para la construcción:** El término "Yeso para la construcción" (yeso premezclado) es un término genérico que incluye todos los tipos de yesos para la construcción, morteros de yeso y morteros de yeso y cal que se utilizan en la construcción.

- **Yeso de construcción:** Conglomerante a base de yeso con un mínimo de un 50% de sulfato de calcio como componente activo principal, y con un contenido en cal (hidróxido de calcio) inferior al 5%. El fabricante puede añadir aditivos y agregados.

(UNE-EN13279-1, 2006, pág. 10)

Tabla N° 08:

Tipos de conglomerantes a base de yeso y de yesos para la construcción.



Nota: Según la tabla, el yeso utilizado para los ensayos experimentales se ubica dentro de la clasificación B1.

Fuente: [(UNE-EN13279-1, 2006, pág. 10)]

2.2.1.5.1. CONGLOMERANTES DE YESO

Según la norma UNE-EN 13279-1, define a los aglomerantes de yeso (objeto de la tesis) dentro del tipo A1.

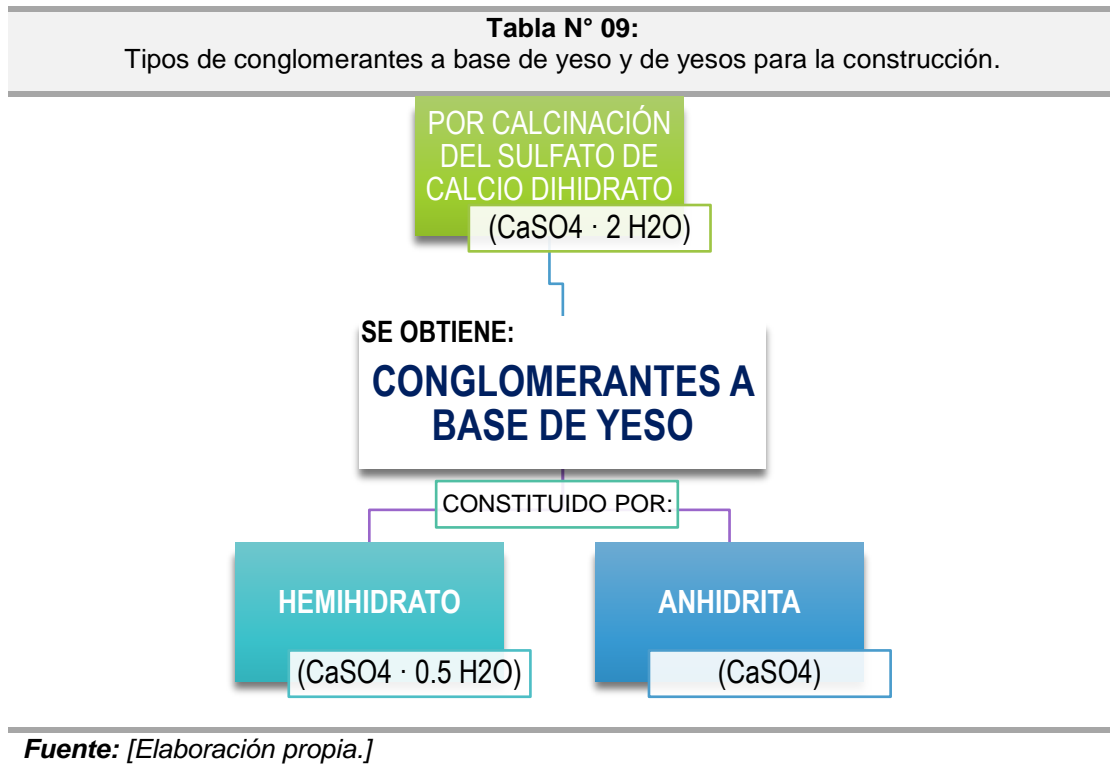
Los conglomerantes a base de yeso pueden obtenerse por calcinación del sulfato de calcio dihidrato ($\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$) y están constituidos por sulfato de calcio en sus varias fases de hidratación, por ejemplo, *semihidrato* ($\text{CaSO}_4 \cdot 0,5 \text{H}_2\text{O}$) y *anhidrita* (CaSO_4). Cuando se mezcla con agua, el conglomerante a base de

yeso adicionado con materiales reciclados según la norma UNE-EN 13279-2 para su uso en la fabricación de placas de yeso.”

CAPÍTULO II

yeso se emplea para sujetar partículas sólidas formando una masa coherente mediante un proceso de fraguado.

(UNE-EN13279-1, 2006, pág. 8)



Fuente: [Elaboración propia.]

- **Sulfato de calcio, hemi-hidratado:** Es obtenido del yeso natural a través de deshidratación parcial por calentamiento. Es utilizado en la construcción, cerámica, agricultura, medicina, industria química y farmacéutica e industria de alimentos.

2.2.1.5.2. TIPOS DE YESO SEGÚN RY-85

La norma RY-85 tiene por objeto definir las características de yesos y escayolas para su recepción y establecer los métodos de ensayo para determinar las características. A continuación, se detallan:

- **YG: Yeso grueso:** Constituido por semihidrato ($\text{SO}_4\text{Ca} + \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$) y anhidrita II artificial ($\text{SO}_4\text{Ca II}$). Se utiliza para pasta de agarre en la ejecución de tabicados, en revestimientos interiores y como conglomerante auxiliar de obra. La resistencia mecánica a flexotracción deberá ser como mínimo de 0,2 kN/cm².



Cuando el producto esté ensacado, los datos de identificación del producto vendrán impresos en color verde.

- **YF: Yeso fino:** constituido por semihidrato ($\text{SO}_4\text{Ca} + \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$) y anhidrita II artificial ($\text{SO}_4\text{Ca II}$) con granulometría más fina que el YG e YG/L. Se utiliza para enlucidos, refilos, blanqueos sobre revestimientos interiores (guarnecidos o enfoscados). La resistencia mecánica a flexotracción deberá ser como mínimo de $0,25 \text{ kN/cm}^2$. Cuando el producto esté ensacado, los datos de identificación del producto vendrán impresos en color negro.
- **YP: Yeso de prefabricado:** constituido por semihidrato ($\text{SO}_4\text{Ca} + \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$) y anhidrita II artificial ($\text{SO}_4\text{Ca II}$), con mayor pureza y resistencia que los yesos YG e YF. Sirve para la ejecución de elementos prefabricados de tabiquería. La resistencia mecánica a flexotracción deberá ser como mínimo de $0,3 \text{ kN/cm}^2$. Cuando el producto esté ensacado, los datos de identificación del producto vendrán impresos en color amarillo.
- **E30: Escayola:** constituida fundamentalmente por sulfato cálcico semihidratado ($\text{SO}_4\text{Ca} + \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$). Se aplica en la ejecución de elementos prefabricados para techos y tabiques. La resistencia mecánica a flexotracción deberá ser como mínimo de $0,3 \text{ kN/cm}^2$. Cuando el producto esté ensacado, los datos de identificación del producto vendrán impresos en color azul.
- **E35: Escayola especial:** constituida fundamentalmente por sulfato cálcico semihidratado ($\text{SO}_4\text{Ca} + \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$) con mayor pureza que la E-30. Se aplica en trabajos de decoración, ejecución de elementos prefabricados para techos, bovedillas y placas y paneles para tabiques. La resistencia mecánica a flexotracción deberá ser como mínimo de $0,35 \text{ KN/cm}^2$. Cuando el producto esté ensacado, los datos de identificación del producto vendrán impresos en color azul.



Tabla N° 10:
Clases y características del yeso según RY-85.

TIPO	CONSTITUCIÓN	USO
Yeso Grueso de construcción YG	Sulfato de calcio semihidrato ($\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$) y anhidrita II artificial (SO_4CaII) con posible aditivo regulador del fraguado	<ul style="list-style-type: none"> . pasta de agarre en la ejecución de tabicados . revestimientos interiores . conglomerante auxiliar de obra
Yeso Fino de construcción YF	Idem YG con granulometría más fina	<ul style="list-style-type: none"> . enlucidos, refilos o blanqueos sobre revestimientos interiores (guarnecidos o enfoscados)
Yeso de Prefabricados YP	Idem anteriores con una mayor pureza y resistencia que los yesos de construcción	<ul style="list-style-type: none"> . elementos prefabricados para tabiques
Escayola E-30	Sulfato de calcio semihidrato ($\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$) con posible aditivo regulador del fraguado y una resistencia mínima a flexotracción de 30 kp/cm^2	<ul style="list-style-type: none"> . elementos prefabricados para tabiques y techos
Escayola especial E-35	Sulfato de calcio semihidrato ($\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$) con posible aditivo regulador del fraguado con mayor pureza que la escayola E-30 y una resistencia mínima a flexotracción de 35 kp/cm^2	<ul style="list-style-type: none"> . trabajos de decoración . elementos prefabricados para techos y su puesta en obra

Nota: La tabla muestra el uso del yeso y cal a través del tiempo.

Fuente: [(RY-85, 2000, pág. 3)]

Existe también otra clasificación del yeso de fraguado controlado, denominados de clase lenta por tener un mayor periodo de trabajabilidad. Para caracterizar esta clase se añade una L, después de la designación del tipo, separada por una barra.

La Tabla N° 08 añade 4 tiempo de yeso de fraguado controlado: el yeso grueso, yeso fino, escayola 30 y escayola 35, también indican los incrementos de tiempos de fraguado de hasta 22 minutos de trabajabilidad para que el yeso pase del estado líquido al estado plástico.

Estos detalles se describen ampliamente en la Tabla N° 09, normado y estipulado en la norma RY-85, que a continuación se muestra.

Tabla N° 11:
Clasificación del yeso con fraguado controlado.

CARACTERÍSTICAS	TIPOS Y CLASES								
	YG	YG/L	YF	YF/L	YP	E-30	E-30/L	E-35	E-35/L
QUÍMICAS									
Agua combinada en tanto por ciento, máximo	6		6		6	7		7	
Índice pureza (contenido teórico total en sulfato de calcio y agua) en tanto por ciento, mínimo.	75		80		85	90		92	
Sulfato de Calcio Semihidrato (SO ₄ Ca½ H ₂ O) en tanto por ciento, mínimo.	-		-		-	85		87	
PH mínimo	6		6		6	6		6	
FINURA DE MOLIDO									
Retención en el tamiz 0,8 UNE 7.050 en tanto por ciento, máximo.	-		-		-	0 ⁽¹⁾		0	
Retención en el tamiz 0,2 UNE 7.050 en tanto por ciento, máximo.	50		15		30	5 ⁽¹⁾		1	
RESISTENCIA MECÁNICA A FLEXOTRACCIÓN									
Mínima en Kp/cm ² . (M Pa) ⁽²⁾	20 (2,0)		25 (2,5)		30 (3,0)	30 (3,0)		34 (3,5)	
TRABAJABILIDAD									
Tiempo en pasar del estado líquido al plástico, máximo en minutos.	8	20	8	20	8	8	20	8	20
Duración del estado plástico, mínima en minutos	10	30	10	30	10	10	30	10	30

Nota: La tabla muestra los incrementos de tiempo del yeso normal y el yeso adicionado con retardantes.,

Fuente: [(RY-85, 2000, pág. 5)]

2.2.1.5.3. DESIGNACIÓN DE LOS CONGLOMERANTES

Según la norma UNE-EN13279-2, indica que cualquier conglomerante a base de yeso para la construcción que se comercialice debe designar en su envoltura de la siguiente forma:

- a) Tipo de yeso o de conglomerante de yeso según la designación establecida en la Tabla N° 08.
- b) Referenciar a la norma UNE-EN13279-1.
- c) Identificación según lo indicado en la Tabla N° 08.
- d) Tiempo de principio de fraguado.

yeso adicionado con materiales reciclados según la norma UNE-EN 13279-2 para su uso en la fabricación de placas de yeso.”

CAPÍTULO II

e) Resistencia a compresión.

• EJEMPLO DE DESIGNACIÓN

Yeso para la construcción de proyección mecánica (B1) con un tiempo de principio de fraguado > 50 min y resistencia a compresión $\geq 2,0$ N/mm².

YESO DE CONSTRUCCIÓN

EN 13279-1 – B1/50/2

Figura N° 08:

Yesos comercializables etiquetados según la norma RY-85.



Fuente: [(YESAMSA, 2016)]

2.2.1.6. APLICACIONES DEL YESO

- Revestimientos interiores como tendidos, guarnecidos y enlucidos.
- Como elementos de revestimientos y elementos decorativos, se emplean bloques de yeso.
- Falsos techos de escayola.
- Elementos prefabricados para tabiques, empleando paneles de yeso y paneles de yeso laminado o cartón-yeso.
- Mármol artificial, mediante yeso de imitación al mármol, empleado como elementos decorativos.
- Aislamiento térmico y acústico y protección contra el fuego.

(Escobar, 2010, pág. 115)



Las siguientes son aplicaciones según el tipo de yeso:

- El YG y el YG/L para pasta de agarre en la ejecución de tabicados, en revestimientos interiores (tendidos y guarnecidos) y como conglomerante auxiliar en obra.
- El YPM para aplicaciones en obra mediante sistemas mecánicos de proyección.
- El YF y el YF/L para revestimientos interiores finos tales como enlucidos, refinados y blanqueos colocados sobre otro revestimiento interior (guarnecido).
- El YE/T en el acabado de superficies de todo tipo: yeso aplicado manual o proyectado, tabiques de placas y paneles de escayola, tabiques cerámicos de gran formato.
- El YP en la ejecución de elementos prefabricados para tabiques.
- La E-30 y la E-30/L en la ejecución de elementos prefabricados para tabiques y techos.
- La E-35 y la E-35/L en trabajos de decoración, en la ejecución de elementos prefabricados para techos y en la puesta en obra de estos elementos.
- El YA proporciona excelentes características en aislamientos térmico y acústico y en protección contra el fuego.
- El YPM/A en aplicaciones que requieran excelentes propiedades de aislamiento térmico y acústico, o protección contra el fuego y que requieran colocación en obra por medio de proyección mecánica.
- El YD para conseguir mayor dureza y resistencia superficial.
- El YPM/D cuando se requiera aplicaciones con proyección mecánica y que exijan requerimientos de elevada dureza y resistencia superficial.

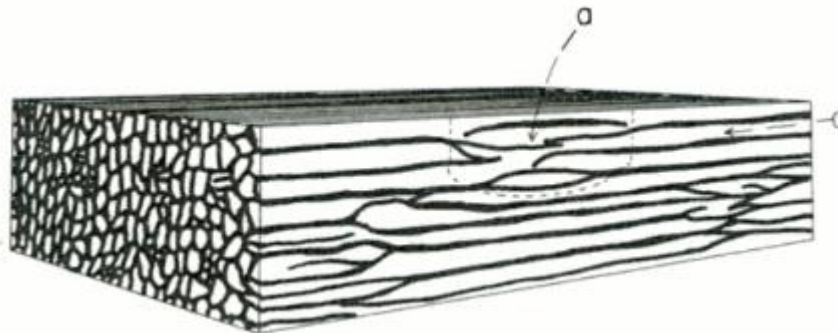
(Escobar, 2010, pág. 116)

2.2.2. CELULOSA

La celulosa es un importante constituyente de las plantas leñosas en las cuales cumple una función estructural. Las plantas elaboran celulosa a partir de la glucosa producida por fotosíntesis. La madera es celulosa incrustada en lignina, polímero de un éter fenólico- alcohol. El algodón, papel de filtro y las toallas faciales son formas casi puras de celulosa.

(Allinger, 1972, pág. 738)

Figura N° 09:
Estructura fibrosa de la celulosa. (a) Región amorfa. (c) Región cristalina.



Fuente: [(Allinger, 1972, pág. 741)

2.2.2.1. FIBRAS DE CELULOSA

La celulosa es uno de los materiales orgánicos más abundantes en la tierra (hidrato de carbono isómero del almidón) que se caracteriza por su gran disponibilidad y por ser una fuente de energía renovable. El algodón, por ejemplo, contiene un 99% de celulosa, y la madera entre un 40 y un 50 %. Consta de fibras compuestas por fibrillas elementales, formadas a su vez por un gran número de moléculas lineales, cada una de las cuales tiene de 2000 a 3000 moléculas de glucosa anhidra, en la pared celular externa se produce un endurecimiento que impide el completo humedecimiento de la fibra, es decir, se pierde la capacidad de absorción de agua e hinchamiento de la fibra.

La celulosa pura es blanca y de gran resistencia mecánica; las fibras de algodón, por ejemplo, llegan a soportar tensiones de hasta 800 N/mm².

(Serna, 2013, pág. 120)

Figura N° 10:

Celulosa procedente de la madera. (a) Celulosa cruda o Kraft. (b) Celulosa Blanqueada (celulosa química)



(a)



(b)

Fuente: [(Biología, s.f.)]

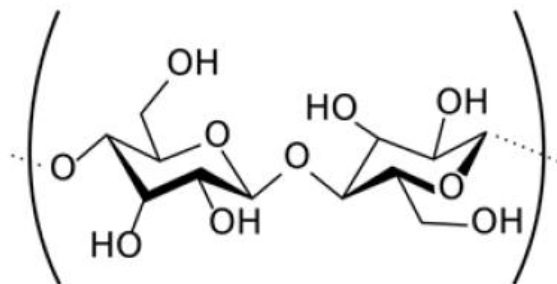
2.2.2.2. ORIGEN Y CARACTERÍSTICAS

Ya en 1665 Robert Hooke pensó en la posibilidad de fabricar fibras artificiales de celulosa regenerada, aunque esto no fue posible hasta el descubrimiento de la nitrocelulosa por Schönbein en 1845. En 1889, el conde Hilaire Bernigaud de Chardonnet desarrolló en Francia una máquina capaz de fabricar fibras de celulosa regenerada, encaminada a la imitación de la seda natural.

(Serna, 2013, pág. 121)

Figura N° 11:

Monómero de Celulosa.



Fuente: [(Serna, 2013, pág. 120)]

2.2.2.3. PROPIEDADES DE LA CELULOSA

Actualmente existen tres tipos de procesos para separar la celulosa del resto de los componentes de la madera (lignina y hemicelulosa a partir de los cuales se



llega a obtener celulosa de una pureza cercana al 97%), un proceso de tipo químico (también denominado “Kraft”), un proceso semiquímico y uno de tipo mecánico.

(Serna, 2013, pág. 122)

2.2.2.3.1. PROPIEDADES MECÁNICAS Y FÍSICAS

Tabla N° 12:
Comparación de fibras celulósicas.

	Lyocell	Viscosa	Modal	Polinósica	Cupro	Algodón
Título (diez)	0,9 – 3,3	1,7	1,0 – 3,3	1,3 – 4,2	1,4 – 2,2	1,8
Tenacidad c. (cNtex)	40 - 44	22 - 26	34 - 36	35 - 40	15 - 20	24 - 28
Elongación c. (%)	14-16	20 - 25	13 - 15	10 - 15	7 - 23	7- 9
Tenacidad h. (cNtex)	34 - 38	10 - 15	19 - 21	27 - 30	9 - 12	25 - 30
Elongación h. (%)	16 - 18	25 - 30	13 - 15	10 - 15	16 - 43	12 - 14
Módulo h. (5%)	270	50	100	-	-	100
Grado polimerización	550 - 600	250 - 350	300 - 600	500 - 600	450 - 550	1000 - 3000
Retención agua (%)	65 - 70	90 - 100	75 - 80	55 - 70	100	5 - 55
Tasa de humedad (%)	11,2	13	12,5	-	-	8
Grado fibrilación (0=mín; 6=máx)	4 - 6	1	1	3	2 – 3	2

NOTA: Comparación de las propiedades de varias fibras celulósicas y poliéster.

Fuente: [(Serna, 2013, pág. 125)]

A continuación se detallan algunas de las propiedades mecánicas y físicas:

- Conductividad térmica: 0,035 W/mK
- Asentamiento: 4 %
- pH: 7,7
- Resistencia a la difusión del vapor de agua: 1 a 2 m
- Reacción al fuego (DIN 4102): clase B2
- Calor específico: 2100 J/kg.K
- Enmohecimiento: nivel 0

- Resistencia de circulación longitudinal:
 - 19,8.103 Pa.s/m² con densidad de 55 kg/m³
 - 9,48.103 Pa.s/m² con densidad de 45 kg/m³
 - 3,6.103 Pa.s/m² con densidad de 35 kg/m³
- Humedad: 10 %
- Energía contenida: a 58 KW.h/m²

(Serna, 2013, pág. 124)

2.2.2.4. PAPEL KRAFT

El papel kraft, se obtiene a partir de los troncos descortezados, éstos son cortados en astillas y lavados antes de pasar a la etapa de fabricación de pasta. Las astillas se introducen en un amplio recipiente de cocción llamado digestor. Se añaden productos químicos para disolver la lignina y liberar las fibras. El proceso se propicia aumentando la temperatura del digestor hasta los 150-200°C. A continuación, la pasta se criba y se extraen los haces de fibras que no se han separado, lavándose seguidamente para eliminar cualquier resto químico, arena o polvo.

(SCA, 2016)

Figura N° 12:
Distintas fases del Kraft.



Fuente: [(SCA, 2016)]

- (1) Pasta tras la cocción.
- (2) Pasta tras el cribado.
- (3) Pasta tras la deslignificación por oxígeno.
- (4) Blanqueo con peróxido.
- (5) Tras el blanqueo con ozono.
- (6) Blanqueo con peróxido.

2.2.2.4.1. BOLSAS DE CEMENTO CON PAPEL KRAFT

Las bolsas de cemento son hechas de kraft multipliego. Dicho envase es confeccionado con uno o más pliegos de papel que puede ser utilizado en diversos mercados. En la mayoría de los casos se emplea para envasar desde 3 hasta 50 Kg. de producto. Sirve como envoltura para: **Cemento**, cal, concreto premezclado, tarrajeo, yeso, morteros, agregados para la construcción.

(BOLSIPLAST, s.f.)

2.2.3. CAUCHO

El caucho es uno de los materiales más utilizados en la industria, desde que en 1983 Goodyear descubrió la vulcanización y permitió aprovechar las propiedades del caucho derivadas de su elasticidad. El módulo de alargamiento del caucho vulcanizado puede variar, mientras que del acero es siempre del orden de los 20.000kg/mm² y con la aparición de los cauchos sintéticos (resistentes al envejecimiento y a números agentes químicos).

(Nelson Leonard Nemerow, 1998)

Figura N° 13:
Extracción del caucho.



Fuente: [Bridgestone, 2016]



2.2.3.1. TIPOS DE CAUCHO

El caucho no es una sola sustancia, está formado por varios tipos de caucho, entre los que destacan:

- **Caucho natural**, todos los materiales similares a la goma que se producen por la coagulación de la savia del árbol del caucho (latex).
- **Caucho sintético**, que se obtiene mediante copolimerización del butadieno y del estireno (GR-S) o del isopreno y del butadieno con pequeñas cantidades de isobutileno (GR-1) para los cauchos no resistentes a la acción de las grasas y aceites (polímeros de cloropreno).
- **Residuos de caucho**, que es una mezcla de piezas de caucho sechadas y residuos de los procesos de fabricación.
- **Plásticos similares al caucho**, entre los que se incluye un grupo de cauchos no rígidos que son termoplásticos y termoestables.

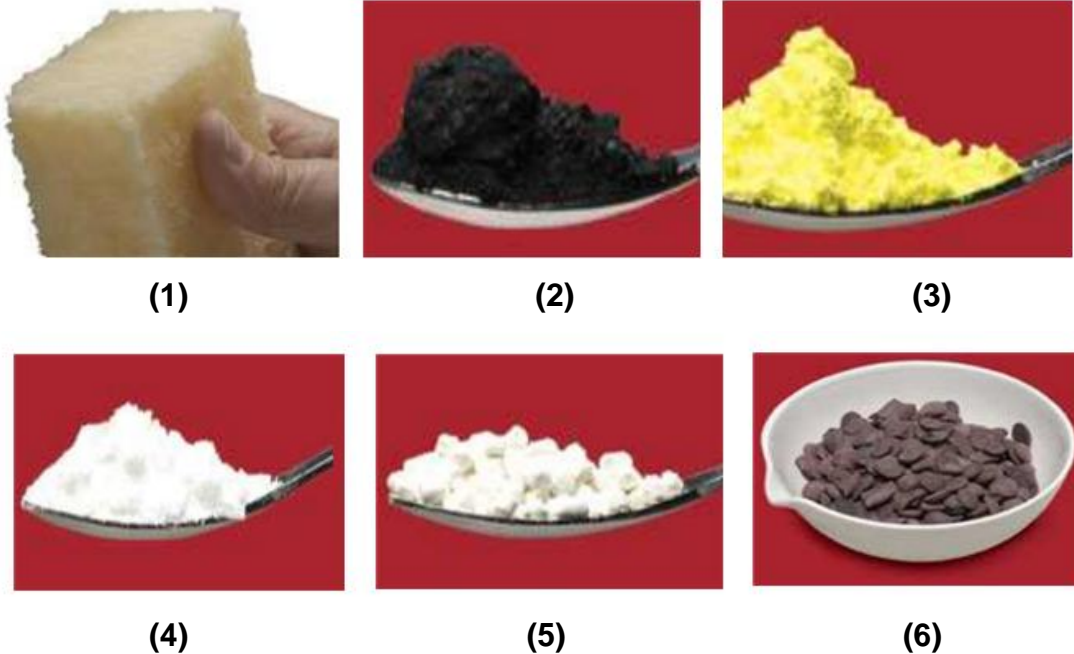
La composición del caucho varía ampliamente dependiendo del origen de la materia prima, pero el constituyente más útil es del tipo de hidrocarburo, el cual llega a sumar hasta el 90% del caucho de las plantaciones de cultivo.

(Nelson Leonard Nemerow, 1998, pág. 543)

2.2.3.2. NEÚMATICOS

Los neumáticos son fabricados a partir del caucho sintético, al que se le añaden distintos componentes que le dan el color oscuro e incluso la resistencia que necesita. El siguiente gráfico muestra algunos de estos componentes que son añadidos.

Figura N° 14:
Componentes del neumático.



Fuente: [(CASTRO, 2008, pág. 10)]

- (1) **Trozo de caucho sintético**, tomado de un fardo en la planta.
- (2) **Humo negro**, es un componente de gran importancia en los neumáticos, que les brinda resistencia contra la abrasión mientras protege al caucho de la luz ultravioleta.
- (3) **Azufre**, durante el vulcanizado, el azufre une a las moléculas de caucho entre sí, proporcionándoles resistencia tanto al frío como al calor.
- (4) **Resinas y pigmentos de zinc**, se añaden en pequeñas cantidades para ayudar a controlar el vulcanizado previene la oxidación y facilitan el procesamiento del caucho.
- (5) **Acelerantes**, se utilizan para controlar la proporción de vulcanizado, razón por la cual los distintos tipos de caucho pueden vulcanizarse completamente en el mismo lapso de tiempo.
- (6) **Antioxidantes y antiozonantes**, se agregan al caucho para combatir los efectos del oxígeno y del ozono, que acortan la vida útil de los neumáticos.

(CASTRO, 2008, pág. 12)]

**2.2.3.2.1. PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CAUCHO**

El caucho natural posee excelentes propiedades mecánicas: resistencia a la tracción, al desgaste, a la fatiga y alta tenacidad. También destaca por la baja deformación permanente a 20°C, por el buen comportamiento a baja temperatura y por las buenas propiedades eléctricas.

(Romeva, 2008, pág. 225)

Tabla N° 13:
Propiedades físicas del caucho.

TABLA 17.2 Propiedades físicas de los elastómeros típicos				
	Vulcanizados de goma pura		Vulcanizados reforzados con negro de carbón	
	Resistencia a la tracción (kg/cm ²)	Alargamiento (%)	Resistencia a la tracción (kg/cm ²)	Alargamiento (%)
Caucho natural (NR)	210	700	315	600
Caucho de estireno-butadieno (SBR)	28	800	265	550
Caucho de acrilonitrilo-butadieno (NBR)	42	600	210	550
Poliacrilatos (ABR)			175	400
Thiokol (ET)	21	300	85	400
Neopreno (CR)	245	800	245	700
Caucho de butilo (IIR)	210	1000	210	400
Poliisopreno (IR)	210	700	315	600
Caucho de propileno-etileno (EPM)		300		
Poliepiclorohidrina (CO)				
Hidrocarburos polifluorados (FPM)	50	600		
Elastómeros de silicona (SI)	70	600		
Elastómeros de poliuretano (AU)	350	600	420	500

NOTA: Propiedades físicas de los elastómeros típicos.

Fuente: [(Raimond B. Seymour, 2002, pág. 551)]

2.2.4. CORCHO

2.2.4.1. ORIGEN DEL CORCHO

El corcho es un material que constituye la corteza del alcornoque. El alcornoque es un árbol autóctono de la zona Mediterránea Occidental y algo de la Atlántica, en donde encuentra las condiciones óptimas de habitabilidad. Los países en los que se halla el alcornoque de forma espontánea son los siguientes: Portugal, España, Argelia, Marruecos, Francia, Italia y Túnez.

El alcornoque tiene la particularidad de poder ser despojado de su corteza o cubierta externa, constituida por el tejido suberoso llamado corcho, regenerándola posteriormente.

Para ser descorchados, los árboles han de tener una edad o tamaño mínimo; la cantidad de corcho extraído del árbol no debe sobrepasar un cierto límite; la época de extracción ha de ser preferiblemente estival, y el turno o periodicidad de la saca ha de ser 9 o 10 años por lo general.

La edad en la que se efectúa la primera extracción de corcho en los alcornoques es la de 20 a 25 años pues es entonces cuando el crecimiento relativo del árbol ha alcanzado su valor máximo y el corcho es susceptible de aprovechamiento

(Serna, 2013, pág. 90)

Figura N° 15:
Corcho natural.



Fuente: [(BRUNSEEN, 2016)]

2.2.4.2. TAPONES DE CORCHO

El tapón monopieza de corcho natural es un cilindro recto que se consigue mediante un proceso mecánico de corte a partir de la corteza del alcornoque.

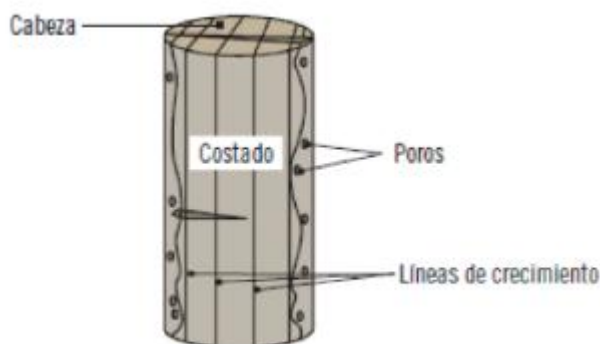
Tabla N° 14:
Proceso de fabricación de tapones de corcho.



Fuente: [(Sostenible, 2014)]

Los tapones de corcho natural tienen la principal virtud de garantizar la estanqueidad del vino en el interior de la botella de vidrio. Gracias al tapón de corcho natural, el vino se mantiene aislado del exterior a lo largo del tiempo, madurando el envejecimiento mediante unos procesos físico-químicos que tienen lugar entre sus propios componentes y su interacción con el ambiente interno de la botella.

Figura N° 16:
Cilindro de corcho con sus diferentes partes.



Fuente: [(Sostenible, 2014)]



2.2.4.3. PROPIEDADES DEL CORCHO

2.2.4.3.1. PROPIEDADES FÍSICAS

- **Compresibilidad y resistencia:** Estas dos propiedades lo han hecho indispensable en numerosas aplicaciones. Un trozo de corcho puede reducirse sometido a una presión y después de que esta presión se reduce o desaparece, el corcho recupera en un 95% su tamaño original.
- **Impermeable al agua y a otros líquidos:** Tanto las celdas rellenas de aire como la resina que las une son impermeables al agua. Al tener una estructura no capilar la penetración a su través es prácticamente imposible. También el corcho es resistente al aceite.
- **Bajo peso específico, Entre 0,20 y 0,25:** La ligereza la debe a su estructura celular rellena de aire y a que el material que une las celdas es también muy ligero. La densidad del corcho varía con la naturaleza y edad del árbol. Dentro de una misma clase, la densidad aumenta con la edad.
- **Baja conductividad térmica:** Debido a que el aire que rellena las celdillas es un excelente aislante térmico, ya que retarda la transferencia de calor a bajas y moderadas temperaturas. Esta propiedad junto con la baja densidad y la resistencia a la presión ha hecho del corcho uno de los principales materiales aislantes térmicos.
- **Absorción de vibraciones:** la propiedad de resistencia del corcho ha hecho de él una importante herramienta en el aislamiento acústico. Las celdas rellenas de aire del corcho reciben las vibraciones, las absorben y las reducen de forma que no son transmitidas a través del corcho.
- **Absorción acústica:** se emplea como aislante contra el ruido y la absorción al ruido. Las celdas rotas de la cara exterior del corcho forman una superficie ideal para la absorción de ondas acústicas.
- **Alto coeficiente de fricción:** cuando se corta una pieza de corcho se cortan las celdillas y cientos de microscópicas ventosas se forman en su



superficie. En ellas se forma un vacío parcial cuando la superficie del corcho se presiona contra una superficie lisa.

(Serna, 2013, pág. 92)

2.2.4.4. FICHA TÉCNICA DEL TAPÓN DE CORCHO

Tabla N° 15:
Ficha técnica del tapón de corcho.

ENSAYOS	CARACTERÍSTICAS	ESPECIFICACIONES
DIMENSIONALES	Diámetro	24.00 ± 0.40 mm
	Longitud	38.00 / 44.00 / 49.00 ± 0.50 mm
	Ovalación	≤ 0.5 mm
FISICOS	Densidad	140 – 250 kg/m ³
	Humedad	5 – 9 %
	Capilaridad	2.50 mm
	Fuerza de extracción	20.0 – 40.0 daN
	Contenido de polvo	<0.003g por tapón
RECUPERACIÓN	Recuperación instantánea	≥ 88%
	Recuperación 5 minutos	≥ 93%
	Recuperación 1 hora	≥ 95%
MICROBIOLOGICO	Levaduras y hongos filamentosos	10 UFC/tapón
	Bacterias aerobias	30 UFC/tapón
QUIMICOS	Oxidantes residuales	Negativo
MARCAJE	Cuerpo	Tinta / fuego
	Cabezas	Fuego
TRATAMIENTOS SUPERFICIE	Estándar de la empresa, salvo especificación del cliente	
CALIDADES	Todas las calidades estándar y calidades totalmente personalizadas	

Fuente: [TAPCORK]

2.2.5. POLÍMEROS

El término polímero se utiliza para describir una molécula muy grande constituida por unidades moleculares que se repiten. Dichas unidades reciben el nombre de monómeros y la reacción en la que los monómeros se unen entre sí se llama polimerización. El polímero posee propiedades físicas de gran interés.

Inicialmente, los objetivos de la química de los polímeros sintéticos consistían en la imitación de polímeros naturales de importancia comercial, como el clásico ejemplo del descubrimiento del nylon en sustitución de la seda. La imitación de abastecimientos de caucho natural, particularmente durante la segunda guerra mundial, provocó enormes esfuerzos acompañados por el éxito para preparar caucho sintético. A partir de entonces se empezó a diseñar polímeros con características diferentes y más ventajosas que las de los productos naturales a los que debían reemplazar.

(Allinger, 1972, pág. 941)

Son moléculas muy grandes con una masa molecular que puede alcanzar millones de UMA's (unidad de masa atómica) que se obtiene por la repetición de una o más unidades simples llamadas (monómeros) unidas entre sí, mediante enlaces covalentes.

(APQUA, 2000, pág. 215)

Figura N° 17:
Polímero – botellas descartables.



Fuente: [Botella PET]

2.2.5.1. POLÍMEROS SEGÚN SU ORIGEN

2.2.5.1.1. NATURALES:

- Polisacáridos



- Caucho

2.2.5.1.2. ARTIFICIALES

- **Plásticos:** Se fabrican con procesos químicos de polimerización de las materias primas obtenidas a parte del petróleo cuando el plástico se convierte en desechos, los que se pueden volver a obtener los primeros mediante un proceso de reciclaje, una de ellas es la que se detalla a continuación:
 - **Pirolisis:** Consiste en calentar el polímero en entre 400 y 800 C° en ausencia de oxígeno con ello se produce su descomposición dando lugar a moléculas más pequeñas (etileno, propileno) que son las materias primas habituales en la fabricación de plásticos.

(APQUA, 2000, pág. 217)

2.2.5.2. PROPIEDADES

A pesar de que los distintos plásticos presentan grandes diferencias en su composición y estructura, hay una serie de propiedades comunes a todos ellos y que los distinguen de otros materiales.

Tabla N° 16:

Densidad, conductividad térmica y eléctrica de diferentes materiales.

Material	Densidad (g/cm ³)	Cond. Term. (W/mK)	Cond. Elec. (S)
Plásticos	0.9-2.3	0.15-0.5	---
PE	0.9-1.0	0.32-0.4	---
PC	1.0-1.2	---	---
PVC	1.2-1.4	---	10 ⁻¹⁵
Acero	7.8	17.50	5.6
Aluminio	2.7	211	38.5
Aire	---	0.05	---

Fuente: [(M. Beltran, 2006, pág. 22)]

2.2.5.2.1. BOTELLAS DESCARTABLES – PET (POLIETILÉNTEREFALATO)

Es un tipo de material plástico derivada del petróleo, correspondiendo su fórmula a la de un poliéster aromático. El PET en general se caracteriza por su elevada pureza, alta resistencia y tenacidad. De acuerdo a su orientación presenta propiedades de transparencia y resistencia química.

• Propiedades del PET

- Procesable por soplado, inyección y extrusión.
- Transparencia y brillo
- Alta resistencia al desgaste
- Muy buen coeficiente de deslizamiento
- Buena resistencia química y térmica.
- Biorientable
- Cristalizable
- Esterilizable por rayos gamma y óxido de etileno
- Liviano
- Totalmente reciclable
- Alta rigidez y dureza

Tabla N° 17:
Polímeros de condensación de uso frecuente.

Polimero	Abreviatura	Unidad de repetición
Poliéster		$-\text{R}-\text{OCO}-\text{R}'-\text{COO}-$
Poliamida	PA	$-\text{NH}-\text{R}-\text{NHCO}-\text{R}'-\text{CO}-$
Policarbonato	PC	
Poli(etilen terftalato)	PET	$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OCO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COO}-$
Poliuretano	PU	$-\text{NH}-\text{COO}-\text{R}-\text{OCO}-\text{NH}-\text{R}'-$
Resina de Fenol-formaldehido		

Fuente: [(M. Beltran, 2006, pág. 5)]

2.2.6. NORMAS

Para la recolección de datos e información necesaria a cerca de la cantidad de los materiales componentes de la mezcla de yeso, se tomará como referencia lo

dispuesto por las siguientes dos normas, las que están en base a la norma internacional europea, ello debido a que en las normas peruanas no dan mayor detalle acerca de los ensayos que se deben realizar al yeso, ni como éstos deben ser evaluados si desean ser empleados en la fabricación de placas de yeso. Debido a ello se usarán las siguientes normas europeas.

NORMAS EUROPEAS:

- **UNE-EN 13279-1** - Yesos de construcción y conglomerantes a base de yeso para la construcción. *DEFINICIONES Y ESPECIFICACIONES.*
- **UNE-EN 13279-2** - Yesos de construcción y conglomerantes a base de yeso para la construcción. *MÉTODOS DE ENSAYO*

2.2.7. MOLDES

Las normas europeas recomiendan moldes para probetas con dimensiones 40x40x160mm, reguladas por normas internacionales ASTM. Para la presente investigación se adaptaron moldes hechos de madera pintados con acrílico para evitar que la madera le quite humedad al yeso y para facilitar el desmoldado de las probetas. A continuación, se detallan éstas:

MOLDES	NORMA	ESTANDARIZADO	ADAPTADO
Molde prismático triple 40x40x160mm	ASTM C-348	 <p>Fuente: http://proetisa.com</p>	
Molde triple para probetas 50x50x50mm	ASTM C109, AASHTO T132	 <p>Fuente: http://proetisa.com</p>	



2.3. PROPIEDADES MECÁNICAS

Las propiedades mecánicas del yeso serán evaluadas a partir de los ensayos de: Resistencia a Compresión, Resistencia a Flexión y Dureza.

2.3.1. RESISTENCIA A COMPRESIÓN

Un ensayo de compresión se realiza de forma similar a un ensayo de tracción, excepto que la fuerza es compresiva y la probeta se contrae a lo largo de la dirección de la fuerza. Por convención, una fuerza de compresión se considera negativa y por tanto, produce un esfuerzo negativo. Los ensayos de compresión se utilizan cuando se desea conocer el comportamiento del material bajo deformaciones permanentes grandes (o sea, plásticas), tal como ocurren en los procesos de conformación, o bien cuando tiene un comportamiento frágil a tracción.

(Callister, 2007, pág. 117)

2.3.1.1. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN

El principio de este ensayo es que se comprimen hasta su rotura. La resistencia a compresión debe determinarse aplicando una carga a los trozos rotos de las probetas procedentes del ensayo de resistencia a flexión.

Si el ensayo de compresión no se realiza inmediatamente a continuación del ensayo de flexión, los trozos de las probetas a ensayos se deberían guardar en un desecador. Los trozos de las probetas se colocan con sus caras laterales hacia arriba y hacia abajo entre los dos platos de acero de la prensa de compresión de forma que los lados de la probeta que estuvieron en contacto con las caras del molde estén en contacto con los platos de la prensa en una sección de 40mmx40mm.

2.3.1.2. EXPRESIÓN DE RESULTADOS

Debe calcularse el valor medio de los 6 valores obtenidos y expresarse en N/mm². La carga de resistencia a compresión R_c viene dada por la siguiente fórmula:

$$R_c = \frac{F_c}{1600}$$



Donde:

- R_c = es la resistencia a compresión en N/mm^2 ;
- F_c = es la máxima carga en la rotura en N;
- $1600 = 40\text{ mm} \times 40\text{ mm}$ es el área de la probeta en mm^2 .

(UNE-EN13279-2, 2004)

2.3.2. RESISTENCIA A FLEXIÓN

Un método de ensayo comúnmente utilizado para los materiales frágiles es el ensayo de flexión. Por lo general involucra un espécimen que tiene una sección transversal rectangular y está soportado en sus extremos. La carga es aplicada verticalmente, ya sea en un punto o en dos; como resultado, estos ensayos se conocen como flexión en tres puntos, o en cuatro puntos, respectivamente. Los esfuerzos longitudinales en estos especímenes son a tensión en sus superficies inferiores y a la compresión en sus superficies superiores.

2.3.2.1. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A FLEXIÓN

Se determina la carga necesaria para romper una probeta prismática de $160\text{ mm} \times 40\text{ mm} \times 40\text{ mm}$ apoyada sobre rodillos cuyos centros estén separados 100 mm . La probeta debe colocarse sobre los rodillos del dispositivo de flexión y, mediante un rodillo central, debe aplicarse una carga hasta que se rompa la probeta. Se anota la carga máxima, en newton, que soporta la probeta.

2.3.2.2. EXPRESIÓN DE RESULTADOS

La resistencia a flexión P_f viene dada por la fórmula:

$$P_f = 0.00234 \times P$$

Donde:

- P_f = es la resistencia a flexión en N/mm^2 ;
- P = es la carga media de rotura en N de, al menos, tres valores obtenidos;

(UNE-EN13279-2, 2004)



2.3.3. DUREZA

Se han desarrollado varios métodos para medir la dureza, utilizando diferentes materiales y formas. Uno de los ensayos más comunes es el Ensayo Brinell. El cual fue introducido por J. A. Brinell en 1900, este ensayo involucra la compresión de una bola de acero de carbono de tungsteno, de un diámetro de 10mm, contra una superficie, con una carga de 500kilos, 1500kilos o 3000kilos. El número de dureza Brinell (HB) se define como la relación de la carga p al área de superficie curvada de la indentación o impresión.

Se determina la huella dejada por una fuerza determinada sobre la probeta de ensayo. Para lo cual se utiliza un dispositivo que permita aplicar una bola de acero endurecido de 10 mm de diámetro en un punto fijo de la superficie de una probeta y que se pueda ejercer una carga fija sobre dicha bola de forma perpendicular a la superficie de la probeta. Además se requiere un comparador, que forme parte del conjunto de la bola, y permita determinar la profundidad de la huella.

(Kalpakjian, 2002, pág. 69)

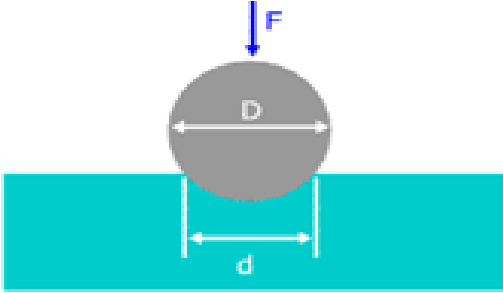
2.3.3.1. DETERMINACIÓN DE LA DUREZA BRINELL

El ensayo se realiza sobre dos de las caras longitudinales de la probeta (por ejemplo, sobre las caras laterales que están en contacto con el molde). Se aplica la carga en tres puntos situados a una distancia de $\frac{1}{4}$ de la longitud de la probeta aplicando la fuerza perpendicularmente a la cara ensayada, en el plano que pasa por el eje lateral. Los puntos extremos deben estar situados a una distancia de 20 mm de cada uno de los extremos de la probeta.

Se aplica una carga de 10 N y en 2 s se incrementa hasta $200 \text{ N} \pm 10 \text{ N}$. Se mantiene la carga durante 15 s; a continuación se mide la profundidad de la huella.

2.3.3.2. EXPRESIÓN DE RESULTADOS

La dureza H , en N/mm^2 viene dada por la fórmula.


$$HB = \frac{F}{\frac{1}{2} \pi D \left[D - \sqrt{D^2 - d^2} \right]}$$

Donde:

- F = Fuerza de la carga en N;
- D = Diámetro de la bola, en mm;
- d = Diámetro de la huella, en mm.

Se anota en el informe de ensayo, en grupos de tres correspondientes a cada una de las caras ensayadas, la profundidad de las 18 huellas. Se calcula la media aritmética.t. y se indica el número de resultados comprendidos entre 0,9t y 1,1t. Se excluyen los valores de las huellas que se hayan marcado sobre poros.

(UNE-EN13279-2, 2004)

2.4. DOSIFICACIÓN DE MATERIAL RECICLADO

Según la PGBC - Perú Green Building Council, en la guía “ESTABLECER CRITERIOS DE EVALUACIÓN SGBC PARA EL CERTIFICADO DEL PRODUCTO SUSTENTABLE, ESPACIOS INTERIORES: PANELES DE YESO”, indica el siguiente criterio dentro de los requisitos para la certificación de productos para edificaciones sustentables:

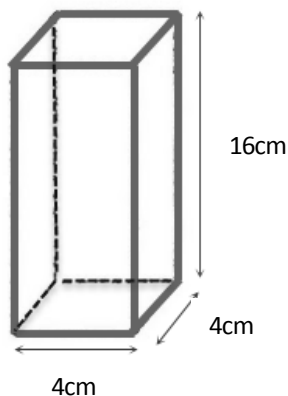
“Los paneles de yeso deben Contener al menos 10% (en peso) de contenido reciclado. Se pueden considerar puntos adicionales a mayor contenido reciclado que esto contenga.”

El presente trabajo investigativo trabajará con el criterio descrito en dicha guía; de la siguiente manera:

yeso adicionado con materiales reciclados según la norma UNE-EN 13279-2 para su uso en la fabricación de placas de yeso.”

CAPÍTULO II

PROBETA DE YESO:



$$\begin{aligned} \text{VOLUMEN} &= 4\text{cm} \times 4\text{cm} \times 16\text{cm} \\ &= 256 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

DOSIFICACIÓN DE:

YESO	+	90% de 256 cm ³ = 230.4 cm ³
CELULOSA		10% de 256 cm ³ = 25.6 cm ³
CAUCHO		10% de 256 cm ³ = 25.6 cm ³
CORCHO		10% de 256 cm ³ = 25.6 cm ³
POLIMERO		10% de 256 cm ³ = 25.6 cm ³

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

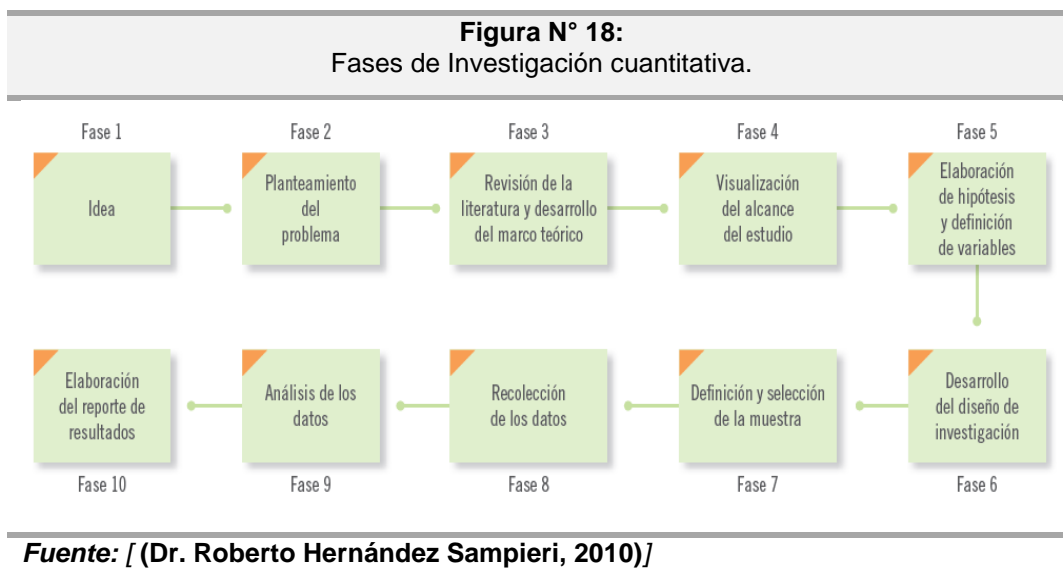
3.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1.1 INVESTIGACIÓN CUANTITATIVA

“Se caracteriza principalmente porque usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar las teorías, dicho enfoque presenta un orden secuencial en el que no se puede saltar ni eludir ningún paso.”

(Dr. Roberto Hernández Sampieri, 2010)

Este tipo de investigación encaja perfectamente a la investigación que se propone, puesto que la recolección de datos para probar la hipótesis se hizo en base a la medición numérica de las propiedades mecánicas de compresión, flexión y dureza del yeso adicionado con materiales reciclados y se hizo una evaluación estadística para ver la variabilidad que presentan entre ellas.





3.1.2. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

- Es una **Investigación correlacional**, ya que se estableció una relación entre las probetas de yeso con las probetas de yeso adicionado con materiales reciclados.
- Es una **Investigación descriptiva**, ya que se realizó una descripción previa de los materiales, sus características y propiedades, los procesos de elaboración. Este apartado se incluyó en el marco teórico.
- Es una **Investigación experimental**, (causa – efecto) puesto que se alteró las probetas de yeso adicionándole material reciclado para poder establecer resultados.

3.1.3. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

3.1.3.1 HIPOTÉTICO - DEDUCTIVO

“Consiste en emitir hipótesis acerca de las posibles soluciones al problema planteado y en comprobar con los datos disponibles si estos están de acuerdo con aquellas.”

(Sánchez, 2011, pág. 12)

El presente trabajo investigativo es hipotético – deductivo, ya que previamente se establecieron la hipótesis general y específicas, las que se probaron en base al marco teórico y a los resultados de las pruebas experimentales que se hicieron. Se concluirá con la aceptación o negación de las hipótesis planteadas.

3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

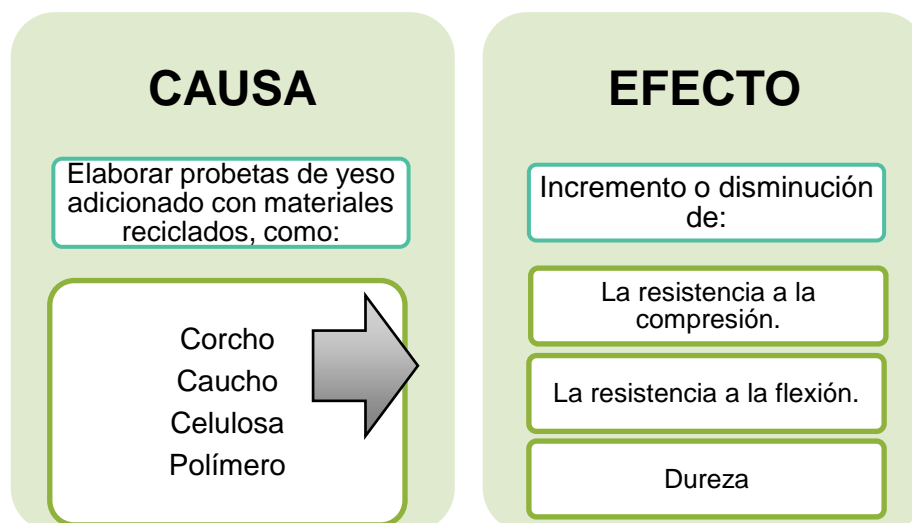


(Dr. Roberto Hernández Sampieri, 2010)

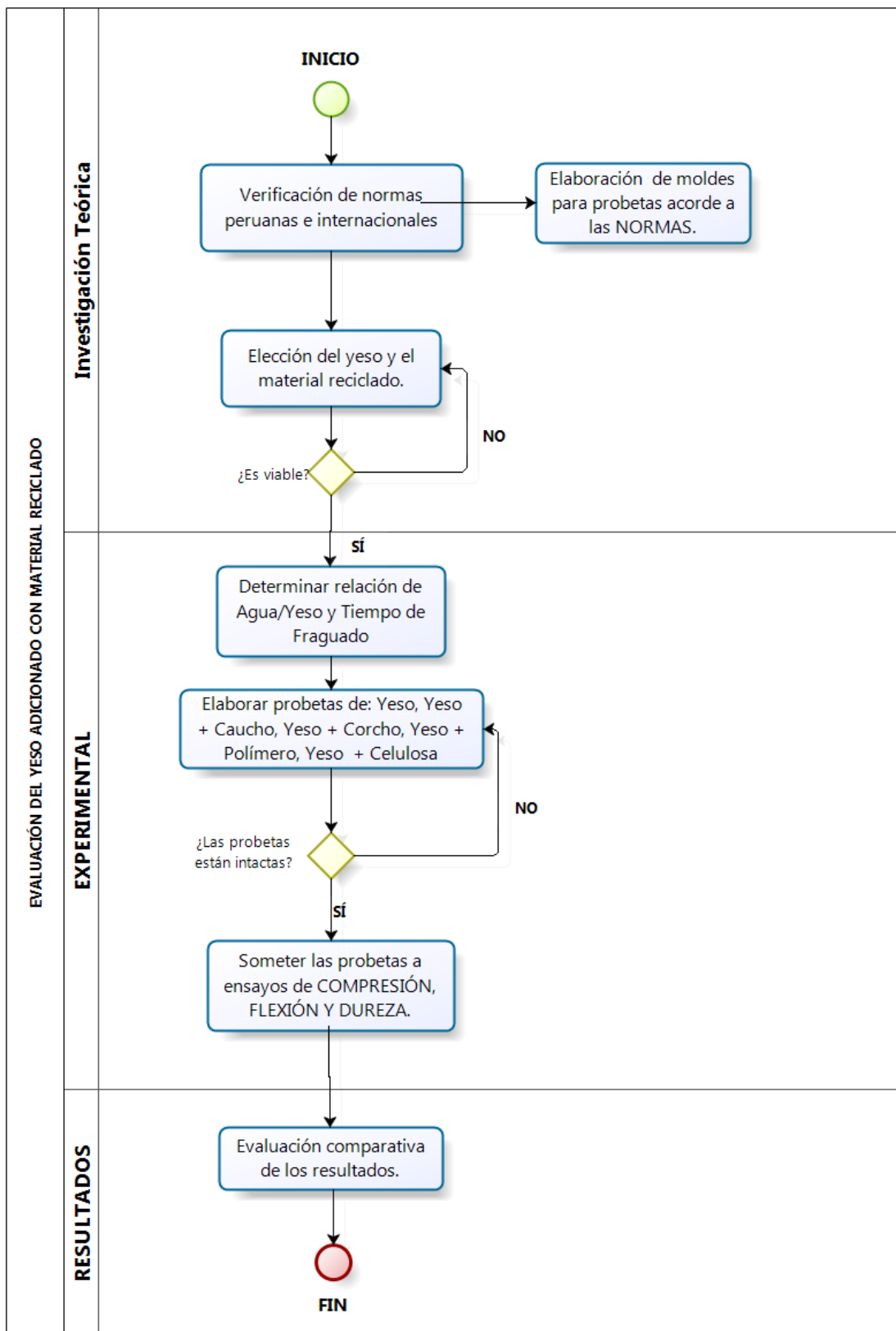
3.2.1. DISEÑO METODOLÓGICO

El tipo de investigación de la presente tesis, es de tipo **EXPERIMENTAL**, puesto que se modificaron y alteraron los procesos de elaboración de la mezcla de yeso adicionándole materiales reciclados. Para su posterior evaluación y análisis de resultados obtenidos a causa de la modificación.

Es diseño experimental debido a que durante el proceso de investigación se modificó algunos aspectos a estudiar cómo, agregar en un porcentaje los materiales reciclados, además se estableció una comparación entre las probetas de yeso con las probetas de yeso adicionados con el porcentaje de material reciclado (celulosa, corcho, caucho y polímero).



3.2.2. DISEÑO DE INGENIERÍA



FUENTE: Elaboración propia con software bizagi.



3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1. POBLACIÓN

3.3.1.2 DESCRIPCIÓN DE LA POBLACIÓN

Para definir la población fue necesario tener en claro “qué o quiénes” son los participantes, objetos, sucesos o comunidades de estudio que se definieron en el planteamiento de la investigación y de los alcances del estudio.

El presente proyecto de investigación está directamente relacionado con el área de resistencia de materiales, la población la conforman todas las probetas de yeso con y sin adiciones de material reciclado. Las que se definieron de la siguiente manera:

Se realizaron 75 probetas (Población) de yeso con o sin adición de material reciclado; se hicieron 15 probetas de yeso ,15 probetas de yeso + celulosa, 15 probetas de yeso + corcho, 15 probetas de yeso + caucho, 15 probetas + polímero. Las que fueron sometidas a los ensayos de compresión, flexión, dureza a los 7 días de endurecido.

3.3.1.3 CUANTIFICACIÓN DE LA POBLACIÓN

La población de estudio está representada por el total de probetas de yeso que se elaboraron, para efectos de investigación se realizó el preparado de 75 unidades de probetas de yeso y yeso adicionados con material reciclado en el Laboratorio de la Universidad Andina del Cusco, como se detalla a continuación.

Tabla N° 18:
Cuantificación de la Población.

	PROBETAS				
	YESO	CELULOSA	CAUCHO	CORCHO	POLÍMERO
MUESTRA	15	15	15	15	15
POBLACIÓN	75				

NOTA: La tabla muestra la cantidad de probetas que se elaborarán para realizar los ensayos respectivos.

Fuente: [Elaboración propia]



3.3.2. MUESTRA

3.3.2.1 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Según la norma (UNE-EN13279-2, 2004, pág. 18), indica que, para realizar los ensayos, se deben preparar tres probetas como mínimo. En base a lo dispuesto por la norma, las muestras se cuantificaron de la siguiente manera:

- 15 probetas de yeso
 - 5 probetas de yeso sometidas a compresión.
 - 5 probetas de yeso sometidas a flexión
 - 5 probetas de yeso para el ensayo de dureza
- 15 probetas de yeso adicionado con celulosa
 - 5 probetas de yeso con celulosa sometidas a compresión.
 - 5 probetas de yeso con celulosa sometidas a flexión
 - 5 probetas de yeso con celulosa para el ensayo de dureza
- 15 probetas de yeso adicionado con caucho
 - 5 probetas de yeso con caucho sometidas a compresión.
 - 5 probetas de yeso con caucho sometidas a flexión
 - 5 probetas de yeso con caucho para el ensayo de dureza
- 15 probetas de yeso adicionado con corcho
 - 5 probetas de yeso con corcho sometidas a compresión.
 - 5 probetas de yeso con corcho sometidas a flexión
 - 5 probetas de yeso con corcho para el ensayo de dureza
- 15 probetas de yeso adicionado con polímero
 - 5 probetas de yeso con polímero sometidas a compresión.
 - 5 probetas de yeso con polímero sometidas a flexión
 - 5 probetas de yeso con polímero para el ensayo de dureza

3.3.2.2 CUANTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Se consideró 15 probetas de yeso, 15 probetas de yeso adicionado con corcho, 15 probetas de yeso adicionado con caucho, 15 probetas de yeso adicionado con celulosa, y 15 probetas de yeso adicionado con polímero.

Tabla N° 19:
Cuantificación de la Muestra.

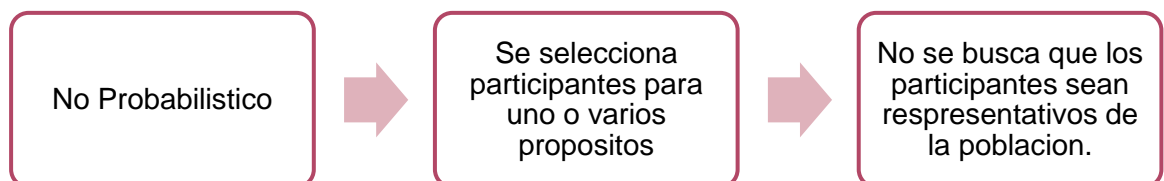
PROBETAS	MUESTRA	CANTIDAD	ENSAYOS
Yeso	15	5	Resistencia a la Compresión
		5	Resistencia a la Flexión
		5	Dureza
yeso + Celulosa	15	5	Resistencia a la Compresión
		5	Resistencia a la Flexión
		5	Dureza
yeso + Corcho	15	5	Resistencia a la Compresión
		5	Resistencia a la Flexión
		5	Dureza
Yeso + Caucho	15	5	Resistencia a la Compresión
		5	Resistencia a la Flexión
		5	Dureza
Yeso + Polímero	15	5	Resistencia a la Compresión
		5	Resistencia a la Flexión
		5	Dureza

NOTA: La tabla muestra la cantidad de probetas que se elaborarán para realizar los ensayos respectivos

Fuente: [Elaboración propia]

3.3.2.3 MÉTODO DE MUESTREO

El método aplicado en la presente investigación es no probabilístico por que la elección de la muestra o del elemento no depende de la probabilidad, si no de las causas relacionadas con las características de la investigación o de quien hace la muestra. En la presente investigación el procedimiento no es mecánico, ni existen fórmulas de probabilidad si no que el proceso de selección de muestra obedece a la decisión o criterio del investigador.



3.3.2.4 CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE MUESTRA

El Método de muestreo fue NO PROBABILISTICO, este se asienta generalmente sobre la base de un conocimiento de los estratos de la población y/o de los individuos más "representativos" o "adecuados" para los fines de la investigación.



3.3.3. CRITERIOS DE INCLUSION

Los conjuntos de características comunes a la población son:

- Tipo de material reciclado empleado,
- Dosificación
- Tiempo de endurecimiento

3.4. INSTRUMENTOS

4.4.1. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS (IRD)



4.4.1.1. IRD RELACIÓN AGUA/YESO – AMASADO A SATURACIÓN



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TOMA DE DATOS



ENSAYO:	Determinación de la relación agua/yeso - Método del amasado a saturación		
NORMA:	UNE-EN 13279-2		
DESMOLDE:			
ROTURA:			
FECHA:			
PROBETAS DE:			

ENSAYO 1			
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR
Pw	Masa de agua a usar	gr	
Py	Masa final después del amasado	gr	
A/Y=			

ENSAYO 2			
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR
Pw	Masa de agua a usar	gr	
Py	Masa final después del amasado	gr	
A/Y=			
A/Y=			


OBSERVACIONES:

Fuente: [Elaboración propia].




yeso adhiridos con materiales reforzados según la norma UNE-EN 13279-2 para su uso en la fabricación de placas de yeso.”

4.4.1.2. IRD TIEMPO DE FRAGUADO – CONO DE VICAT



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TOMA DE DATOS



ENSAYO:	Determinación del Tiempo de Fraguado - Método del cono de Vicat
NORMA:	UNE-EN 13279-2
DESMOLDE:	
ROTURA:	
FECHA:	
PROBETAS DE:	

SIMBOLO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR
t ₀	Momento en el que el yeso se pone en contacto con el agua	seg	
t ₁	Tiempo en el que, el cono penetre una profundidad entre 16 a 20mm.	seg	

OBSERVACIONES:

FORMULA:

$$t_f = t_1 - t_0$$

Tiempo de Fraguado

Fuente: [Elaboración propia].



4.4.1.3. IRD ENSAYO DE FLEXIÓN



CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TOMA DE DATOS



UAC

ENSAYO:	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN
NORMA:	UNE-EN 13279-2
DESMOLDE:	
ROTURA:	
FECHA:	
PROBETAS DE:	

DATOS:

T° Ambiente=	
NORMA ASTM C-348 - Probeta=	40mm x 40mm x 160mm

Pf	Resistencia a flexión	N/mm ²
P	Carga media de rotura	N
F	Equipo Accuteck	kgf

FORMULA:

$$P_F = 0,00234 \times P$$

PROBETA	F	P	Pf
1			
2			
3			
4			
5			


OBSERVACIONES:

Pf promedio

Fuente: [Elaboración propia].




4.4.1.4. IRD ENSAYO DE COMPRESIÓN



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TOMA DE DATOS



ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
NORMA:	UNE-EN 13279-2
DESMOLDE:	
ROTURA:	
FECHA:	
PROBETAS DE:	

DATOS:

T° Ambiente=	
NORMA ASTM C-348 - Probeta=	40mm x 40mm x 160mm

FORMULA:

$$R_c = \frac{F_c}{1600}$$

Rc	Resistencia a compresión	N/mm2
Fc	Máxima carga en la rotura	N
1600	40 mm x 40mm Área de la probeta	mm2
P	Fuerza del Equipo Universal de Ensayo de Materiales	KN

PROBETA	P	Fc	Fc promedio	Rc
PROBETA NUEVA 1				
PROBETA RESTANTE				
PROBETA RESTANTE				
PROBETA NUEVA 2				
PROBETA RESTANTE				
PROBETA RESTANTE				
PROBETA NUEVA 3				
PROBETA RESTANTE				
PROBETA RESTANTE				
PROBETA NUEVA 4				
PROBETA RESTANTE				
PROBETA RESTANTE				
PROBETA NUEVA 5				
PROBETA RESTANTE				
PROBETA RESTANTE				


OBSERVACIONES:

Rc promedio

Fuente: [Elaboración propia].




4.4.1.5. IRD ENSAYO DE DUREZA – BRINELL



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

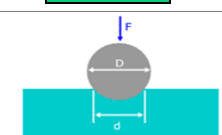
TOMA DE DATOS



ENSAYO:	DUREZA BRINELL		
NORMA:	ISO 6506 - 1		
DESMOLDE:			
ROTURA:			
FECHA:			
PROBETAS DE:			
DATOS:			
T° Ambiente=			
NORMA ASTM C-348 - Probeta=	40mm x 40mm x 160mm		
F=210 N	Fuerza ejercida al cabo de 15 seg	N	
D	Diámetro de 10mm	mm	
d	Diámetro de la huella	mm	
HB	Número de brinell	N/mm2	

PROBETA	Cara	d	D	HB
1	Cara 1		10.00 mm	
	Cara 2		10.00 mm	
2	Cara 1		10.00 mm	
	Cara 2		10.00 mm	
3	Cara 1		10.00 mm	
	Cara 2		10.00 mm	
4	Cara 1		10.00 mm	
	Cara 2		10.00 mm	
5	Cara 1		10.00 mm	
	Cara 2		10.00 mm	

FORMULA:



$$HB = \frac{F}{\frac{1}{2} \pi D [D - \sqrt{D^2 - d^2}]}$$

OBSERVACIONES:

Pf promedio

Fuente: [Elaboración propia].

4.4.2. INSTRUMENTOS DE INGENIERÍA

Tabla N° 20: Instrumentos de Ingeniería.	
ENSAYOS REALIZADOS EN LABORATORIO	EQUIPO
<ul style="list-style-type: none">• Ensayo de Compresión de	<ul style="list-style-type: none">• Equipo Universal para Ensayo de Materiales.
<ul style="list-style-type: none">• Ensayo de Flexión	<ul style="list-style-type: none">• Máquina Compresión Accuteck.
<ul style="list-style-type: none">• Ensayo de Dureza	<ul style="list-style-type: none">• Equipo Universal para Ensayo de Materiales.

NOTA: La tabla muestra los ensayos que se realizaron y los respectivos equipos que se usaron.

Fuente: [Elaboración propia]

4.4.2.1. MAQUINA DE COMPRESIÓN ACCUTECK

Se denomina máquina universal a una máquina semejante a una prensa con la que es posible someter materiales a ensayos de compresión para medir su resistencia. La presión se logra mediante placas o mandíbulas accionadas por tornillos o un sistema hidráulico.

Figura N° 19:
Máquina de compresión Accuteck.



NOTA: Equipo de compresión con el que se realizará el ensayo de compresión y flexión de las probetas de yeso.

Fuente: [SCHILLER].

4.4.2.2. EQUIPO UNIVERSAL PARA ENSAYO DE MATERIALES

La UEE / 20KN es una unidad de ensayo de materiales universal de sobremesa didáctico. Se distingue por su construcción rígida, un control preciso, posee un sistema hidráulico preciso para aplicar cargas de hasta 20 KN. lo que permite realizar ensayos con materiales poco duros.

Con este equipo se puede realizar los siguientes ensayos:

- Ensayo de Flexión.
- Prueba de dureza Brinell.
- Ensayo de Compresión.
- Ensayo de Tracción.

Figura N° 20:
Máquina de Universal para Ensayo de materiales.



NOTA: Equipo de compresión con el que se realizará el ensayo de compresión, flexión y dureza de las probetas de yeso.

Fuente: [EDIBON]

4.4.2.3. BALANZA

Las balanzas nos indicarán el peso que un cuerpo posee, en el Laboratorio de Tecnología del Concreto se cuenta con tres tipos de balanza, de acuerdo a su cantidad máxima de peso, y sensibilidad adecuada.

Figura N° 21:
Balanza de Precisión 0.1.



NOTA: Equipo de medida con el que se calcularán las cantidades y proporciones de mezclas.

Fuente: [Elaboración Propia]

3.5. RECOLECCIÓN DE DATOS (RD)

4.5.1. RD MÉTODO DE AMASADO A SATURACIÓN (AS) - RELACIÓN DE AGUA/YESO

4.5.1.1. EQUIPOS Y MATERIALES – AS

Figura N° 22:
Materiales y equipos – Ensayo Amasado a Saturación.



YESO



Papel absorbente, vaso de precipitados, mortero.

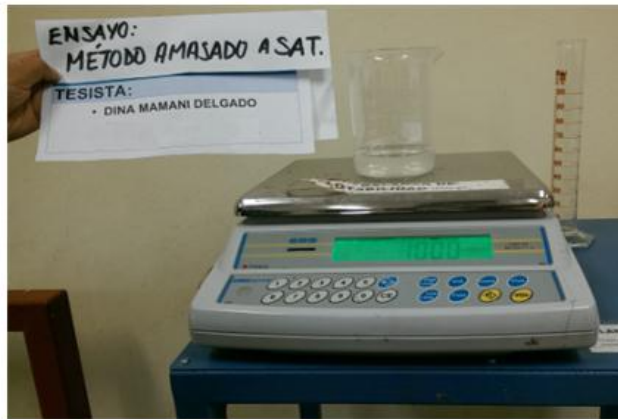
Fuente: [Elaboración propia.]

- Balanza de precisión 0.1.
- Yeso.
- Vaso de precipitados de 250ml
- Agua destilada

- Regla metálica
- Cronometro

4.5.1.2. PROCEDIMIENTO – AS

PASO N° 1: Se realiza dos marcas en el vaso de precipitados, una a 16mm y la otra a 32mm. Se vierte 100gr de agua en el vaso de precipitados teniendo cuidado de no mojar la parte superior de las paredes del recipiente cilíndrico. Se anota la masa “Pw” del recipiente con el agua.



Fuente: [Elaboración propia.]

PASO N° 2: Se corre el cronometro, y se espolvorea el yeso durante los **30 segundos**, transcurrido dicho tiempo verificar que la mezcla haya pasado la marca de 16mm. Se continúa espolvoreando hasta los **60 segundos**, y se verifica también que la mezcla haya sobrepasado la segunda marca.

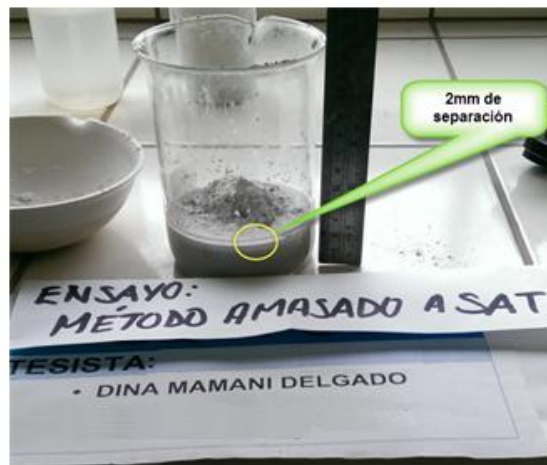


Fuente: [Elaboración propia.]

yeso adicionado con materiales reciclados según la norma UNE-EN 10270-2 para su uso en la fabricación de placas de yeso.”

CAPÍTULO III

PASO N° 3: Seguir espolvoreando hasta los 90 segundos, la brecha entre el agua y el yeso debe ser aproximadamente 2mm. Continuar el proceso de espolvorear entre 20 y 40 segundos más, la brecha ya se debió minimizar.



Fuente: [Elaboración propia.]

PASO N° 4: Llevamos la mezcla a la balanza y la pesamos, anotamos la masa Py.




Fuente: [Elaboración propia.]

PASO N° 5: Se repite los pasos del 1 al 4 con otra muestra de yeso, para tomar un promedio.




4.5.1.3. TOMA DE DATOS – AS



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TOMA DE DATOS



ENSAYO:	Determinación de la relación agua/yeso - Método del amasado a saturación
NORMA:	UNE-EN 13279-2
DESMOLDE:	
ROTURA:	
FECHA:	8 de Abril del 2015
PROBETAS DE:	

ENSAYO 1

SIMBOLO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR
Pw	Masa de agua a usar	gr	100
Py	Peso final después del amasado	gr	241.9
		A/Y=	

ENSAYO 2

SIMBOLO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR
Pw	Masa de agua a usar	gr	100
Py	Peso final después del amasado	gr	263.7
		A/Y=	

OBSERVACIONES:

- Para el ENSAYO 1, no se taró el vaso de precipitados, por ende se tuvo que restar el peso del vaso. (428.9gr- 187gr)=241.9gr

A/Y=

Fuente: [Elaboración propia].

4.5.2. RD MÉTODO DEL CONO DE VICAT (CV) - TIEMPO DE FRAGUADO

4.5.2.1. EQUIPOS Y MATERIALES – CV

Figura N° 23:
Materiales y equipos – Ensayo Cono de Vicat.



Yeso.



Cono de Vicat



Espátulas



Batidora



Recipiente



Agua destilada

Fuente: [Elaboración propia.]

4.5.2.2. PROCEDIMIENTO – CV

PASO N° 1: Se prepara una mezcla de yeso con agua destilada de acuerdo a la relación agua/yeso que se obtuvo en el método de amasado a saturación.
3.5.1.2.

$$A/Y = 0.7$$

Yeso	550	gr
Agua	385	gr

PASO N° 2: Se corre el cronómetro y se prepara la mezcla con ayuda de la batidora.



Fuente: [Elaboración propia.]

PASO N° 3: Preparada la mezcla la vertemos en el molde ubicando el vidrio debajo de éste, estos dos accesorios se incluyen en el equipo de cono de vicat.



Fuente: [Elaboración propia.]

PASO N° 4: Con ayuda de la espátula a modo de sierra enrasamos.



Fuente: [Elaboración propia.]

PASO N° 5: Ubicamos el molde en la base del Cono de Vicat.



Fuente: [Elaboración propia.]



yeso adobeado con materiales reciclados según norma ONE EN 10270-2 para su uso en la fabricación de placas de yeso.”

PASO N° 6: Soltamos la aguja, y hacemos perforaciones a 1.2cm entre ellas, hasta que se alcance una profundidad entre 16 a 20mm. Cuando se alcance este rango se para el cronómetro y ése será el tiempo de fraguado del yeso.



Fuente: [Elaboración propia.]



4.5.2.3. DATOS OBTENIDOS – CV



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TOMA DE DATOS



ENSAYO:	Determinación del Tiempo de Fraguado - Método del cono de Vicat
NORMA:	UNE-EN 13279-2
DESMOLDE:	
ROTURA:	
FECHA:	09 de Abril del 2016
PROBETAS DE:	

SIMBOLO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR
t ₀	Momento en el que el yeso se pone en contacto con el agua	seg	00' 00"
t ₁	Tiempo en el que, el cono penetre una profundidad entre 16 a 20mm.	seg	09' 01"

OBSERVACIONES:

FORMULA:

$$t_f = t_1 - t_0$$

Tiempo de Fraguado

Fuente: [Elaboración propia].

4.5.3. RD ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (RF)

4.5.3.1. EQUIPOS Y MATERIALES - RF

Figura N° 24:
Materiales y equipos – Ensayo resistencia a la Flexión.



1500gr para yeso



Moldes para probetas
40x40x160mm



Espátulas



Batidora



Recipiente



1050gr de Agua destilada



Papel absorbente, vaso de precipitados, mortero.



Máquina universal de Accuteck.



255gr de polímero
(Diámetro $\phi=10\text{mm}$)



255gr de corcho
(Diámetro $\phi=10\text{mm}$)



255gr de celulosa
(Diámetro $\phi=10\text{mm}$)



255gr de caucho
(Diámetro $\phi=10\text{mm}$)

Fuente: [Elaboración propia.]

4.5.3.2. PROCEDIMIENTO - RF

4.5.3.2.1. ENSAYO DE RF DEL YESO

A) ELABORACIÓN DE PROBETAS DE YESO

PASO N° 1: Se prepara una mezcla de yeso con agua destilada de acuerdo a la relación agua/yeso que se obtuvo en el método de amasado a saturación.

DOSIFICACIÓN

A/Y=	0.7
Yeso=	1500 gr
Agua=	1050 gr

PASO N° 2: Se dosifica 1500gr de yeso y 1050gr de agua destilada.



1500gr de yeso



1050gr de agua

Fuente: Elaboración propia.

PASO N° 3: En un recipiente se procede a verter el agua, seguidamente se coloca el yeso y se inicia el batido con ayuda de una batidora, para lograr homogenizar la mezcla.



1500gr de yeso



1050gr de agua

Fuente: Elaboración propia.

PASO N° 4: Iniciar el batido hasta lograr una mezcla pastosa, la que se logra entre 1 y 2 minutos.



Fuente: Elaboración propia.

PASO N° 5: Verter la mezcla en uno de los moldes con ayuda de una espátula colocar la mezcla de modo que no se forme poros y enrazar con la espátula el molde de las probetas.



Fuente: Elaboración propia.

PASO N° 6: Llevamos el molde a temperatura de ambiente, se deja fraguar durante 30 a 45 minutos.



Fuente: Elaboración propia.

PASO N° 7: Se procede al desmolde y rotulado de las probetas transcurrido 30 a 45 minutos. Y se deja las probetas para su secado a temperatura del laboratorio.

PASO N° 8: Se repite el PASO N°01 al PASO N°06 para elaborar 2 grupos de probetas más, para obtener 15 probetas.

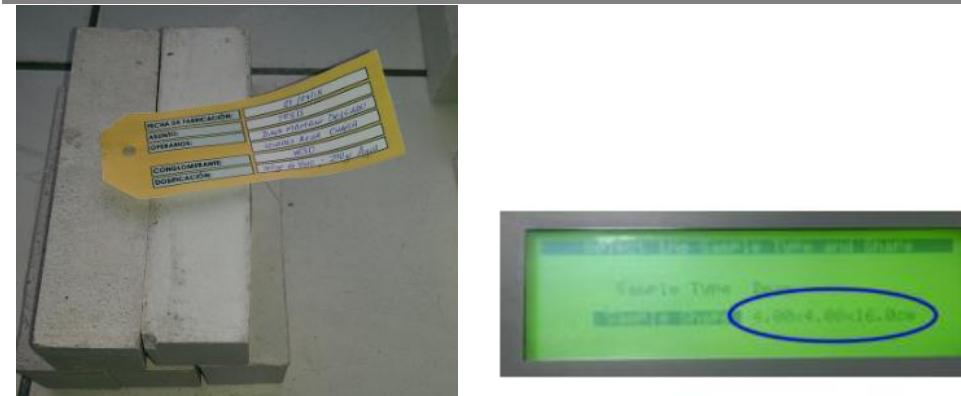


Fuente: Elaboración propia.

yeso endurecido con materiales reciclados según la norma UNE-EN 12670-2 para su uso en la fabricación de placas de yeso.”

B) ROTURA DE PROBETAS DE YESO

PASO N° 1: A los 7 días de endurecido de las probetas, se preparan las probetas de yeso elaboradas en el apartado 3.5.3.2.1, A) y se procede a calibrar la máquina de compresión. Se ingresan las dimensiones de las probetas normadas.



Fuente: Elaboración propia.

PASO N° 2: Amoldar la máquina de compresión universal, colocándole dos barras de acero separadas a 100mm, que servirán de base para colocar la probeta, y una barra de acero adicional colocada en la parte central de la cara superior de la probeta.



Fuente: Elaboración propia.

PASO N° 3: Someter a flexión y registrar la fuerza ejercida en la cara de la probeta en kgf.



Fuente: Elaboración propia.

4.5.3.2.2. ENSAYO DE RF DE YESO CON CAUCHO

A) ELABORACIÓN DE PROBETAS DE YESO ADICIONADO CON CAUCHO

PASO N° 1: Se prepara una mezcla de yeso con agua destilada de acuerdo a la relación agua/yeso que se obtuvo en el método de amasado a saturación.

DOSIFICACIÓN	
A/Y=	0.7
Yeso=	1500 gr
Caucho (10% *(Agua+Yeso))=	255gr
Agua=	1050 gr

PASO N° 2: En un recipiente se procede a verter el caucho, agua, y yeso.

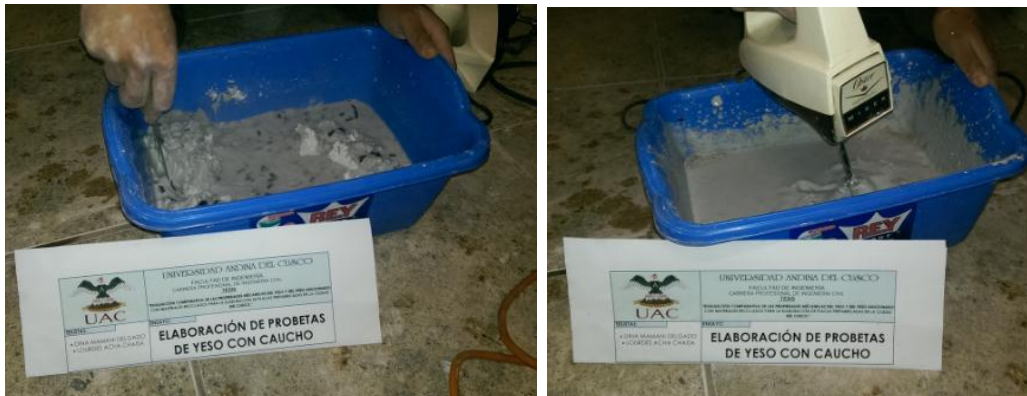
yeso adicionado con materiales reciclados según la norma UNE-EN 12670-2 para su uso en la fabricación de placas de yeso.”

CAPÍTULO III



Fuente: Elaboración propia.

PASO N° 3: Iniciar el batido hasta lograr una mezcla pastosa, la que se logra entre 1 y 2 minutos.



Fuente: Elaboración propia.

PASO N° 4: Verter la mezcla en uno de los moldes con ayuda de una espátula colocar la mezcla de modo que no se forme poros y enraizar con la espátula el molde de las probetas.

yeso adicionado con materiales reciclados según la norma UNE-EN 12730-2 para su uso en la fabricación de placas de yeso.”

CAPÍTULO III



Fuente: Elaboración propia.

PASO N° 5: Llevamos el molde a temperatura de ambiente, se deja fraguar durante 30 a 45 minutos. Y se deja las probetas para su secado a temperatura del laboratorio.

PASO N° 6: Se repite el PASO N°01 al PASO N°05 para elaborar 2 grupos de probetas más, para obtener 15 probetas con caucho.

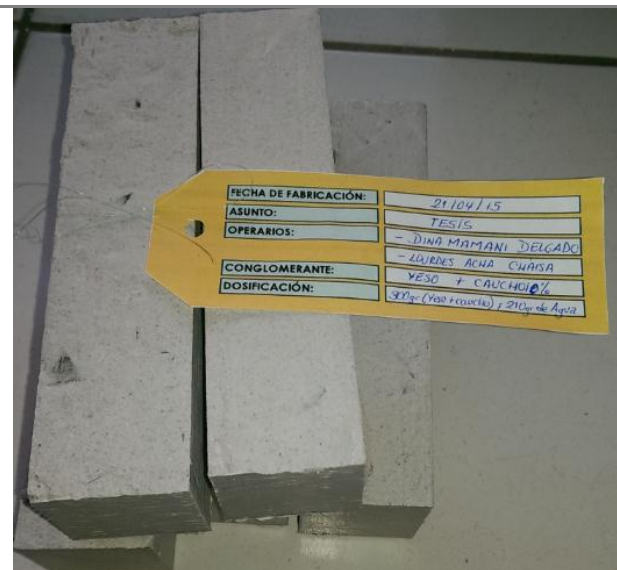


Fuente: Elaboración propia.

B) ROTURA DE PROBETAS DE YESO ADICIONADO CON CAUCHO

PASO N° 1: A los 7 días de endurecido de las probetas, se preparan las probetas de yeso elaboradas en el apartado 3.5.3.2.2. A).

yeso adhiridos con materiales recubiertos según la norma UNE-EN 10270-2 para su uso en la fabricación de placas de yeso.”



Fuente: Elaboración propia.

PASO N° 2: Amoldar la máquina de compresión universal, colocándole dos barras de acero separadas a 100mm, que servirán de base para colocar la probeta, y una barra de acero adicional colocada en la parte central de la cara superior de la probeta.



Fuente: Elaboración propia.

PASO N° 3: Someter a flexión y registrar la fuerza ejercida en la cara de la probeta en kgf.



Fuente: Elaboración propia.

4.5.3.2.3. ENSAYO DE RF DE YESO CON CORCHO

A) ELABORACIÓN DE PROBETAS DE YESO ADICIONADO CON CORCHO

PASO N° 1: Se prepara una mezcla de yeso con agua destilada de acuerdo a la relación agua/yeso que se obtuvo en el método de amasado a saturación.

DOSIFICACIÓN	
A/Y=	0.7
Yeso=	1500 gr
Corcho (10%(Yeso + Agua))=	255gr
Agua=	1050 gr

PASO N° 2: En un recipiente se procede a verter el corcho, agua, y yeso.



Fuente: Elaboración propia.

PASO N° 3: Iniciar el batido hasta lograr una mezcla pastosa, la que se logra entre 1 y 2 minutos.



Fuente: Elaboración propia.

PASO N° 4: Verter la mezcla en uno de los moldes con ayuda de una espátula colocar la mezcla de modo que no se forme poros y enrazar con la espátula el molde de las probetas.



Fuente: Elaboración propia.

PASO N° 5: Llevamos el molde a temperatura de ambiente, se deja fraguar durante 30 a 45 minutos. Y se deja las probetas para su secado a temperatura del laboratorio.

PASO N° 6: Se repite el PASO N°01 al PASO N°05 para elaborar 2 grupos de probetas más, para obtener 15 probetas con corcho.



Fuente: Elaboración propia.

y sus aditivos con materiales reciclados según norma UNE EN 12670-2 para su uso en la fabricación de placas de yeso.”

B) ROTURA DE PROBETAS DE YESO ADICIONADO CON CORCHO

PASO N° 1: A los 7 días de endurecido de las probetas, se preparan las probetas de yeso elaboradas en el apartado 3.5.3.2.3 A).



Fuente: Elaboración propia.

PASO N° 2: Someter a flexión y registrar la fuerza ejercida en la cara de la probeta en kgf.



Fuente: Elaboración propia.

4.5.3.2.4. ENSAYO DE RF DE YESO CON POLÍMERO

A) ELABORACIÓN DE PROBETAS DE YESO ADICIONADO CON POLÍMERO

PASO N° 1: Se prepara una mezcla de yeso con agua destilada de acuerdo a la relación agua/yeso que se obtuvo en el método de amasado a saturación.

DOSIFICACIÓN	
A/Y=	0.7
Yeso=	1500 gr
Polímero (10%(Yeso+Agua))=	255gr
Agua=	1050 gr

PASO N° 2: En un recipiente se procede a verter el polímero, agua, y yeso.



Fuente: Elaboración propia.

PASO N° 3: Iniciar el batido hasta lograr una mezcla pastosa, la que se logra entre 1 y 2 minutos.



Fuente: Elaboración propia.

PASO N° 4: Verter la mezcla en uno de los moldes con ayuda de una espátula colocar la mezcla de modo que no se forme poros y enrazar con la espátula el molde de las probetas.



Fuente: Elaboración propia.

PASO N° 5: Llevamos el molde a temperatura de ambiente, se deja fraguar durante 30 a 45 minutos. Y se deja las probetas para su secado a temperatura del laboratorio.

PASO N° 6: Se repite el PASO N°01 al PASO N°05 para elaborar 2 grupos de probetas más, para obtener 15 probetas con polímero.

B) ROTURA DE PROBETAS DE YESO ADICIONADO CON POLÍMERO

PASO N° 1: A los 7 días de endurecido de las probetas, se preparan las probetas de yeso elaboradas en el apartado 3.5.3.2.4. A).



Fuente: Elaboración propia.

PASO N° 2: Someter a flexión y registrar la fuerza ejercida en la cara de la probeta en kgf.



Fuente: Elaboración propia.

4.5.3.2.5. ENSAYO DE RF DE YESO CON CELULOSA

A) *ELABORACIÓN DE PROBETAS DE YESO ADICIONADO CON CELULOSA*

PASO N° 1: Se prepara la celulosa a partir de bolsas de cemento reciclado, se procede al lavado de la bolsa para eliminar rastros de cemento; una vez lavado se procede al triturado manual dejando la celulosa con diámetros aproximados a 10mm, seguidamente se lleva al horno para el secado correspondiente bajo una supervisión constante.



Fuente: Elaboración propia.

yeso adicionado con materiales reciclados según norma UNE-EN 12470-2 para su uso en la fabricación de placas de yeso.”

CAPÍTULO III

PASO N° 2: Se prepara una mezcla de yeso con agua destilada de acuerdo a la relación agua/yeso que se obtuvo en el método de amasado a saturación.

DOSIFICACIÓN	
A/Y=	0.7
Yeso=	1500 gr
Celulosa (10%(Yeso + Agua))=	255gr
Agua=	1050 gr

PASO N° 3: En un recipiente se procede a verter la celulosa, agua, y yeso.



Fuente: Elaboración propia.

PASO N° 4: Iniciar el batido hasta lograr una mezcla pastosa, la que se logra entre 1 y 2 minutos.



Fuente: Elaboración propia.

yeso adicionado con materiales reciclados según norma UNE-EN 12670-2 para su uso en la fabricación de placas de yeso.”

PASO N° 5: Verter la mezcla en uno de los moldes con ayuda de una espátula colocar la mezcla de modo que no se forme poros y enrazar con la espátula el molde de las probetas.



Fuente: Elaboración propia.

PASO N° 6: Llevamos el molde a temperatura de ambiente, la dejamos fraguar durante 30 a 45 minutos. Y se deja las probetas para su secado a temperatura del laboratorio.

PASO N° 7: Se repite el PASO N°01 al PASO N°06 para elaborar 2 grupos de probetas más, para obtener 15 probetas.



Fuente: Elaboración propia.

yeso adicionado con materiales fibrosos según norma UNE-EN 12752 para su uso en la fabricación de placas de yeso.”

B) ROTURA DE PROBETAS DE YESO ADICIONADO CON CELULOSA

PASO N° 1: A los 7 días de endurecido de las probetas, se preparan las probetas de yeso elaboradas en el apartado 3.5.3.2.5. A).



Fuente: Elaboración propia.

PASO N° 2: Someter a flexión y registrar la fuerza ejercida en la cara de la probeta en kgf.



Fuente: Elaboración propia.



... y sus adendos con materiales relacionados según la norma UNE-EN 13279-2 para su uso en la fabricación de placas de yeso.”


4.5.3.3. DATOS OBTENIDOS DE RF
4.5.3.3.1. DATOS OBTENIDOS DE RF DE YESO

Formulario de toma de datos para ensayo de resistencia a la flexión de placas de yeso. Incluye logos de la Universidad Andina del Cusco, título 'TOMA DE DATOS', campos para ensayo, norma, desmolde, rotura, fecha y probetas. Contiene una tabla de datos de ensayo, una fórmula Pf = 0,00234 x P, y una tabla de resultados para 5 probetas.

Fuente: Elaboración Propia.




4.5.3.3.2. DATOS OBTENIDOS DE RF DE YESO CON CAUCHO



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TOMA DE DATOS



ENSAYO:	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN
NORMA:	UNE-EN 13279-2
DESMOLDE:	A los 45 minutos de fraguado
ROTURA:	A los 7 días de endurecido
FECHA:	29 de Abril del 2015
PROBETAS DE:	YESO + CAUCHO

DATOS:

T° Ambiente=	13°C
NORMA ASTM C-348 - Probeta=	40mm x 40mm x 160mm

Pf	Resistencia a flexión	N/mm ²
P	Carga media de rotura	N
F	Equipo Accuteck	kgf

PROBETA	F	P	Pf
1	52.00 kg-f		
2	50.00 kg-f		
3	51.00 kg-f		
4	51.00 kg-f		
5	51.00 kg-f		

FORMULA:

$$P_F = 0,00234 \times P$$


OBSERVACIONES:

Pf promedio

Fuente: Elaboración propia.




4.5.3.3.3. DATOS OBTENIDOS DE RF DE YESO CON CORCHO



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TOMA DE DATOS



ENSAYO:	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN
NORMA:	UNE-EN 13279-2
DESMOLDE:	A los 45 minutos de fraguado
ROTURA:	A los 7 días de endurecido
FECHA:	29 de Abril del 2015
PROBETAS DE:	YESO + CORCHO

DATOS:

FORMULA:

T° Ambiente=	13°C
NORMA ASTM C-348 - Probeta=	40mm x 40mm x 160mm

Pf	Resistencia a flexión	N/mm ²
P	Carga media de rotura	N
F	Equipo Accuteck	kgf

$$P_F = 0,00234 \times P$$

PROBETA	F	P	Pf
1	49.00 kg-f		
2	48.00 kg-f		
3	48.00 kg-f		
4	47.00 kg-f		
5	49.00 kg-f		


OBSERVACIONES:

Pf promedio

Fuente: Elaboración propia.




4.5.3.3.4. DATOS OBTENIDOS DE RF DE YESO CON POLÍMERO



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TOMA DE DATOS



ENSAYO:	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN
NORMA:	UNE-EN 13279-2
DESMOLDE:	A los 45 minutos de fraguado
ROTURA:	A los 7 días de endurecido
FECHA:	29 de Abril del 2015
PROBETAS DE:	YESO + POLÍMERO

DATOS:

T° Ambiente=	13°C
NORMA ASTM C-348 - Probeta=	40mm x 40mm x 160mm

Pf	Resistencia a flexión	N/mm ²
P	Carga media de rotura	N
F	Equipo Accuteck	kgf

PROBETA	F	P	Pf
1	53.00 kg-f		
2	54.00 kg-f		
3	54.00 kg-f		
4	53.00 kg-f		
5	53.00 kg-f		

FORMULA:

$$P_F = 0,00234 \times P$$


OBSERVACIONES:

Pf promedio

Fuente: Elaboración propia.




4.5.3.3.5. DATOS OBTENIDOS DE RF DE YESO CON CELULOSA



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TOMA DE DATOS



ENSAYO:	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN
NORMA:	UNE-EN 13279-2
DESMOLDE:	A los 45 minutos de fraguado
ROTURA:	A los 7 días de endurecido
FECHA:	29 de Abril del 2015
PROBETAS DE:	YESO + CELULOSA

DATOS:

FORMULA:

T° Ambiente=	13°C
NORMA ASTM C-348 - Probeta=	40mm x 40mm x 160mm

$$P_F = 0,00234 \times P$$

Pf	Resistencia a flexión	N/mm ²
P	Carga media de rotura	N
F	Equipo Accuteck	kgf

PROBETA	F	P	Pf
1	57.00 kg-f		
2	56.00 kg-f		
3	57.00 kg-f		
4	56.00 kg-f		
5	56.00 kg-f		

OBSERVACIONES:

Pf promedio

Fuente: Elaboración propia.

4.5.4. RD ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (RC)

4.5.4.1. EQUIPOS Y MATERIALES – RC

Figura N° 25:
Materiales y equipos – Ensayo de Resistencia a la Compresión.



5 probetas de yeso, 5 probetas de yeso + corcho, 5 probetas de yeso + caucho, 5 probetas de yeso + polímero, 5 probetas de yeso + celulosa.



Máquina universal para Ensayo de Materiales

Fuente: [Elaboración propia.]

4.5.4.2. PROCEDIMIENTO - RC

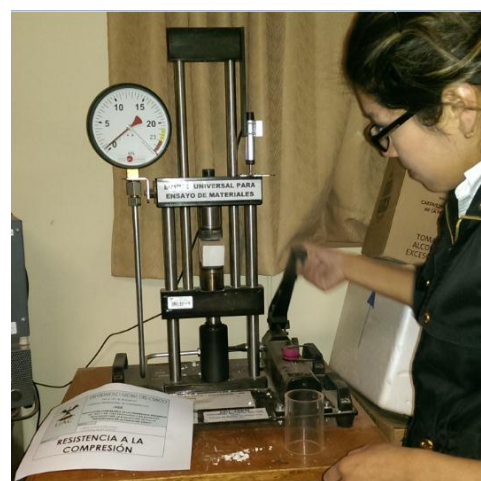
4.5.4.2.1. ENSAYO DE RC DE YESO

PASO N° 1: Se amolda la máquina universal para ensayo de materiales



Fuente: Elaboración propia.

PASO N° 2: Se ubica la probeta entre las prensas de modo que las caras coincidan con las caras laterales que estuvieron en contacto con el molde y con ayuda de la palanca se ejerce presión hasta que logre quebrar la probeta de yeso.



Fuente: Elaboración propia.

yeso adicionado con materiales reciclados según norma ONE EN 12670-2 para su uso en la fabricación de placas de yeso.”

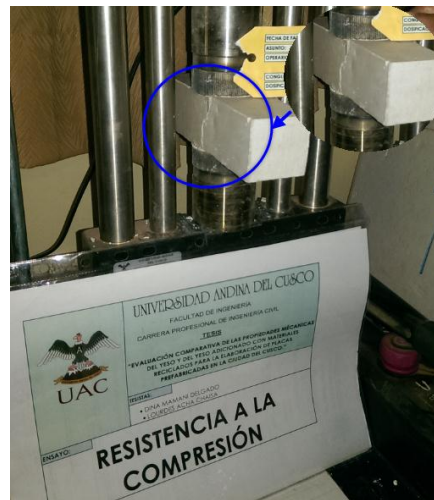
PASO N° 3: Se anota lo marcado por el dial en kN.



Fuente: Elaboración propia.

4.5.4.2.2. ENSAYO DE RC DE YESO CON CAUCHO

PASO N° 1: Se ubica la probeta y con ayuda de la palanca se ejerce presión hasta que logre quebrar la probeta de yeso adicionado con caucho. Se anota lo marcado por el dial en kN.



Fuente: Elaboración propia.

yeso adicionado con materiales reciclados según la norma UNE-EN 12730-2 para su uso en la fabricación de placas de yeso.”

4.5.4.2.3. ENSAYO DE RC DE YESO CON CORCHO

PASO N° 1: Se ubica la probeta y con ayuda de la palanca se ejerce presión hasta que logre quebrar la probeta de yeso adicionado con corcho. Se anota lo marcado por el dial en kN.



Fuente: Elaboración propia.

4.5.4.2.4. ENSAYO DE RC DE YESO CON POLIMERO

PASO N° 1: Se ubica la probeta y con ayuda de la palanca se ejerce presión hasta que logre quebrar la probeta de yeso adicionado con polímero. Se anota lo marcado por el dial en kN.



Fuente: Elaboración propia.

yeso adicionado con materiales reciclados según norma UNE-EN 12719-2 para su uso en la fabricación de placas de yeso.”

CAPÍTULO III

4.5.4.2.5. ENSAYO DE RC DE YESO CON CELULOSA

PASO N° 1: Se ubica la probeta y con ayuda de la palanca se ejerce presión hasta que logre quebrar la probeta de yeso adicionado con celulosa. Se anota lo marcado por el dial en kN.




Fuente: Elaboración propia.




4.5.4.3. DATOS OBTENIDOS DE RC

4.5.4.3.1. DATOS OBTENIDOS DE RC DE YESO



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TOMA DE DATOS



ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
NORMA:	UNE-EN 13279-2
DESMOLDE:	A los 45 minutos de fraguado
ROTURA:	A los 7 días de endurecido
FECHA:	29 de Abril del 2015
PROBETAS DE:	YESO

DATOS:

T° Ambiente=	13°C
NORMA ASTM C-348 - Probeta=	40mm x 40mm x 160mm

FORMULA:

$$R_c = \frac{F_c}{1600}$$

Rc	Resistencia a compresión	N/mm2
Fc	Máxima carga en la rotura	N
1600	40 mm x 40mm Área de la probeta	mm2
P	Fuerza del Equipo Universal de Ensayo de Materiales	KN

PROBETA	P	Fc	Fc promedio	Rc
PROBETA NUEVA 1	4.20 kN			
PROBETA RESTANTE	4.10 kN			
PROBETA RESTANTE	4.20 kN			
PROBETA NUEVA 2	4.00 kN			
PROBETA RESTANTE	4.10 kN			
PROBETA RESTANTE	4.00 kN			
PROBETA NUEVA 3	4.30 kN			
PROBETA RESTANTE	4.20 kN			
PROBETA RESTANTE	4.20 kN			
PROBETA NUEVA 4	4.10 kN			
PROBETA RESTANTE	4.30 kN			
PROBETA RESTANTE	4.20 kN			
PROBETA NUEVA 5	4.00 kN			
PROBETA RESTANTE	4.10 kN			
PROBETA RESTANTE	4.00 kN			

OBSERVACIONES:

RC promedio

Fuente: Elaboración Propia



yeso adhiridos con materiales reforzados según la norma UNE-EN 12779-2 para su uso en la fabricación de placas de yeso.”

4.5.4.3.2. DATOS OBTENIDOS DE RC DE YESO CON CAUCHO



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TOMA DE DATOS

Table with 2 columns: Field (ENSAYO, NORMA, DESMOLDE, ROTURA, FECHA, PROBETAS DE) and Value (RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, UNE-EN 13279-2, A los 45 minutos de fraguado, A los 7 días de endurecido, 29 de Abril del 2015, YESO + CAUCHO)

DATOS:

FORMULA:

Table with 2 columns: Parameter (T° Ambiente, NORMA ASTM C-348 - Probeta) and Value (13°C, 40mm x 40mm x 160mm)

Rc = Fc / 1600

Table with 3 columns: Symbol (Rc, Fc, 1600, P), Description (Resistencia a compresión, Máxima carga en la rotura, 40 mm x 40mm Área de la probeta, Fuerza del Equipo Universal de Ensayo de Materiales), and Unit (N/mm2, N, mm2, KN)

Main data table with 5 columns: PROBETA, P, Fc, Fc promedio, Rc. Contains 15 rows of test data for 5 different samples.

OBSERVACIONES:


También se sometieron a compresión los pedazos que resultaron de la rotura a flexión. Se añadieron 10 muestras.

Table with 1 column: RC promedio

Fuente: Elaboración Propia




4.5.4.3.3. DATOS OBTENIDOS DE RC DE YESO CON CORCHO



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TOMA DE DATOS



ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
NORMA:	UNE-EN 13279-2
DESMOLDE:	A los 45 minutos de fraguado
ROTURA:	A los 7 días de endurecido
FECHA:	29 de Abril del 2015
PROBETAS DE:	YESO + CORCHO

DATOS:

T° Ambiente=	13°C
NORMA ASTM C-348 - Probeta=	40mm x 40mm x 160mm

FORMULA:

$$R_c = \frac{F_c}{1600}$$

Rc	Resistencia a compresión	N/mm2
Fc	Máxima carga en la rotura	N
1600	40 mm x 40mm Área de la probeta	mm2
P	Fuerza del Equipo Universal de Ensayo de Materiales	KN

PROBETA	P	Fc	Fc promedio	Rc
PROBETA NUEVA 1	4.40 kN			
PROBETA RESTANTE	4.40 kN			
PROBETA RESTANTE	4.50 kN			
PROBETA NUEVA 2	4.50 kN			
PROBETA RESTANTE	4.40 kN			
PROBETA RESTANTE	4.40 kN			
PROBETA NUEVA 3	4.60 kN			
PROBETA RESTANTE	4.50 kN			
PROBETA RESTANTE	4.50 kN			
PROBETA NUEVA 4	4.40 kN			
PROBETA RESTANTE	4.50 kN			
PROBETA RESTANTE	4.50 kN			
PROBETA NUEVA 5	4.40 kN			
PROBETA RESTANTE	4.50 kN			
PROBETA RESTANTE	4.40 kN			

OBSERVACIONES:

- También se sometieron a compresión los pedazos que resultaron de la rotura a flexión. Se añadieron 10 muestras.

RC promedio

Fuente: Elaboración Propia



4.5.4.3.4. DATOS OBTENIDOS DE RC DE YESO CON POLÍMERO



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TOMA DE DATOS

Table with 2 columns: Field (ENSAYO, NORMA, DESMOLDE, ROTURA, FECHA, PROBETAS DE) and Value (RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, UNE-EN 13279-2, A los 45 minutos de fraguado, A los 7 días de endurecido, 29 de Abril del 2015, YESO + POLÍMERO)

DATOS:

Table with 2 columns: Parameter (T° Ambiente, NORMA ASTM C-348 - Probeta) and Value (13°C, 40mm x 40mm x 160mm)

FORMULA:

Formula: Rc = Fc / 1600

Table with 3 columns: Symbol (Rc, Fc, 1600, P), Description (Resistencia a compresión, Máxima carga en la rotura, 40 mm x 40mm Área de la probeta, Fuerza del Equipo Universal de Ensayo de Materiales), and Unit (N/mm2, N, mm2, KN)

Table with 5 columns: PROBETA, P, Fc, Fc promedio, Rc. Contains 15 rows of test data for 5 different samples.


OBSERVACIONES:

También se sometieron a compresión los pedazos que resultaron de la rotura a flexión. Se añadieron 10 muestras.

Table with 1 column: RC promedio


Fuente: Elaboración Propia.

4.5.4.3.5. DATOS OBTENIDOS DE RC DE YESO CON CELULOSA



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TOMA DE DATOS



ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
NORMA:	UNE-EN 13279-2
DESMOLDE:	A los 45 minutos de fraguado
ROTURA:	A los 7 días de endurecido
FECHA:	29 de Abril del 2015
PROBETAS DE:	YESO + CELULOSA

DATOS:

T° Ambiente=	13°C
NORMA ASTM C-348 - Probeta=	40mm x 40mm x 160mm

FORMULA:

$$R_c = \frac{F_c}{1600}$$

Rc	Resistencia a compresión	N/mm2
Fc	Máxima carga en la rotura	N
1600	40 mm x 40mm Área de la probeta	mm2
P	Fuerza del Equipo Universal de Ensayo de Materiales	KN

PROBETA	P	Fc	Fc promedio	Rc
PROBETA NUEVA 1	5.50 kN			
PROBETA RESTANTE	5.60 kN			
PROBETA RESTANTE	5.60 kN			
PROBETA NUEVA 2	5.60 kN			
PROBETA RESTANTE	5.70 kN			
PROBETA RESTANTE	5.70 kN			
PROBETA NUEVA 3	5.40 kN			
PROBETA RESTANTE	5.60 kN			
PROBETA RESTANTE	5.60 kN			
PROBETA NUEVA 4	5.70 kN			
PROBETA RESTANTE	5.60 kN			
PROBETA RESTANTE	5.60 kN			
PROBETA NUEVA 5	5.60 kN			
PROBETA RESTANTE	5.60 kN			
PROBETA RESTANTE	5.60 kN			

OBSERVACIONES:

- También se sometieron a compresión los pedazos que resultaron de la rotura a flexión. Se añadieron 10 muestras.

Rc promedio

Fuente: Elaboración Propia.

4.5.5. ENSAYO DE DUREZA DE BRINELL (DB)

4.5.5.1. EQUIPOS Y MATERIALES - DB

Figura N° 26:
Materiales y equipos – Ensayo de Dureza Brinell.



5 probetas de yeso, 5 probetas de yeso + corcho, 5 probetas de yeso + caucho, 5 probetas de yeso + polímero, 5 probetas de yeso + celulosa.



Máquina Universal para Ensayo de Materiales



Regla de Vernier

Fuente: Elaboración propia.

4.5.5.2. PROCEDIMIENTO - DB

4.5.5.2.1. DUREZA DE BRINELL DEL YESO

PASO N° 1: Preparar las probetas de yeso elaboradas en el apartado 3.5.3.2.1, A) y colocar barras de acero de modo que se amolde para colocar las probetas.

yeso adobeado con materiales reciclados según norma ONE EN 12670-2 para su uso en la fabricación de placas de yeso.”



Fuente: Elaboración propia.

PASO N° 2: Amoldar la máquina universal, colocándole dos barras de acero que servirán de base para colocar la probeta. Y se colocan la esfera de Tungsteno de 10mm.



Fuente: Elaboración propia.

yeso adicionado con materiales reciclados según la norma UNE-EN 13279-2 para su uso en la fabricación de placas de yeso.”

PASO N° 3: Marcar las caras laterales de las probetas con tres puntos distantes entre sí 4cm, someter progresivamente 210N durante no más de 15 segundos.

La UNE-EN13279-2 indica que se debe aplicar carga hasta $200\text{ N} \pm 10\text{ N}$.



Fuente: Elaboración propia.

PASO N° 4: Someter las probetas en 6 puntos de sus lados laterales, medir los diámetros de las huellas dejadas en cada punto de la probeta.



Fuente: Elaboración propia.

yeso endurecido con materiales recalcados según norma UNE EN 12730-2 para su uso en la fabricación de placas de yeso.”

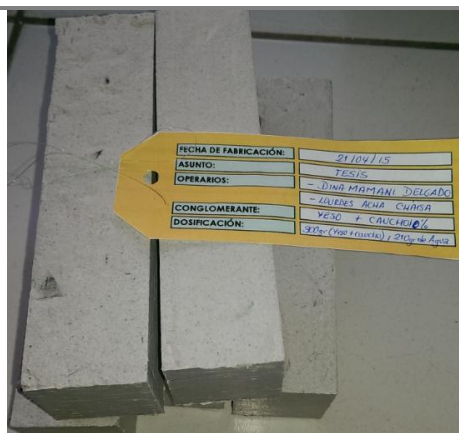
PASO N° 5: Se procede a medir el diámetro las huellas con el microscopio brinell, se obtendrá 6 datos por probeta y un total de 30 datos solo de las probetas de yeso.



Fuente: Elaboración propia.

4.5.5.2.2. DUREZA DE BRINELL DEL YESO CON CAUCHO

PASO N° 1: Preparar las probetas de yeso elaboradas en el apartado 3.5.3.2.2, A) y colocar barras de acero para dar soporte las probetas.



Fuente: Elaboración propia.

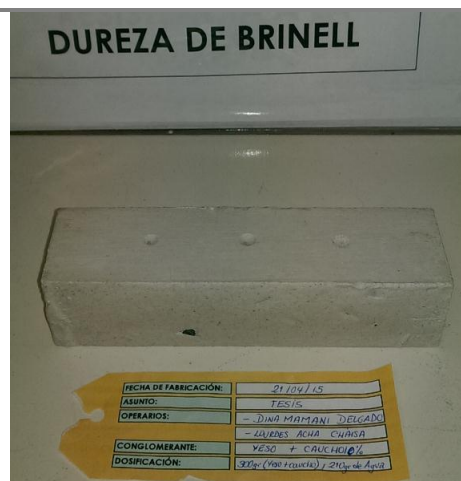
yeso adhiridos con materiales reciclados según norma UNE EN 1279-2 para su uso en la fabricación de placas de yeso.”

PASO N° 2: Marcar las caras laterales de las probetas con tres puntos distantes entre sí 4cm, someter progresivamente 210N durante no más de 15 segundos



Fuente: Elaboración propia.

PASO N° 3: Someter las probetas en 6 puntos de sus secciones laterales (3 a cada lado lateral, medir los diámetros de las huellas dejadas en cada punto de la probeta.

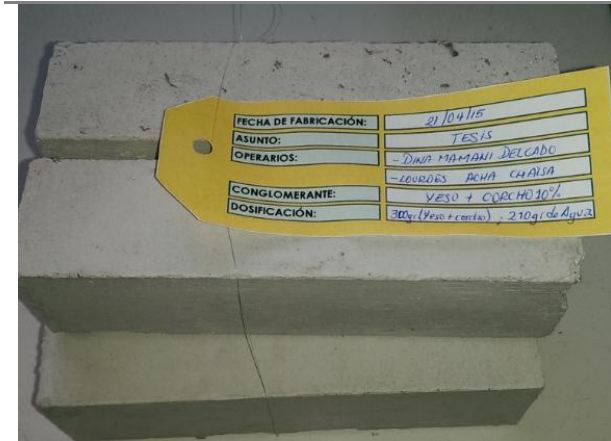


Fuente: Elaboración propia.

yeso adhiridos con materiales reciclados según norma UNE-EN 12670-2 para su uso en la fabricación de placas de yeso.”

4.5.5.2.3. DUREZA DE BRINELL DEL YESO CON CORCHO

PASO N° 1: Preparar las probetas de yeso elaboradas en el apartado 3.5.3.2.3, A) y colocar barras de acero para dar soporte a las probetas de yeso con corcho.



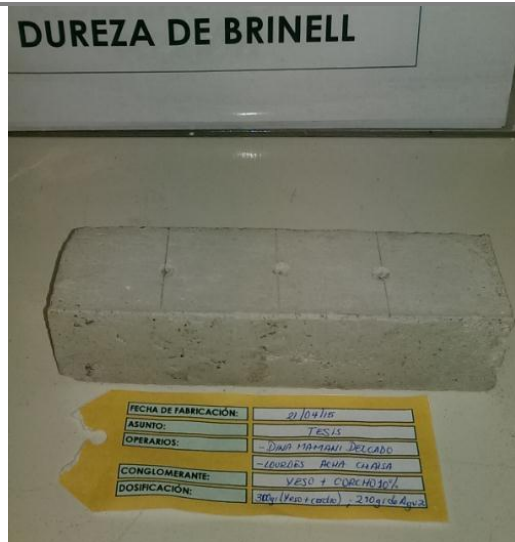
Fuente: Elaboración propia.

PASO N° 2: Marcar las caras laterales de las probetas con tres puntos distantes entre sí 4cm, someter progresivamente 210N durante no más de 15 segundos.



Fuente: Elaboración propia.

PASO N° 3: Someter las probetas en 6 puntos de sus secciones laterales (3 a cada lado lateral, medir los diámetros de las huellas dejadas en cada punto de la probeta.



Fuente: Elaboración propia.

4.5.5.2.4. DUREZA DE BRINELL DE YESO CON POLÍMERO

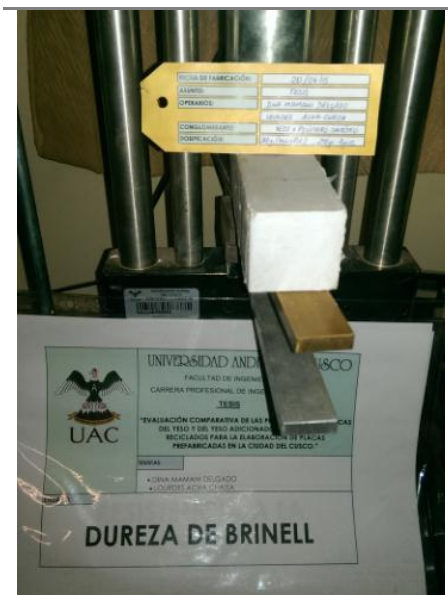
PASO N° 1: Preparar las probetas de yeso elaboradas en el apartado 3.5.3.2.4, A) y colocar barras para dar soporte a las probetas de yeso con polímero.



Fuente: Elaboración propia.

yeso elaborados con materiales reciclados según norma UNE-EN 12670-2 para su uso en la fabricación de placas de yeso.”

PASO N° 2: Marcar las caras laterales de las probetas con tres puntos distantes entre sí 4cm, someter progresivamente 210N durante no más de 15 segundos.



Fuente: Elaboración propia.

PASO N° 3: Someter las probetas en 6 puntos de sus secciones laterales (3 a cada lado lateral, medir los diámetros de las huellas dejadas en cada punto de la probeta.



Fuente: Elaboración propia.

yeso adicionado con materiales reciclados según norma UNE-EN 12752 para su uso en la fabricación de placas de yeso.”

4.5.5.2.5. DUREZA DE BRINELL DEL YESO CON CELULOSA

PASO N° 1: Preparar las probetas de yeso elaboradas en el apartado 3.5.3.2.5, A) y colocar las barras de acero para dar soporte a las probetas de yeso con celulosa.



Fuente: Elaboración propia.

PASO N° 2: Marcar las caras laterales de las probetas con tres puntos distantes entre sí 4cm, someter progresivamente 210N durante no más de 15 segundos.



Fuente: Elaboración propia.



yeso adhiridos con materiales recubiertos según norma ONE EN 10270-2 para su uso en la fabricación de placas de yeso.”

PASO N° 3: Someter las probetas en 6 puntos de sus secciones laterales (3 a cada lado lateral, medir los diámetros de las huellas dejadas en cada punto de la probeta.




Fuente: Elaboración propia.



... con materiales recubiertos según norma UNE EN 10270-2 para su uso en la fabricación de placas de yeso."


4.5.5.3. DATOS OBTENIDOS DE DB

4.5.5.3.1. DATOS OBTENIDOS DE DB DEL YESO



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TOMA DE DATOS

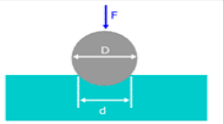


ENSAYO:	DUREZA BRINELL	
NORMA:	ISO 6506 - 1	
DESMOLDE:	A los 45 minutos de fraguado	
ROTURA:	A los 7 días de endurecido	
FECHA:	29 de Abril del 2015	
PROBETAS DE:	YESO	

DATOS:

T° Ambiente=	13°C	
NORMA ASTM C-348 - Probeta=	40mm x 40mm x 160mm	
F=210 N	Fuerza ejercida al cabo de 15 seg	N
D	Diámetro de 10mm	mm
d	Diámetro de la huella	mm
HB	Número de brinell	N/mm2

FORMULA:



$$HB = \frac{F}{\frac{1}{2} \pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

PROBETA	Cara	d	D	HB	
1	Cara 1	6 mm	10.00 mm		
		5 mm			
	Cara 2	5 mm		10.00 mm	
		6 mm			
2	Cara 1	6 mm	10.00 mm		
		5 mm			
	Cara 2	5 mm		10.00 mm	
		4 mm			
3	Cara 1	4 mm	10.00 mm		
		5 mm			
	Cara 2	5 mm		10.00 mm	
		6 mm			
4	Cara 1	4 mm	10.00 mm		
		5 mm			
	Cara 2	6 mm		10.00 mm	
		6 mm			
5	Cara 1	5 mm	10.00 mm		
		6 mm			
	Cara 2	5 mm		10.00 mm	
		4 mm			


OBSERVACIONES:

Pf promedio

Fuente: Elaboración propia.




4.5.5.3.2. DATOS OBTENIDOS DE DB DEL YESO CON CAUCHO



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TOMA DE DATOS

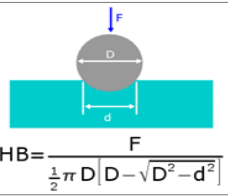


ENSAYO:	DUREZA BRINELL		
NORMA:	ISO 6506 - 1		
DESMOLDE:	A los 45 minutos de fraguado		
ROTURA:	A los 7 días de endurecido		
FECHA:	29 de Abril del 2015		
PROBETAS DE:	YESO + CAUCHO		

DATOS:

T° Ambiente=	13°C	
NORMA ASTM C-348 - Probeta=	40mm x 40mm x 160mm	
F=210 N	Fuerza ejercida al cabo de 15 seg	N
D	Diámetro de 10mm	mm
d	Diámetro de la huella	mm
HB	Número de brinell	N/mm2

FORMULA:



$$HB = \frac{F}{\frac{1}{2} \pi D [D - \sqrt{D^2 - d^2}]}$$

PROBETA	Cara	d	D	HB
1	Cara 1	4 mm	10.00 mm	
		4 mm		
		5 mm		
	Cara 2	6 mm		
		5 mm		
		4 mm		
2	Cara 1	4 mm	10.00 mm	
		4 mm		
		5 mm		
	Cara 2	6 mm		
		5 mm		
		5 mm		
3	Cara 1	4 mm	10.00 mm	
		5 mm		
		6 mm		
	Cara 2	4 mm		
		4 mm		
		5 mm		
4	Cara 1	5 mm	10.00 mm	
		5 mm		
		4 mm		
	Cara 2	6 mm		
		5 mm		
		5 mm		
5	Cara 1	4 mm	10.00 mm	
		5 mm		
		5 mm		
	Cara 2	6 mm		
		5 mm		
		5 mm		

OBSERVACIONES:


Pf promedio

Fuente: Elaboración propia.




... y sus adiciones con materiales reciclados según la norma UNE-EN 12757-2 para su uso en la fabricación de placas de yeso."

4.5.5.3.3. DATOS OBTENIDOS DE DB YESO CON CORCHO

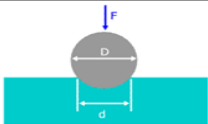


UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TOMA DE DATOS



ENSAYO:	DUREZA BRINELL	
NORMA:	ISO 6506 - 1	
DESMOLDE:	A los 45 minutos de fraguado	
ROTURA:	A los 7 días de endurecido	
FECHA:	29 de Abril del 2015	
PROBETAS DE:	YESO + CORCHO	

DATOS:		FORMULA:	
T° Ambiente=	13°C	 $HB = \frac{F}{\frac{1}{2} \pi D [D - \sqrt{D^2 - d^2}]}$	
NORMA ASTM C-348 - Probeta=	40mm x 40mm x 160mm		
F=210 N	Fuerza ejercida al cabo de 15 seg		N
D	Diámetro de 10mm		mm
d	Diámetro de la huella	mm	
HB	Número de brinell	N/mm2	

PROBETA	Cara	d	D	HB
1	Cara 1	4 mm	10.00 mm	
		3 mm		
		4 mm		
	Cara 2	3 mm		
		3 mm		
		4 mm		
2	Cara 1	5 mm	10.00 mm	
		6 mm		
		4 mm		
	Cara 2	5 mm		
		5 mm		
		4 mm		
3	Cara 1	6 mm	10.00 mm	
		5 mm		
		5 mm		
	Cara 2	4 mm		
		4 mm		
		6 mm		
4	Cara 1	6 mm	10.00 mm	
		4 mm		
		4 mm		
	Cara 2	5 mm		
		4 mm		
		5 mm		
5	Cara 1	4 mm	10.00 mm	
		5 mm		
		5 mm		
	Cara 2	6 mm		
		6 mm		
		4 mm		


OBSERVACIONES:

Pf promedio

Fuente: Elaboración propia.




4.5.5.3.4. DATOS OBTENIDOS DE DB DEL YESO CON POLÍMERO

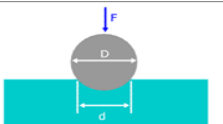


UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TOMA DE DATOS



ENSAYO:	DUREZA BRINELL	
NORMA:	ISO 6506 - 1	
DESMOLDE:	A los 45 minutos de fraguado	
ROTURA:	A los 7 días de endurecido	
FECHA:	29 de Abril del 2015	
PROBETAS DE:	YESO + POLÍMERO	

DATOS:		FORMULA:	
T° Ambiente=	13°C	 $HB = \frac{F}{\frac{1}{2} \pi D [D - \sqrt{D^2 - d^2}]}$	
NORMA ASTM C-348 - Probeta=	40mm x 40mm x 160mm		
F=210 N	Fuerza ejercida al cabo de 15 seg		N
D	Diámetro de 10mm		mm
d	Diámetro de la huella		mm
HB	Número de brinell	N/mm2	

PROBETA	Cara	d	D	HB
1	Cara 1	4 mm	10.00 mm	
		4 mm		
		4 mm		
	Cara 2	3 mm		
		3 mm		
		3 mm		
2	Cara 1	3 mm	10.00 mm	
		4 mm		
		4 mm		
	Cara 2	3 mm		
		3 mm		
		4 mm		
3	Cara 1	3 mm	10.00 mm	
		3 mm		
		3 mm		
	Cara 2	4 mm		
		4 mm		
		4 mm		
4	Cara 1	4 mm	10.00 mm	
		3 mm		
		3 mm		
	Cara 2	4 mm		
		3 mm		
		4 mm		
5	Cara 1	4 mm	10.00 mm	
		3 mm		
		3 mm		
	Cara 2	3 mm		
		4 mm		
		4 mm		


OBSERVACIONES:

Pf promedio

Fuente: Elaboración propia.




4.5.5.3.5. DATOS OBTENIDOS DE DB DEL YESO CON CELULOSA



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TOMA DE DATOS

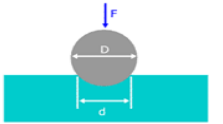


ENSAYO:	DUREZA BRINELL	
NORMA:	ISO 6506 - 1	
DESMOLDE:	A los 45 minutos de fraguado	
ROTURA:	A los 7 días de endurecido	
FECHA:	29 de Abril del 2015	
PROBETAS DE:	YESO + CELULOSA	

DATOS:

T° Ambiente=	13°C	
NORMA ASTM C-348 - Probeta=	40mm x 40mm x 160mm	
F=210 N	Fuerza ejercida al cabo de 15 seg	N
D	Diámetro de 10mm	mm
d	Diámetro de la huella	mm
HB	Número de brinell	N/mm2

FORMULA:



$$HB = \frac{F}{\frac{1}{2} \pi D [D - \sqrt{D^2 - d^2}]}$$

PROBETA	Cara	d	D	HB
1	Cara 1	3 mm	10.00 mm	
		3 mm		
		4 mm		
	Cara 2	4 mm		
		4 mm		
		3 mm		
2	Cara 1	3 mm	10.00 mm	
		4 mm		
		3 mm		
	Cara 2	4 mm		
		3 mm		
		4 mm		
3	Cara 1	4 mm	10.00 mm	
		4 mm		
		3 mm		
	Cara 2	3 mm		
		4 mm		
		4 mm		
4	Cara 1	3 mm	10.00 mm	
		4 mm		
		4 mm		
	Cara 2	4 mm		
		3 mm		
		4 mm		
5	Cara 1	4 mm	10.00 mm	
		4 mm		
		3 mm		
	Cara 2	3 mm		
		3 mm		
		4 mm		

OBSERVACIONES:

Pf promedio

Fuente: Elaboración propia.

**3.6. PROCEDIMIENTOS DE ANALISIS DE DATOS****4.6.1. RELACIÓN AGUA/YESO – MÉTODO DE AMASADO A SATURACIÓN****4.6.1.1. PROCESAMIENTO Y CÁLCULOS****ENSAYO 1**

SIMBOLO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR
Pw	Masa de agua a usar	gr	100
Py	Peso final después del amasado	gr	241.9
A/Y=			0.705

DATOS:

$$P_w = 100gr$$

$$P_y = 241.9gr$$

CÁLCULOS:

$$\frac{A}{Y} = \frac{100gr}{241.9gr - 100gr} = 0.705$$

ENSAYO 2

SIMBOLO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR
Pw	Masa de agua a usar	gr	100
Py	Peso final después del amasado	gr	263.7
A/Y=			0.611

DATOS:

$$P_w = 100gr$$

$$P_y = 263.7gr$$

CÁLCULOS:

$$\frac{A}{Y} = \frac{100gr}{263.7gr - 100gr} = 0.611$$

A/Y FINAL:

$$\frac{A}{Y} = \frac{0.705 + 0.611}{2} = 0.658$$



4.6.1.2. DIAGRAMAS Y TABLAS

4.6.1.2.1. FICHA RESULTADO DE RELACIÓN AGUA/YESO



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PROCESAMIENTO DE DATOS



ENSAYO:	Determinación de la relación agua/yeso - Método del amasado a saturación		
NORMA:	UNE-EN 13279-2		
DESMOLDE:			
ROTURA:			
FECHA:	8 de Abril del 2015		
PROBETAS DE:			

ENSAYO 1			
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR
Pw	Masa de agua a usar	gr	100
Py	Peso final después del amasado	gr	241.9
A/Y=			0.705

ENSAYO 2			
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR
Pw	Masa de agua a usar	gr	100
Py	Peso final después del amasado	gr	263.7
A/Y=			0.611

OBSERVACIONES:

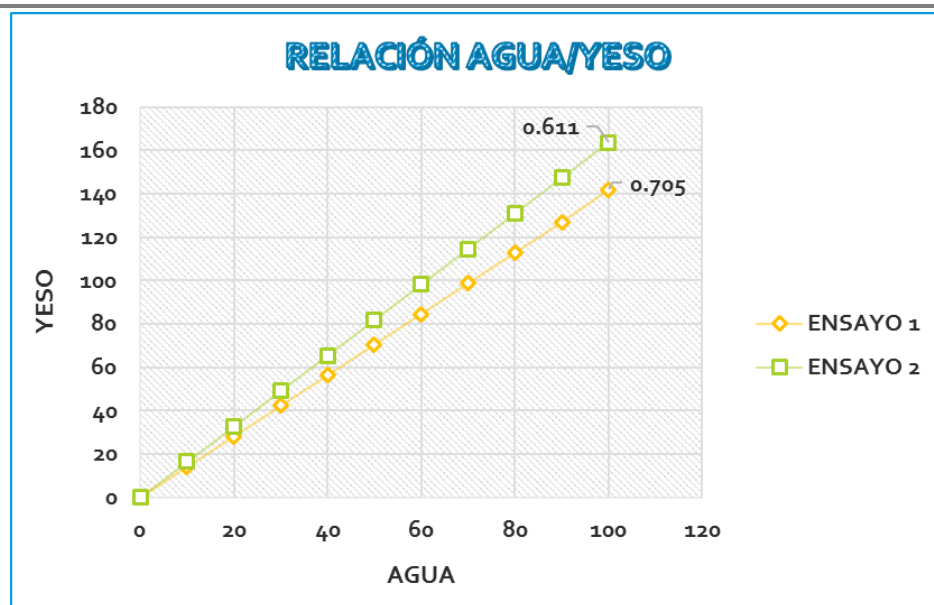
- Para el ENSAYO 1, no se taró el vaso de precipitados, por ende se tuvo que restar el peso del vaso. (428.9gr- 187gr)=241.9gr

A/Y=	0.7
-------------	------------

Fuente: Elaboración propia.

4.6.1.2.2. DIAGRAMA RELACIÓN AGUA / YESO

Tabla N° 21:
Fraguado versus Tiempo del yeso.



Fuente: Elaboración propia.

4.6.1.2.3. ANÁLISIS DE LA PRUEBA

- El tipo de yeso usado es el B1 y su relación de agua/yeso óptimo es de 0.658 (sin aproximar) y para la norma RY-85 pertenecería a la clasificación YF.

Tabla N° 22:
Amasado a saturación.

Tipo de yeso según RY-85	Intervalo A/Y del amasado a saturación
E-35	0,7 – 0,74
E-30	0,7 – 0,72
YF	0,65 – 0,68
YP	0,58 – 0,54
YG	0,50 – 0,60

Fuente: (Serna, 2013, pág. 40)



4.6.2. TIEMPO DE FRAGUADO – MÉTODO DEL CONO DE VICAT

4.6.2.1. PROCESAMIENTO Y CÁLCULOS

SIMBOLO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR
t_0	Momento en el que el yeso se pone en contacto con el agua	seg	00' 00"
t_1	Tiempo en el que, el cono penetre una profundidad entre 16 a 20mm.	seg	09' 01"

DATOS:

$$t_0 = 00'00''$$

$$t_1 = 09'01''$$

CÁLCULOS:

$$Tf = (t_1 - t_0) = 09'01'' - 00'00'' = 09'01''$$


RESULTADO:

$$Tf = 09'01''$$




4.6.2.2. DIAGRAMAS Y TABLAS

4.6.2.2.1. FICHA RESULTADO



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



PROCESAMIENTO DE DATOS

ENSAYO:	Determinación del Tiempo de Fraguado - Método del cono de Vicat
NORMA:	UNE-EN 13279-2
DESMOLDE:	
ROTURA:	
FECHA:	09 de Abril del 2016
PROBETAS DE:	

SIMBOLO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR
t ₀	Momento en el que el yeso se pone en contacto con el agua	seg	00' 00"
t ₁	Tiempo en el que, el cono penetre una profundidad entre 16 a 20mm.	seg	09' 01"

OBSERVACIONES:

FORMULA:

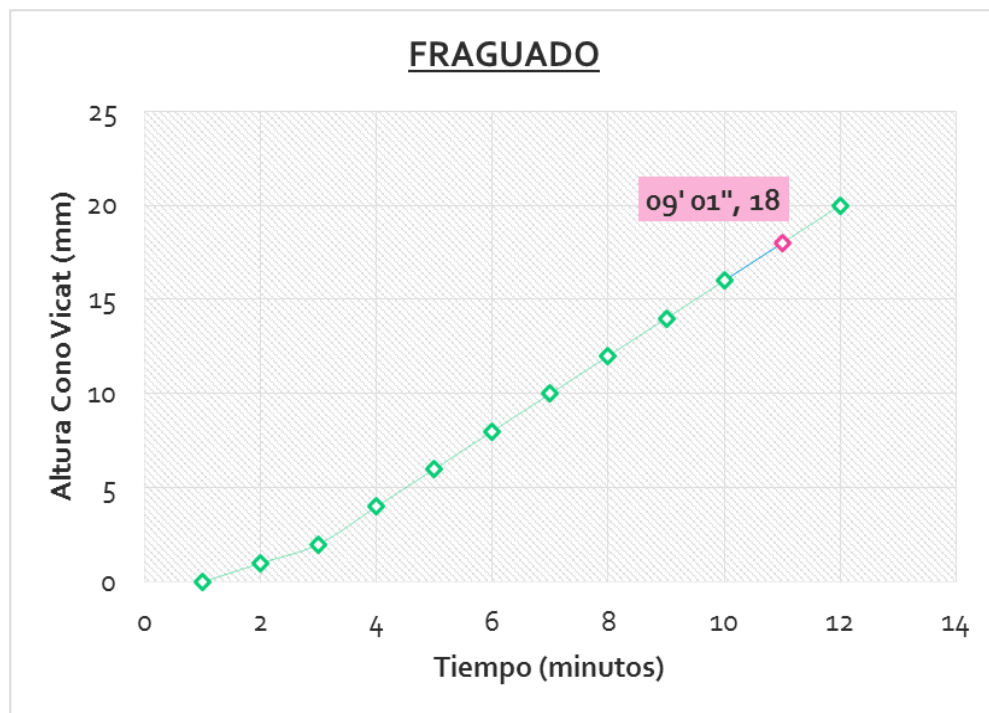
$$t_f = t_1 - t_0$$

Tiempo de Fraguado 09' 01"

Fuente: Elaboración propia.

4.6.2.2.2. DIAGRAMA FRAGUADO VS TIEMPO

Tabla N° 23:
Fraguado versus Tiempo del yeso.



Fuente: Elaboración propia.

4.6.2.2.3. ANÁLISIS DE LA PRUEBA

- El tiempo de fraguado determinado por el ensayo del cono de vicat, depende de la relación agua/ yeso que se utiliza para realizar la mezcla.
- Según el ensayo realizado se obtuvo un tiempo de fraguado de 09'01'' para una profundidad de 18mm del cono de vicat.



4.6.3. RESISTENCIA A FLEXIÓN

4.6.3.1. PROCESAMIENTO Y CÁLCULOS

4.6.3.1.1. PROBETAS DE YESO



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PROCESAMIENTO DE DATOS



ENSAYO:	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN
NORMA:	UNE-EN 13279-2
DESMOLDE:	A los 45 minutos de fraguado
ROTURA:	A los 7 días de endurecido
FECHA:	29 de Abril del 2015
PROBETAS DE:	YESO

DATOS:

FORMULA:

T° Ambiente=	13°C	
NORMA ASTM C-348 - Probeta=	40mm x 40mm x 160mm	
Pf	Resistencia a flexión	N/mm2
P	Carga media de rotura	N
F	Equipo Accuteck	kgf

$$P_f = 0,00234 \times P$$

PROBETA	F	P	Pf
1	45.00 kg-f	441.30 N	1.03 kg-f
2	46.00 kg-f	451.11 N	1.06 kg-f
3	45.00 kg-f	441.30 N	1.03 kg-f
4	46.00 kg-f	451.11 N	1.06 kg-f
5	46.00 kg-f	451.11 N	1.06 kg-f

OBSERVACIONES:

Pf promedio


 1.05 N/mm2

Fuente: Elaboración propia.




yeso adicionado con materiales reforzados segun la norma UNE-EN 13279-2 para su uso en la fabricacion de placas de yeso."

4.6.3.1.2. PROBETAS DE YESO ADICIONADO CON CAUCHO



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PROCESAMIENTO DE DATOS



ENSAYO:	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN
NORMA:	UNE-EN 13279-2
DESMOLDE:	A los 45 minutos de fraguado
ROTURA:	A los 7 días de endurecido
FECHA:	29 de Abril del 2015
PROBETAS DE:	YESO + CAUCHO

DATOS:

T° Ambiente=	13°C	
NORMA ASTM C-348 - Probeta=	40mm x 40mm x 160mm	
Pf	Resistencia a flexión	N/mm2
P	Carga media de rotura	N
F	Equipo Accuteck	kgf

PROBETA	F	P	Pf
1	52.00 kg-f	509.95 N	1.19 kg-f
2	50.00 kg-f	490.33 N	1.15 kg-f
3	51.00 kg-f	500.14 N	1.17 kg-f
4	51.00 kg-f	500.14 N	1.17 kg-f
5	51.00 kg-f	500.14 N	1.17 kg-f

FORMULA:

$$P_F = 0,00234 \times P$$

Pf promedio


1.17 N/mm2

OBSERVACIONES:

Fuente: Elaboración Propia




4.6.3.1.3. PROBETAS DE YESO ADICIONADO CON CORCHO



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PROCESAMIENTO DE DATOS



ENSAYO:	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN
NORMA:	UNE-EN 13279-2
DESMOLDE:	A los 45 minutos de fraguado
ROTURA:	A los 7 días de endurecido
FECHA:	29 de Abril del 2015
PROBETAS DE:	YESO + CORCHO

DATOS:

T° Ambiente=	13°C
NORMA ASTM C-348 - Probeta=	40mm x 40mm x 160mm

Pf	Resistencia a flexión	N/mm ²
P	Carga media de rotura	N
F	Equipo Accuteck	kgf

PROBETA	F	P	Pf
1	49.00 kg-f	480.53 N	1.12 kg-f
2	48.00 kg-f	470.72 N	1.10 kg-f
3	48.00 kg-f	470.72 N	1.10 kg-f
4	47.00 kg-f	460.91 N	1.08 kg-f
5	49.00 kg-f	480.53 N	1.12 kg-f

FORMULA:

$$P_F = 0,00234 \times P$$

OBSERVACIONES:


Pf promedio
1.11 N/mm ²

Fuente: Elaboración Propia




yeso adicionado con materiales fibrosos según la norma UNE-EN 13279-2 para su uso en la fabricación de placas de yeso.”

4.6.3.1.4. PROBETAS DE YESO ADICIONADO CON POLÍMERO



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PROCESAMIENTO DE DATOS



ENSAYO:	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN
NORMA:	UNE-EN 13279-2
DESMOLDE:	A los 45 minutos de fraguado
ROTURA:	A los 7 días de endurecido
FECHA:	29 de Abril del 2015
PROBETAS DE:	YESO + POLÍMERO

DATOS:

FORMULA:

T° Ambiente=	13°C
NORMA ASTM C-348 - Probeta=	40mm x 40mm x 160mm

Pf	Resistencia a flexión	N/mm2
P	Carga media de rotura	N
F	Equipo Accuteck	kgf

PROBETA	F	P	Pf
1	53.00 kg-f	519.75 N	1.22 kg-f
2	54.00 kg-f	529.56 N	1.24 kg-f
3	54.00 kg-f	529.56 N	1.24 kg-f
4	53.00 kg-f	519.75 N	1.22 kg-f
5	53.00 kg-f	519.75 N	1.22 kg-f

OBSERVACIONES:

Pf promedio
1.23 N/mm2

Fuente: Elaboración Propia



yeso adicionado con materiales fibrosos según la norma UNE-EN 13279-2 para su uso en la fabricación de placas de yeso.”

4.6.3.1.5. PROBETAS DE YESO ADICIONADO CON CELULOSA



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PROCESAMIENTO DE DATOS



ENSAYO:	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN
NORMA:	UNE-EN 13279-2
DESMOLDE:	A los 45 minutos de fraguado
ROTURA:	A los 7 días de endurecido
FECHA:	29 de Abril del 2015
PROBETAS DE:	YESO + CELULOSA

DATOS:

T° Ambiente=	13°C	
NORMA ASTM C-348 - Probeta=	40mm x 40mm x 160mm	
Pf	Resistencia a flexión	N/mm2
P	Carga media de rotura	N
F	Equipo Accuteck	kgf

FORMULA:

$$P_f = 0,00234 \times P$$

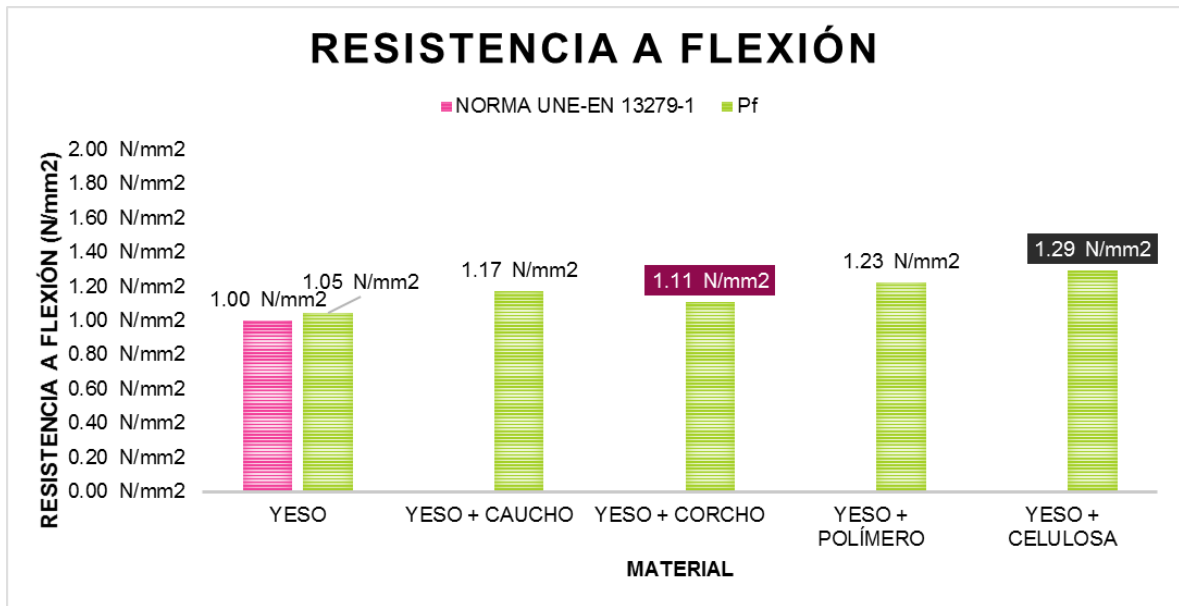
PROBETA	F	P	Pf
1	57.00 kg-f	558.98 N	1.31 kg-f
2	56.00 kg-f	549.17 N	1.29 kg-f
3	57.00 kg-f	558.98 N	1.31 kg-f
4	56.00 kg-f	549.17 N	1.29 kg-f
5	56.00 kg-f	549.17 N	1.29 kg-f

OBSERVACIONES:

Pf promedio
1.29 N/mm2

Fuente: Elaboración Propia

4.6.3.2. DIAGRAMA



4.6.3.3. ANÁLISIS DE PRUEBA

Tabla N° 24:
Resultados del Ensayo de Flexión.

MATERIAL	Pf
YESO	1.05 N/mm ²
YESO + CAUCHO	1.17 N/mm ²
YESO + CORCHO	1.11 N/mm ²
YESO + POLÍMERO	1.23 N/mm ²
YESO + CELULOSA	1.29 N/mm ²

NOTA: La tabla muestra a la celulosa con buena resistencia a flexión.
Fuente: Elaboración propia.

- El yeso adicionado con celulosa reciclada también presenta una buena resistencia a flexión, está por encima del resto de muestras.
- El polímero, caucho y corcho también le confieren al yeso resistencia a ser deformado, claro está en menor escala de lo que la celulosa le brinda, pero no por ello son menos importantes.
- De todas las probetas, las de celulosa mostraron una excelente adherencia, visualmente se observó que los filamentos de celulosa quedaron entrelazados con el yeso.




... y sus aditivos con materiales relacionados según la norma UNE-EN 1279-2 para su uso en la fabricación de placas de yeso."

4.6.4. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN


4.6.4.1. PROCESAMIENTO Y CÁLCULOS

4.6.4.1.1. PROBETAS DE YESO



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PROCESAMIENTO DE DATOS



ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
NORMA:	UNE-EN 13279-2
DESMOLDE:	A los 45 minutos de fraguado
ROTURA:	A los 7 días de endurecido
FECHA:	29 de Abril del 2015
PROBETAS DE:	YESO

DATOS:

T° Ambiente=	13°C
NORMA ASTM C-348 - Probeta=	40mm x 40mm x 160mm

FORMULA:

$$R_c = \frac{F_c}{1600}$$

Rc	Resistencia a compresión	N/mm2
Fc	Máxima carga en la rotura	N
1600	40 mm x 40mm Área de la probeta	mm2
P	Fuerza del Equipo Universal de Ensayo de Materiales	KN

PROBETA	P	Fc	Fc promedio	Rc
PROBETA NUEVA 1	4.20 kN	4200.00 N	4166.67 N	2.60 N/mm2
PROBETA RESTANTE	4.10 kN	4100.00 N		
PROBETA RESTANTE	4.20 kN	4200.00 N		
PROBETA NUEVA 2	4.00 kN	4000.00 N	4033.33 N	2.52 N/mm2
PROBETA RESTANTE	4.10 kN	4100.00 N		
PROBETA RESTANTE	4.00 kN	4000.00 N		
PROBETA NUEVA 3	4.30 kN	4300.00 N	4233.33 N	2.65 N/mm2
PROBETA RESTANTE	4.20 kN	4200.00 N		
PROBETA RESTANTE	4.20 kN	4200.00 N		
PROBETA NUEVA 4	4.10 kN	4100.00 N	4200.00 N	2.63 N/mm2
PROBETA RESTANTE	4.30 kN	4300.00 N		
PROBETA RESTANTE	4.20 kN	4200.00 N		
PROBETA NUEVA 5	4.00 kN	4000.00 N	4033.33 N	2.52 N/mm2
PROBETA RESTANTE	4.10 kN	4100.00 N		
PROBETA RESTANTE	4.00 kN	4000.00 N		

OBSERVACIONES:

RC promedio
2.58 N/mm2

Fuente: Elaboración propia.



...adicionados con materiales relacionados según norma UNE-EN 12779-2 para su uso en la fabricación de placas de yeso.”

4.6.4.1.2. PROBETAS DE YESO ADICIONADO CON CAUCHO



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



PROCESAMIENTO DE DATOS

Table with 2 columns: Field (ENSAYO, NORMA, DESMOLDE, ROTURA, FECHA, PROBETAS DE) and Value (RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, UNE-EN 13279-2, A los 45 minutos de fraguado, A los 7 días de endurecido, 29 de Abril del 2015, YESO + CAUCHO)

DATOS:

FORMULA:

Table with 2 columns: Parameter (T° Ambiente, NORMA ASTM C-348 - Probeta) and Value (13°C, 40mm x 40mm x 160mm)

Rc = Fc / 1600

Table with 3 columns: Symbol (Rc, Fc, 1600, P), Description (Resistencia a compresión, Máxima carga en la rotura, 40 mm x 40mm Área de la probeta, Fuerza del Equipo Universal de Ensayo de Materiales), and Unit (N/mm2, N, mm2, KN)

Main data table with 5 columns: PROBETA, P, Fc, Fc promedio, Rc. Contains 15 rows of test results for 5 different samples.

OBSERVACIONES:

- También se sometieron a compresión los pedazos que resultaron de la rotura a flexión. Se añadieron 10 muestras.

Table with 2 columns: Rc promedio and Value (2.98 N/mm2)

Fuente: Elaboración Propia



4.6.4.1.3. PROBETAS DE YESO ADICIONADO CON CORCHO



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



PROCESAMIENTO DE DATOS

Table with 2 columns: Field (ENSAYO, NORMA, DESMOLDE, ROTURA, FECHA, PROBETAS DE) and Value (RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, UNE-EN 13279-2, A los 45 minutos de fraguado, A los 7 días de endurecido, 29 de Abril del 2015, YESO + CORCHO)

DATOS:

Table with 2 columns: Parameter (T° Ambiente, NORMA ASTM C-348 - Probeta) and Value (13°C, 40mm x 40mm x 160mm)

FORMULA:

Rc = Fc / 1600

Table with 3 columns: Symbol (Rc, Fc, 1600, P), Description (Resistencia a compresión, Máxima carga en la rotura, 40 mm x 40mm Área de la probeta, Fuerza del Equipo Universal de Ensayo de Materiales), and Unit (N/mm2, N, mm2, KN)

Main data table with 5 columns: PROBETA, P, Fc, Fc promedio, Rc. Contains 15 rows of test results for 5 different samples.

OBSERVACIONES:

También se sometieron a compresión los pedazos que resultaron de la rotura a flexión. Se añadieron 10 muestras.

Summary table for Rc promedio: 2.79 N/mm2

Fuente: Elaboración Propia



4.6.4.1.4. PROBETAS DE YESO ADICIONADO CON POLÍMERO



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



PROCESAMIENTO DE DATOS

Table with 2 columns: Field (ENSAYO, NORMA, DESMOLDE, ROTURA, FECHA, PROBETAS DE) and Value (RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, UNE-EN 13279-2, A los 35 minutos de fraguado, A los 45 minutos de fraguado, 29 de Abril del 2015, YESO + POLÍMERO)

DATOS:

Table with 2 columns: Parameter (T° Ambiente, NORMA ASTM C-348 - Probeta) and Value (13°C, 40mm x 40mm x 160mm)

FORMULA:

Rc = Fc / 1600

Table with 3 columns: Symbol (Rc, Fc, 1600, P), Description (Resistencia a compresión, Máxima carga en la rotura, 40 mm x 40mm Área de la probeta, Fuerza del Equipo Universal de Ensayo de Materiales), and Unit (N/mm2, N, mm2, KN)

Main data table with 5 columns: PROBETA, P, Fc, Fc promedio, Rc. Contains 15 rows of test results for 5 different samples.

OBSERVACIONES:

También se sometieron a compresión los pedazos que resultaron de la rotura a flexión. Se añadieron 10 muestras.

Table with 2 columns: RC promedio and Value (3.24 N/mm2)

Fuente: Elaboración Propia



4.6.4.1.5. PROBETAS DE YESO ADICIONADO CON CELULOSA



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



PROCESAMIENTO DE DATOS

Table with 2 columns: Field (ENSAYO, NORMA, DESMOLDE, ROTURA, FECHA, PROBETAS DE) and Value (RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, UNE-EN 13279-2, A los 45 minutos de fraguado, A los 7 días de endurecido, 29 de Abril del 2015, YESO + CELULOSA)

DATOS:

FORMULA:

Table with 2 columns: Parameter (T° Ambiente, NORMA ASTM C-348 - Probeta) and Value (13°C, 40mm x 40mm x 160mm)

Formula: Rc = Fc / 1600

Table with 3 columns: Symbol (Rc, Fc, 1600, P), Description (Resistencia a compresión, Máxima carga en la rotura, 40 mm x 40mm Área de la probeta, Fuerza del Equipo Universal de Ensayo de Materiales), and Unit (N/mm2, N, mm2, KN)

Main data table with 5 columns: PROBETA, P, Fc, Fc promedio, Rc. Contains 15 rows of test results for 5 different samples.

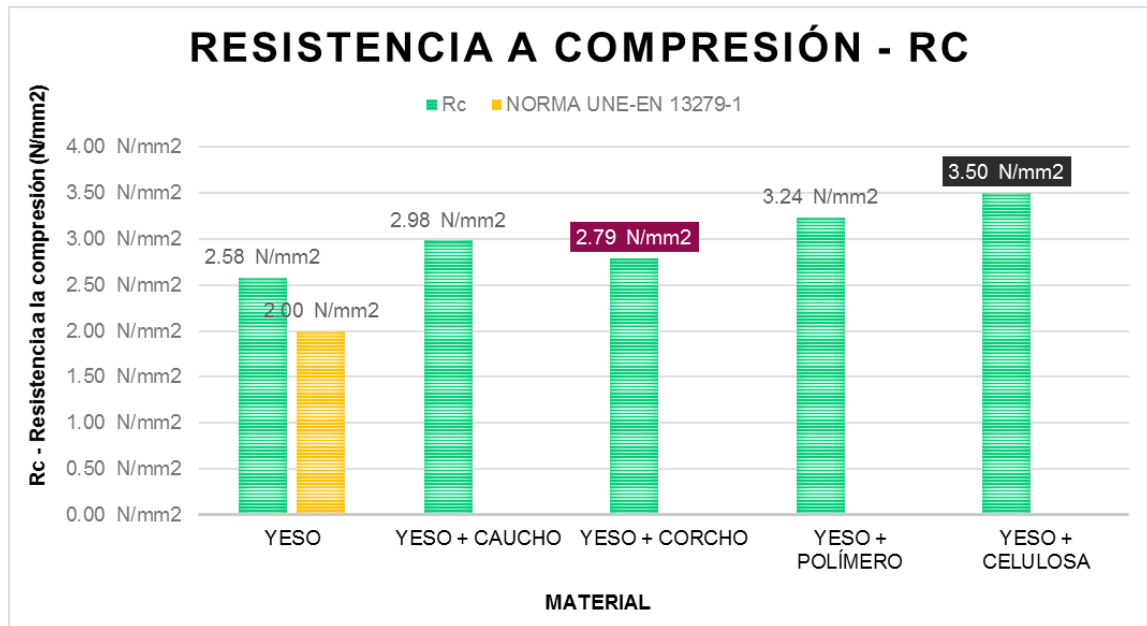
OBSERVACIONES:

También se sometieron a compresión los pedazos que resultaron de la rotura a flexión. Se añadieron 10 muestras.

Summary table with 2 rows: RC promedio (3.50 N/mm2)

Fuente: Elaboración Propia

4.6.4.2. DIAGRAMAS



4.6.4.3. ANÁLISIS DE PRUEBA

Tabla N° 25:
Resultados del Ensayo de Compresión.

PROBETA	Rc
YESO	2.58 N/mm ²
YESO + CAUCHO	2.98 N/mm ²
YESO + CORCHO	2.79 N/mm ²
YESO + POLÍMERO	3.24 N/mm ²
YESO + CELULOSA	3.50 N/mm ²

NOTA: La tabla muestra a la celulosa con buena resistencia a Compresión.
Fuente: Elaboración propia.

- De acuerdo al gráfico observamos que las probetas de yeso adicionado con celulosa y el yeso adicionado con polímero tienen mayor resistencia a la compresión, los cuales podrían ser una excelente opción para la elaboración de placas de yeso.
- Las probetas de yeso adicionado con caucho también presentan una buena resistencia a la compresión, pero visualmente se observó que no presenta buena adherencia con el yeso.
- A pesar de que el polímero alcanzó una buena resistencia a compresión, visualmente se pudo observar que no presenta buena adherencia con el yeso.




... y los aditivos con materiales reciclados según norma UNE EN 10270-2 para su uso en la fabricación de placas de yeso."

4.6.5. DUREZA BRINELL


4.6.5.1. PROCESAMIENTO Y CÁLCULOS

4.6.5.1.1. PROBETAS DE YESO



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

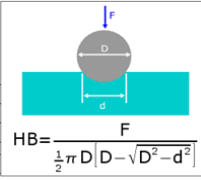
PROCESAMIENTO DE DATOS



ENSAYO:	DUREZA BRINELL	
NORMA:	ISO 6506 - 1	
DESMOLDE:	A los 45 minutos de fraguado	
ROTURA:	A los 7 días de endurecido	
FECHA:	29 de Abril del 2015	
PROBETAS DE:	YESO	

DATOS:			
	T° Ambiente=	13°C	
	NORMA ASTM C-348 - Probeta=	40mm x 40mm x 160mm	
	F=210 N	Fuerza ejercida al cabo de 15 seg	N
	D	Diámetro de 10mm	mm
	d	Diámetro de la huella	mm
	HB	Número de brinell	N/mm2

FORMULA:



$$HB = \frac{F}{\frac{1}{2} \pi D [D - \sqrt{D^2 - d^2}]}$$

PROBETA	Cara	d	D	HB
1	Cara 1	6 mm	10.00 mm	6.68 N/mm2
		5 mm		9.98 N/mm2
		5 mm		9.98 N/mm2
	Cara 2	5 mm		9.98 N/mm2
		5 mm		9.98 N/mm2
		6 mm		6.68 N/mm2
2	Cara 1	6 mm	10.00 mm	6.68 N/mm2
		6 mm		6.68 N/mm2
		5 mm		9.98 N/mm2
	Cara 2	5 mm		9.98 N/mm2
		5 mm		9.98 N/mm2
		4 mm		16.01 N/mm2
3	Cara 1	4 mm	10.00 mm	16.01 N/mm2
		5 mm		9.98 N/mm2
		5 mm		9.98 N/mm2
	Cara 2	6 mm		6.68 N/mm2
		5 mm		9.98 N/mm2
		5 mm		9.98 N/mm2
4	Cara 1	4 mm	10.00 mm	16.01 N/mm2
		5 mm		9.98 N/mm2
		6 mm		6.68 N/mm2
	Cara 2	6 mm		6.68 N/mm2
		6 mm		6.68 N/mm2
		6 mm		6.68 N/mm2
5	Cara 1	5 mm	10.00 mm	9.98 N/mm2
		6 mm		6.68 N/mm2
		5 mm		9.98 N/mm2
	Cara 2	4 mm		16.01 N/mm2
		5 mm		9.98 N/mm2
		4 mm		16.01 N/mm2

OBSERVACIONES:

Pf promedio


9.89 N/mm2

Fuente: Elaboración propia.




...adicionadas con materiales reforzados según norma UNE-EN 12759-2 para su uso en la fabricación de placas de yeso."

4.6.5.1.2. PROBETAS DE YESO ADICIONADO CON CAUCHO



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PROCESAMIENTO DE DATOS

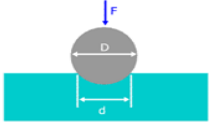


ENSAYO:	DUREZA BRINELL
NORMA:	ISO 6506 - 1
DESMOLDE:	A los 45 minutos de fraguado
ROTURA:	A los 7 días de endurecido
FECHA:	29 de Abril del 2015
PROBETAS DE:	YESO + CAUCHO

DATOS:

T° Ambiente=	13°C	
NORMA ASTM C-348 - Probeta=	40mm x 40mm x 160mm	
F=210 N	Fuerza ejercida al cabo de 15 seg	N
D	Diámetro de 10mm	mm
d	Diámetro de la huella	mm

FORMULA:



$$HB = \frac{F}{\frac{1}{2} \pi D [D - \sqrt{D^2 - d^2}]}$$

HB	Número de brinell	N/mm2
----	-------------------	-------

PROBETA	Cara	d	D	HB
1	Cara 1	4 mm	10.00 mm	16.01 N/mm2
		4 mm		16.01 N/mm2
		5 mm		9.98 N/mm2
	Cara 2	6 mm		6.68 N/mm2
		5 mm		9.98 N/mm2
		4 mm		16.01 N/mm2
2	Cara 1	4 mm	10.00 mm	16.01 N/mm2
		4 mm		16.01 N/mm2
		5 mm		9.98 N/mm2
	Cara 2	6 mm		6.68 N/mm2
		5 mm		9.98 N/mm2
		5 mm		9.98 N/mm2
3	Cara 1	4 mm	10.00 mm	16.01 N/mm2
		5 mm		9.98 N/mm2
		6 mm		6.68 N/mm2
	Cara 2	4 mm		16.01 N/mm2
		4 mm		16.01 N/mm2
		5 mm		9.98 N/mm2
4	Cara 1	5 mm	10.00 mm	9.98 N/mm2
		5 mm		9.98 N/mm2
		4 mm		16.01 N/mm2
	Cara 2	6 mm		6.68 N/mm2
		5 mm		9.98 N/mm2
		5 mm		9.98 N/mm2
5	Cara 1	4 mm	10.00 mm	16.01 N/mm2
		5 mm		9.98 N/mm2
		5 mm		9.98 N/mm2
	Cara 2	6 mm		6.68 N/mm2
		5 mm		9.98 N/mm2
		5 mm		9.98 N/mm2

OBSERVACIONES:


Pf promedio

11.44 N/mm2

Fuente: Elaboración Propia




4.6.5.1.3. PROBETAS DE YESO ADICIONADO CON CORCHO

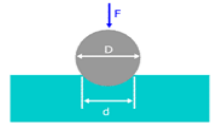


UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PROCESAMIENTO DE DATOS



ENSAYO:	DUREZA BRINELL	
NORMA:	ISO 6506 - 1	
DESMOLDE:	A los 45 minutos de fraguado	
ROTURA:	A los 7 días de endurecido	
FECHA:	29 de Abril del 2015	
PROBETAS DE:	YESO + CORCHO	

DATOS:		FORMULA:	
T° Ambiente=	13°C	 $HB = \frac{F}{\frac{1}{2} \pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$	
NORMA ASTM C-348 - Probeta=	40mm x 40mm x 160mm		
F=210 N	Fuerza ejercida al cabo de 15 seg		N
D	Diámetro de 10mm		mm
d	Diámetro de la huella	mm	
HB	Número de brinell	N/mm2	


PROBETA	Cara	d	D	HB
1	Cara 1	4 mm	10.00 mm	16.01 N/mm2
		3 mm		29.02 N/mm2
		4 mm		16.01 N/mm2
	Cara 2	3 mm		29.02 N/mm2
		3 mm		29.02 N/mm2
		4 mm		16.01 N/mm2
2	Cara 1	5 mm	10.00 mm	9.98 N/mm2
		6 mm		6.68 N/mm2
		4 mm		16.01 N/mm2
	Cara 2	5 mm		9.98 N/mm2
		5 mm		9.98 N/mm2
		4 mm		16.01 N/mm2
3	Cara 1	6 mm	10.00 mm	6.68 N/mm2
		5 mm		9.98 N/mm2
		5 mm		9.98 N/mm2
	Cara 2	4 mm		16.01 N/mm2
		4 mm		16.01 N/mm2
		6 mm		6.68 N/mm2
4	Cara 1	6 mm	10.00 mm	6.68 N/mm2
		4 mm		16.01 N/mm2
		4 mm		16.01 N/mm2
	Cara 2	5 mm		9.98 N/mm2
		4 mm		16.01 N/mm2
		5 mm		9.98 N/mm2
5	Cara 1	4 mm	10.00 mm	16.01 N/mm2
		5 mm		9.98 N/mm2
		5 mm		9.98 N/mm2
	Cara 2	6 mm		6.68 N/mm2
		6 mm		6.68 N/mm2
		4 mm		16.01 N/mm2

OBSERVACIONES:


<i>Pf promedio</i>
13.64 N/mm2

Fuente: Elaboración Propia

4.6.5.1.4. PROBETAS DE YESO ADICIONADO CON POLÍMERO



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



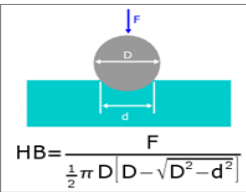
PROCESAMIENTO DE DATOS

ENSAYO:	DUREZA BRINELL
NORMA:	ISO 6506 - 1
DESMOLDE:	A los 45 minutos de fraguado
ROTURA:	A los 7 días de endurecido
FECHA:	29 de Abril del 2015
PROBETAS DE:	YESO + POLÍMERO

DATOS:

T° Ambiente=	13°C
NORMA ASTM C-348 - Probeta=	40mm x 40mm x 160mm
F=210 N	Fuerza ejercida al cabo de 15 seg
D	Diámetro de 10mm
d	Diámetro de la huella

FORMULA:



$$HB = \frac{F}{\frac{1}{2} \pi D [D - \sqrt{D^2 - d^2}]}$$

HB	Número de brinell	N/mm2			
1	Cara 1	4 mm	10.00 mm	16.01 N/mm2	
		4 mm	16.01 N/mm2		
		4 mm	16.01 N/mm2		
	Cara 2	3 mm	10.00 mm	29.02 N/mm2	
		3 mm	29.02 N/mm2		
		3 mm	29.02 N/mm2		
	2	Cara 1	3 mm	10.00 mm	29.02 N/mm2
			4 mm	16.01 N/mm2	
			4 mm	16.01 N/mm2	
		Cara 2	3 mm	10.00 mm	29.02 N/mm2
			3 mm	29.02 N/mm2	
			4 mm	16.01 N/mm2	
3	Cara 1	3 mm	10.00 mm	29.02 N/mm2	
		3 mm	29.02 N/mm2		
		3 mm	29.02 N/mm2		
	Cara 2	3 mm	10.00 mm	29.02 N/mm2	
		4 mm	16.01 N/mm2		
		4 mm	16.01 N/mm2		
4	Cara 1	4 mm	10.00 mm	16.01 N/mm2	
		3 mm	29.02 N/mm2		
		3 mm	29.02 N/mm2		
	Cara 2	4 mm	10.00 mm	16.01 N/mm2	
		3 mm	29.02 N/mm2		
		4 mm	16.01 N/mm2		
5	Cara 1	4 mm	10.00 mm	16.01 N/mm2	
		3 mm	29.02 N/mm2		
		3 mm	29.02 N/mm2		
	Cara 2	3 mm	10.00 mm	29.02 N/mm2	
		4 mm	16.01 N/mm2		
		4 mm	16.01 N/mm2		

OBSERVACIONES:


Pf promedio
22.95 N/mm2

Fuente: Elaboración Propia




yeso adicionado con materiales reforzados segun la norma UNE EN 10270-2 para su uso en la fabricacion de placas de yeso."

4.6.5.1.5. PROBETAS DE YESO ADICIONADO CON CELULOSA



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PROCESAMIENTO DE DATOS

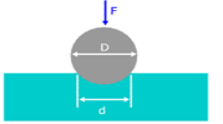


ENSAYO:	DUREZA BRINELL
NORMA:	ISO 6506 - 1
DESMOLDE:	A los 45 minutos de fraguado
ROTURA:	A los 7 días de endurecido
FECHA:	29 de Abril del 2015
PROBETAS DE:	YESO + CELULOSA

DATOS:

T° Ambiente=	13°C	
NORMA ASTM C-348 - Probeta=	40mm x 40mm x 160mm	
F=210 N	Fuerza ejercida al cabo de 15 seg	N
D	Diámetro de 10mm	mm
d	Diámetro de la huella	mm

FORMULA:



$$HB = \frac{F}{\frac{1}{2} \pi D [D - \sqrt{D^2 - d^2}]}$$

HB	Número de brinell	N/mm2
----	-------------------	-------

PROBETA	Cara	d	D	HB
1	Cara 1	3 mm	10.00 mm	27.14 N/mm2
		3 mm		29.02 N/mm2
		4 mm		16.01 N/mm2
	Cara 2	4 mm		16.01 N/mm2
		4 mm		16.01 N/mm2
		3 mm		29.02 N/mm2
2	Cara 1	3 mm	10.00 mm	29.02 N/mm2
		4 mm		16.01 N/mm2
		3 mm		29.02 N/mm2
	Cara 2	4 mm		16.01 N/mm2
		3 mm		29.02 N/mm2
		4 mm		16.01 N/mm2
3	Cara 1	4 mm	10.00 mm	16.01 N/mm2
		4 mm		16.01 N/mm2
		3 mm		29.02 N/mm2
	Cara 2	3 mm		29.02 N/mm2
		3 mm		29.02 N/mm2
		4 mm		16.01 N/mm2
4	Cara 1	3 mm	10.00 mm	29.02 N/mm2
		4 mm		16.01 N/mm2
		4 mm		16.01 N/mm2
	Cara 2	3 mm		29.02 N/mm2
		4 mm		16.01 N/mm2
		4 mm		16.01 N/mm2
5	Cara 1	4 mm	10.00 mm	16.01 N/mm2
		3 mm		29.02 N/mm2
		4 mm		16.01 N/mm2
	Cara 2	3 mm		29.02 N/mm2
		3 mm		29.02 N/mm2
		4 mm		16.01 N/mm2

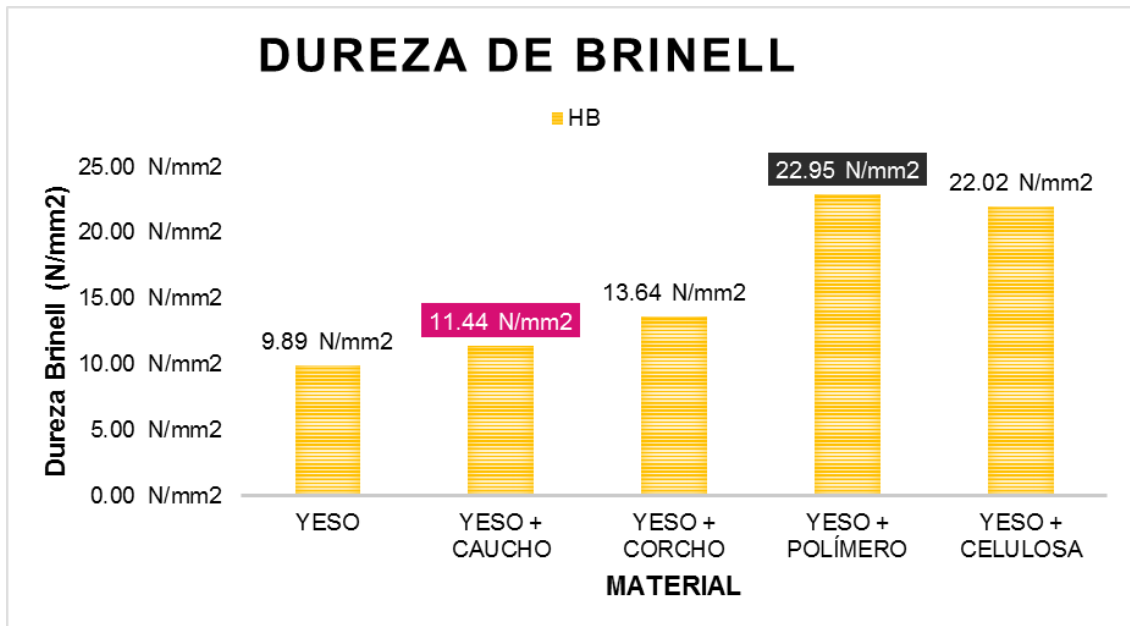
OBSERVACIONES:

Pf promedio

22.02 N/mm2

Fuente: Elaboración Propia

4.6.5.2. DIAGRAMA



4.6.5.3. ANÁLISIS DE PRUEBA

Tabla N° 26:
Resultados del Ensayo de Dureza de Brinell.

PROBETA	HB
YESO	9.89 N/mm ²
YESO + CAUCHO	11.44 N/mm ²
YESO + CORCHO	13.64 N/mm ²
YESO + POLÍMERO	22.95 N/mm ²
YESO + CELULOSA	22.02 N/mm ²

NOTA: La tabla muestra al polímero con buena dureza.
Fuente: Elaboración propia.

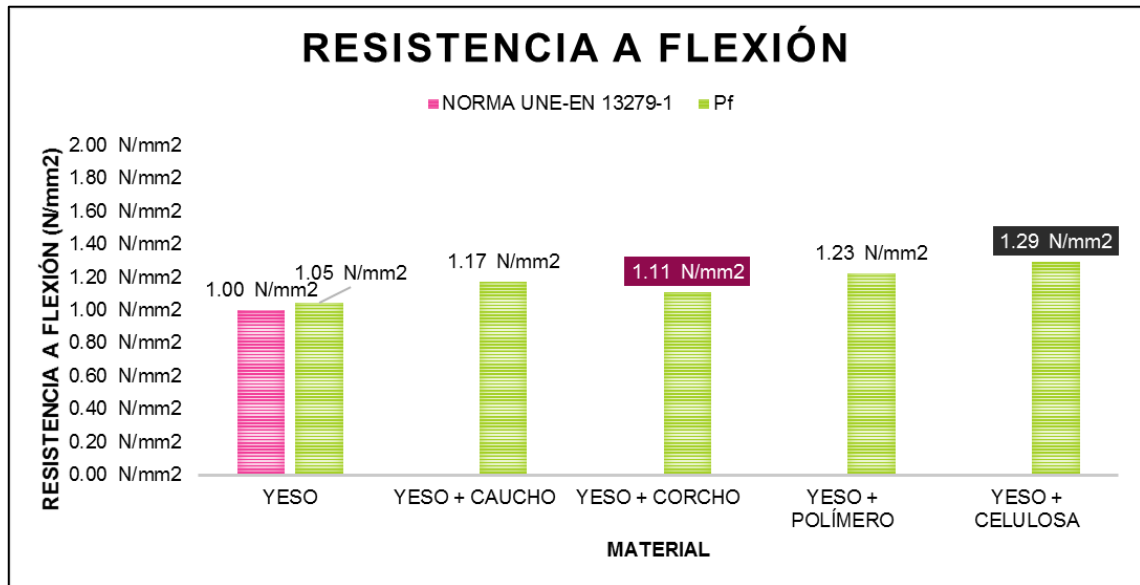
- Según el gráfico se observa que el yeso adicionado con polímero presenta mayor dureza, pero cabe resaltar que el material reciclado añadido no fue molido, sino que se trituraron dándole un tamaño entre 1cm.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

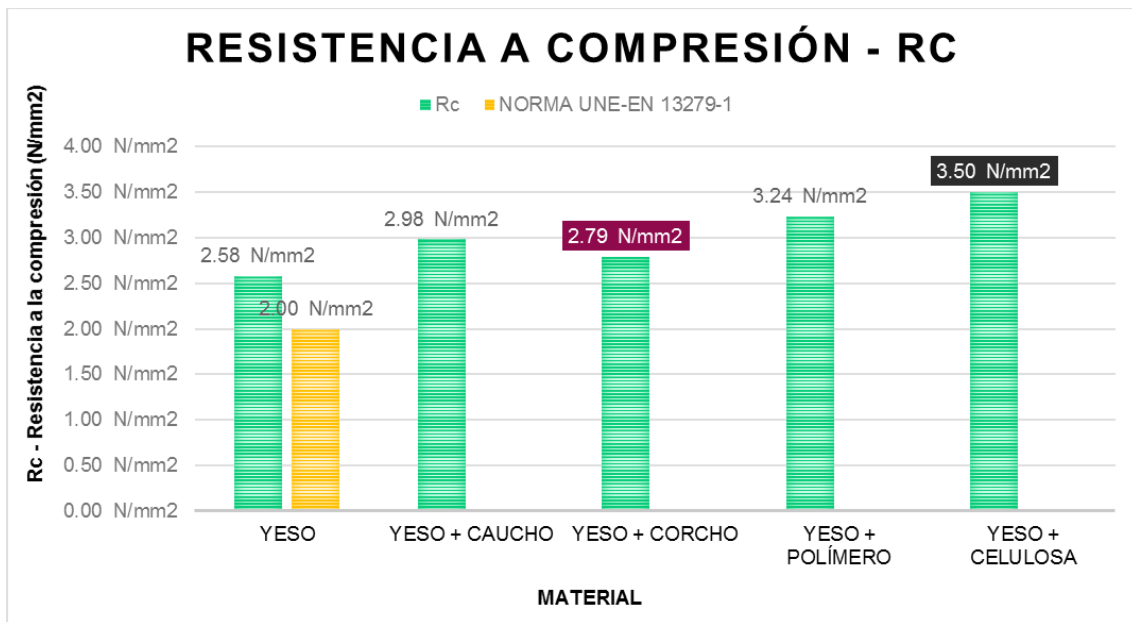
5.1. DIAGRAMAS RESUMEN

5.1.1. DIAGRAMA RESUMEN DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN



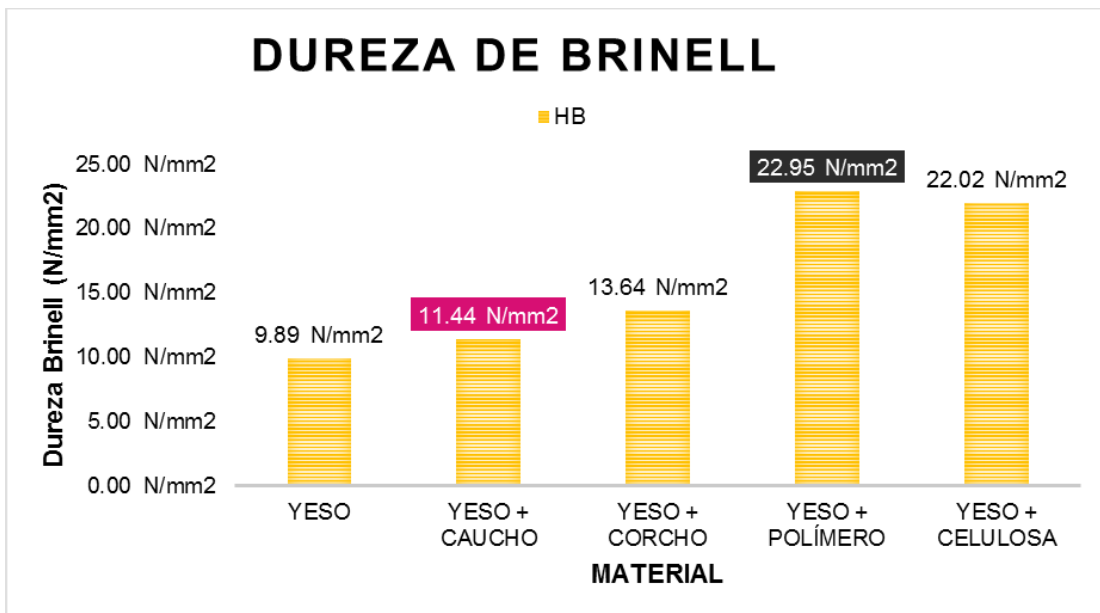
- De acuerdo al gráfico se observa:
- Las probetas de corcho, caucho, polímero y celulosa alcanzaron mayor resistencia a la flexión que el yeso.
- Las resistencias a flexión son mayores a 1N/mm² (indicado por la norma UNE-EN 13279-1), es decir todas las probetas cumplen con las exigencias de resistencia a la flexión propuestas por la norma.

5.1.2. DIAGRAMA RESUMEN DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN



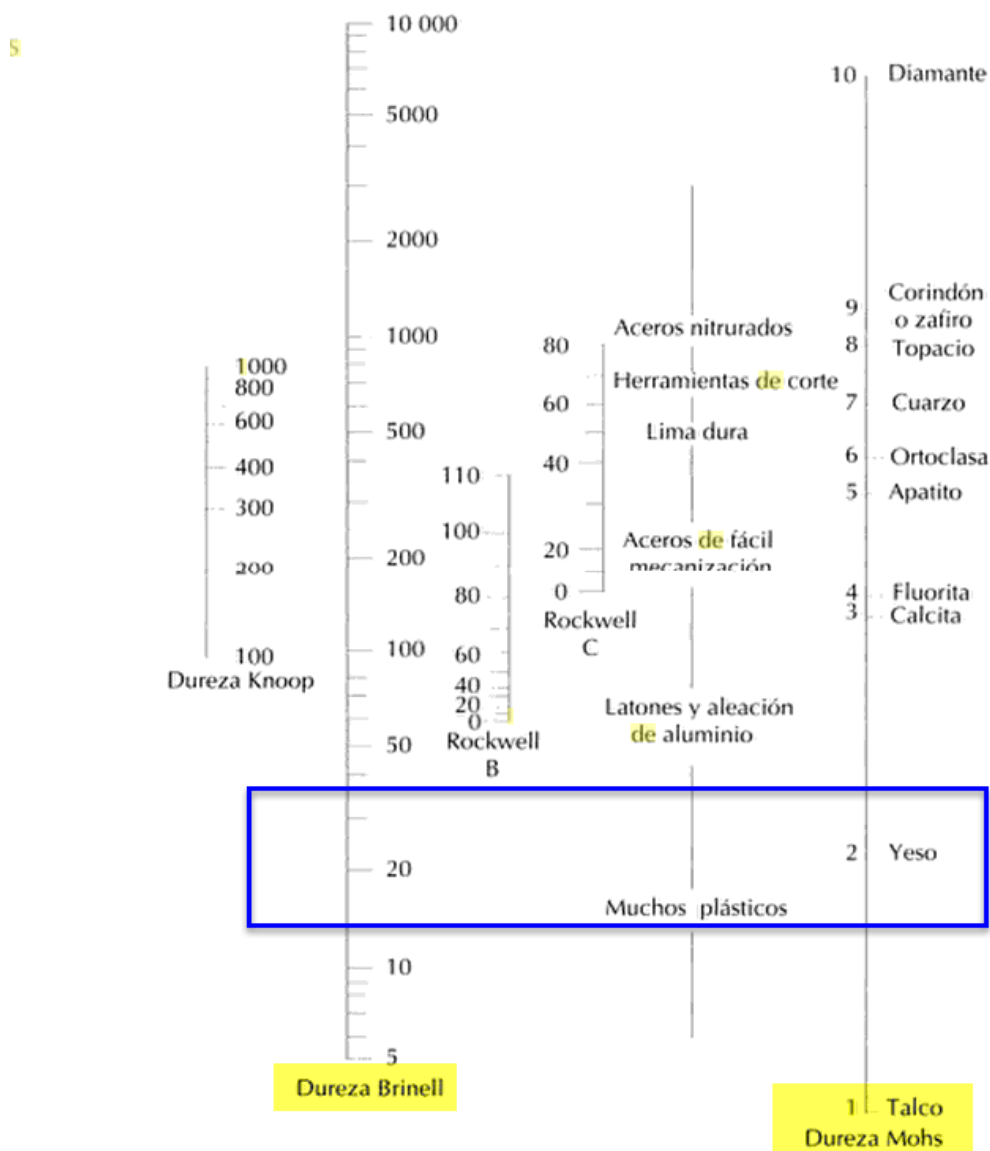
- De acuerdo al gráfico observamos que las probetas de yeso adicionado con celulosa y el yeso adicionado con polímero tienen mayor resistencia a la compresión, los cuales podrían ser una excelente opción para la elaboración de placas de yeso.
- Las probetas de yeso adicionado con caucho también presentan una buena resistencia a la compresión, pero visualmente se observó que no presenta buena adherencia con el yeso.
- A pesar de que el polímero alcanzó una buena resistencia a compresión, visualmente se pudo observar que no presenta buena adherencia con el yeso.
- El gráfico también muestra que todas las probetas alcanzaron resistencias a compresión mayores a 2 N/mm² tal y como se indica en la norma UNE-EN 13279-1.

5.1.3. DIAGRAMA RESUMEN DE LA PRUEBA DE DUREZA



- Según el gráfico se observa que el yeso adicionado con polímero presenta mayor dureza, pero cabe resaltar que el material reciclado añadido (1cm de diámetro) no fue molido, sino triturado. Pero visualmente se apreció que el polímero no presenta una muy buena adherencia con el yeso.
- Según la Figura N° 27 se observa, la relación que guarda entre las escalas Mohs y Brinell respecto del Yeso. Sin embargo, puesto que la dureza no es una propiedad del material muy bien definida y debido a las diferencias experimentales de cada técnica, no se ha establecido un método general para convertir las durezas de una escala a otra. Los datos de conversión que se muestran en dicha figura han sido determinados experimentalmente y se ha encontrado que son dependientes del tipo de material y de las características.
- Por ende, las probetas de yeso con celulosa y polímero son los materiales más representativos de la relación que guardan las escalas de Mohs y Brinell.

Figura N° 27:
Relación de escales Mohs y Brinell



Fuente: (Callister, 2007, pág. 140)

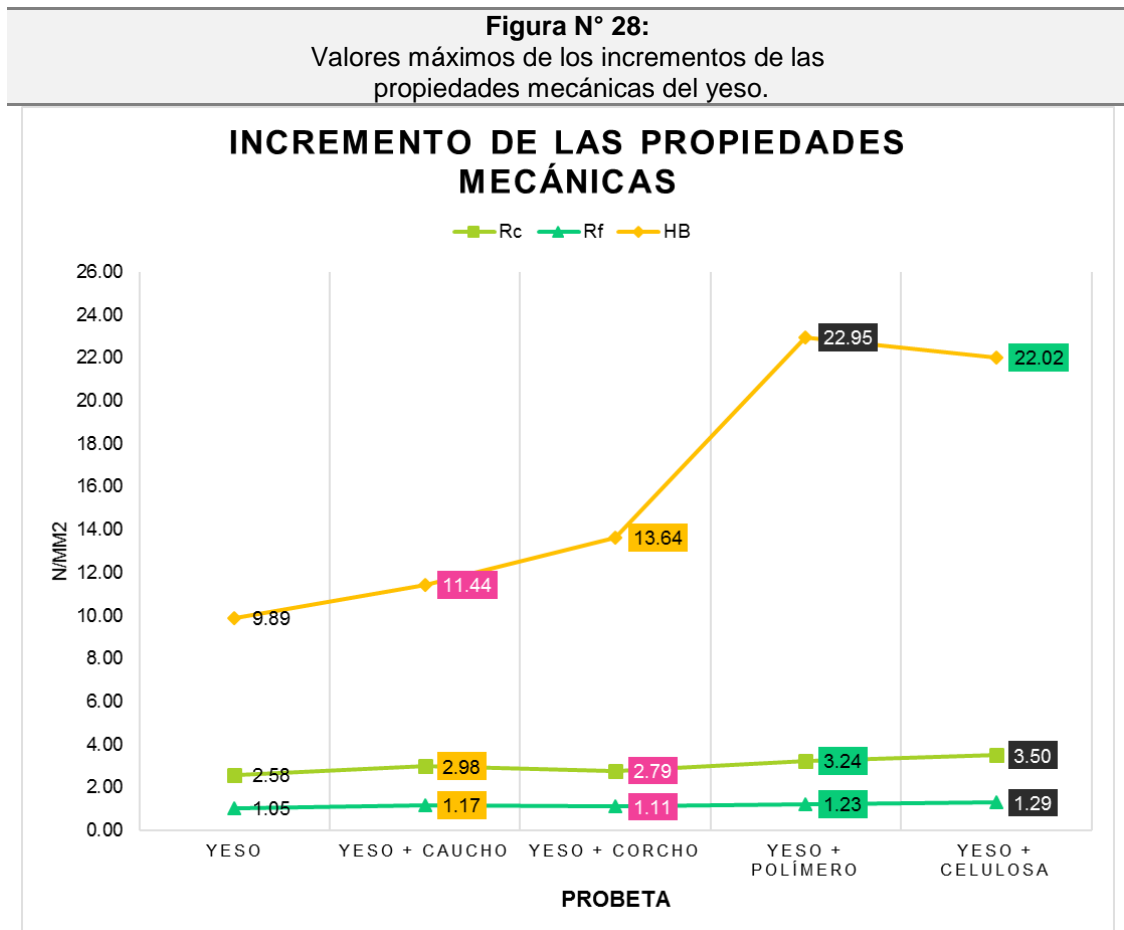
5.1.4. TABLA Y DIAGRAMA GENERAL

Tabla N° 27:
Resumen de resultados.

PROBETAS ELABORADAS CON:	Resistencia a Flexión (Rf) N/mm2	Resistencia a la Compresión (Rc)	Dureza Brinell (HB) N/mm2
YESO	1.05	2.58	9.89
YESO + CAUCHO	1.17	2.98	11.44
YESO + CORCHO	1.11	2.79	13.64
YESO + POLÍMERO	1.23	3.24	22.95
YESO + CELULOSA	1.29	3.50	22.02

Fuente: Elaboración propia.

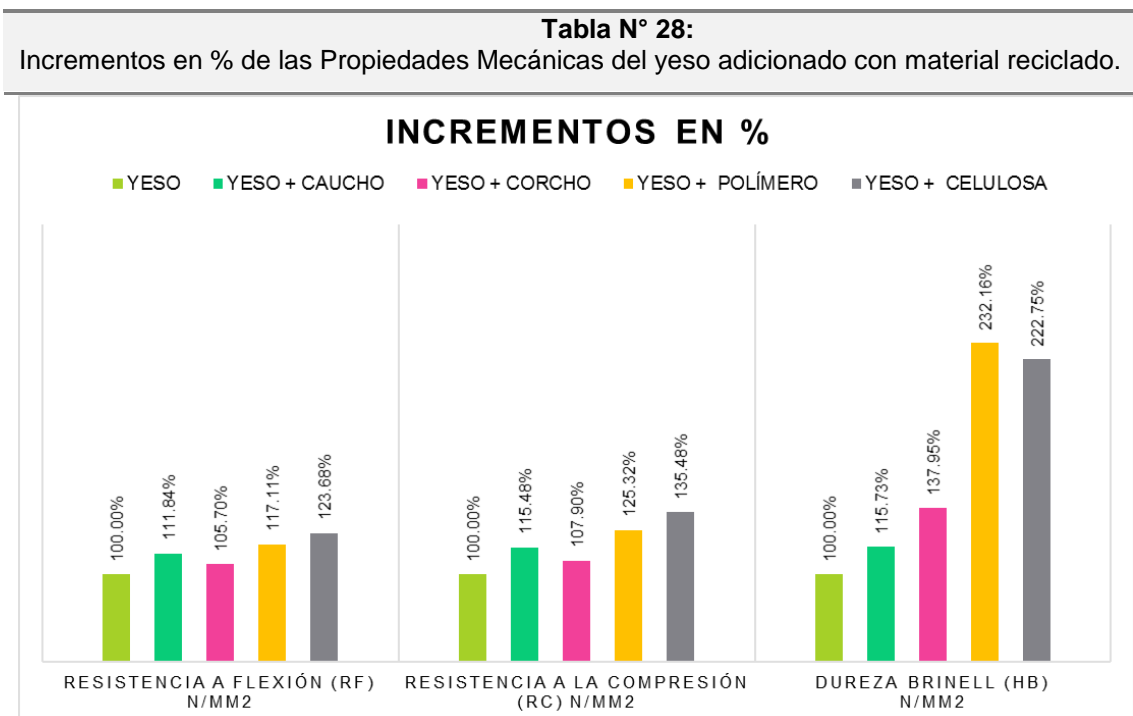
- En el cuadro resumen claramente se aprecia que, al adicionar materiales reciclados al yeso, se observan incrementos en sus propiedades mecánicas, sobre todo si se adiciona celulosa y polímero si se desea incrementar la resistencia a flexión y compresión. Estos incrementos se aprecian mejor en el siguiente gráfico de dispersión:



Fuente: Elaboración propia.

- En el gráfico se observa que conforme se añaden materiales reciclados, existe una mejora en cuanto a las propiedades mecánicas del yeso, un claro ejemplo de ello es la adición de celulosa (bolsas de cemento), que sin duda le da al yeso una mejor resistencia a la compresión y flexión, tiene una leve disminución en cuanto a la dureza que presenta.
- Otro material que cabe destacar, es el polímero ya que presenta resultados aproximados a la celulosa, en cuanto a la resistencia a la compresión y flexión, pero si presenta una buena dureza por encima del resto de materiales reciclados como caucho, corcho y celulosa.

- El caucho no le brinda mayores propiedades mecánicas al yeso, pero si visualmente se puede apreciar una extraordinaria adherencia al yeso, ello se observó cuando se sometieron las probetas a compresión, no se desprendió ninguna partícula de corcho.
- En cuanto al caucho, tampoco es muy buen material que aporte a las propiedades mecánicas del yeso, ya que no presenta mayores resistencias a las presentadas por el resto de materiales reciclados, cabe destacar también que no presenta una muy buena adherencia al yeso, esto también se observó visualmente cuando se llevaron a compresión, puesto que las partículas de caucho se desprendieron rápidamente del yeso.



Fuente: Elaboración propia.

- En cuanto a la resistencia a la compresión del yeso más celulosa es mayor seguida por el yeso y el polímero. También presentan muy buena adherencia, cuando se sometieron a rotura las probetas con celulosa y con corcho, pues se observó que ninguna partícula del material reciclado se desprendió en las roturas. Algo que si sucedió con el caucho y polímero por ende se puede afirmar que el caucho y el polímero no presentan muy buena adherencia con el yeso.



- Los materiales reciclados ideales con los que se podrían mejorar las propiedades mecánicas de las placas de yeso, sería la celulosa para incrementar la resistencia a flexión y la resistencia a compresión. Pero se le podría adicionar polímero para incrementar su dureza.



CAPÍTULO V

DISCUSIÓN

DISCUSIÓN N° 01

¿Por qué razón se escogió desechos reciclados para evaluar el yeso?

El avance de la tecnología va de la mano con desgaste del medio ambiente, una muestra de ello es cantidad inmensa de desechos industriales que a diario van contaminando el medio, para contrarrestar el daño que provoca es que se recomienda el reciclaje de dichos materiales de modo que se logre apaciguar el deterioro del medio. En base a ello es que se busca dar un uso a dichos materiales, y que mejor manera si con éstos se pueden mejorar las propiedades mecánicas del yeso.

DISCUSIÓN N° 02

¿Por qué razón se escogió el yeso para probar el material reciclado?

Según la escala de Mohs, el yeso es un material blando y lo ubica en la posición 2 y solo tiene por debajo al talco a pesar de ello tiene bastantes aplicaciones en el área de la construcción como revestidos y tabiquería para interiores, al ser un material muy usado se busca también mejorar sus propiedades de resistencia ante impactos, fuerzas de compresión y fuerzas deformadoras.

DISCUSIÓN N° 03

¿Con que finalidad realizó el ensayo de compresión del yeso añadido con material reciclado?

La finalidad primordial, es demostrar si añadiendo al yeso materiales reciclados, como caucho, corcho, polímero y celulosa, éste podría mejorar su resistencia ante fuerzas compresoras. Si bien es cierto el yeso no es un material que se use para soportar cargas de gran dimensión, pero cabe la posibilidad de adicionarle algún tipo de material reciclado que pueda mejorar su resistencia a la compresión.



DISCUSIÓN N° 04

¿Con que finalidad realizó el ensayo a flexión del yeso añadido con material reciclado?

La finalidad primordial, es demostrar si añadiendo al yeso materiales reciclados, como caucho, corcho, polímero y celulosa, éste resista más ante fuerzas deformadoras, ya que el yeso muchas veces es usado como cielos rasos del que penden objetos de luminaria, entonces si es necesario mejorar su capacidad de resistir a flexión.

DISCUSIÓN N° 05

¿Con que finalidad realizó el ensayo de dureza del yeso añadido con material reciclado?

La finalidad primordial, es demostrar si añadiendo al yeso materiales reciclados, como caucho, corcho, polímero y celulosa, éste resista más a ser rayado, puesto que el yeso es un material blando, que fácilmente puede ser rayado con la uña, entonces si es necesario mejorar su dureza.



GLOSARIO

- **AGLOMERANTE:** Es el material de yeso con propiedades adhesivas que amasados con agua fraguan primero y endurecen después.
- **AGUA:** Es una sustancia cuya molécula está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H₂O). que mezclado con el yeso elaboramos las probetas de yeso.
- **ADHERENCIA:** Resistencia al deslizamiento entre dos cuerpos que se encuentran en contacto.
- **CAUCHO:** El caucho es un material reciclado que es una sustancia natural compleja, que se caracteriza por su elasticidad, repelencia al agua y resistencia eléctrica, que le brinda alas probetas de yeso.
- **CORCHO:** El corcho es un producto natural, no contaminante, de combustibilidad difícil, estable a efectos dimensionales, imputrescible, buen aislante ante la electricidad, que se utiliza como material reciclado para brindar mayor resistencia a la probetas de yeso.
- **CELULOSA:** La celulosa es uno de los polímeros más abundantes en la naturaleza., y también uno de los polímeros más abundantes como material reciclado que se emplea en las probetas de yeso para su mayor resistencia y dureza.
- **COMPRESIÓN:** La compresión de una probeta de yeso es el esfuerzo máximo bajo una carga de aplastamiento.
- **DUREZA:** Es la propiedad de la capa superficial de las probetas de yeso de resistir la deformación elástica, plástica y destrucción, en presencia de esfuerzos.
- **DUREZA DE BRINELL:** Es un método de determinar la dureza de las probetas de yeso que esta se determina al penetrar una bola de acero extra duro de diámetro D, que se apoya sobre la probeta, ejerciendo sobre ella un fuerza P durante un tiempo.



- **ESCAYOLA:** Que se designa por E-30 y E-35 denominadas así en función de su trabajabilidad.
- **FRAGUAR:** El fraguado es el proceso de endurecimiento y pérdida de plasticidad de las probetas del yeso.
- **FLEXIÓN:** La flexión de una probeta de yeso se define como la cantidad de fuerzas que soporta la probeta antes de ser rota.
- **MEZCLA:** Una mezcla es la combinación del yeso, agua y material reciclado para así elaborar las probetas de yeso.
- **MATERIAL RECICLADO:** El material reciclado es el producto resultante del reciclaje, como son el polímero sintético, celulosa, corcho, caucho que se someten al reciclaje y estos materiales serán reciclados para elaborar las probetas de yeso.
- **PROCESO:** Un proceso es un conjunto de actividades o eventos (coordinados u organizados) que se realizan o suceden (alternativa o simultáneamente) bajo ciertas circunstancias con el fin de elaborar las probetas del yeso y someter a los ensayos.
- **PARÁMETRO:** Se conoce como parámetro al dato que se considera como imprescindible y orientativo para lograr evaluar o valorar una determinada situación. A partir de un parámetro, una cierta circunstancia puede comprenderse o ubicarse en perspectiva.
- **PROBETAS DE YESO:** Es un molde cubico rectangular elaboradas de yeso adicionados con material reciclados y agua para después ser sometidos a yeso.
- **PROPIEDADES MECÁNICAS:** Evaluadas mediante parámetros cuantitativos que sirven en el cálculo de resistencia de las probetas de yeso y la dureza.
- **PLACAS DE YESO:** La placa de yeso está formado por láminas de material reciclado (celulosa, corcho, caucho, polímero sintético) con yeso de alta calidad (escayola)



yeso adicionado con materiales reciclados según la norma UNE-EN 10270-2 para su uso en la fabricación de placas de yeso.”

CAPÍTULO V

- **RESISTENCIA:** Resistencia es la cualidad que nos permite aplazar o soportar la fatiga, permitiendo prolongar un trabajo orgánico sin disminución importante del rendimiento de las probetas de yeso.
- **TRABAJABILIDAD:** Es la facilidad de colocación, consolidación y acabado del yeso fresco y el grado que resiste a la segregación.
- **YESO:** Es un material blanco aljez, pero debido a su impureza puede ser, gris castaño. Se denomina sulfato de calcio di hidratado y su estructura cristalina está constituida por 2 moléculas de agua y por una de sulfato de calcio. Su color generalmente varía de blanco a blanco grisaseo.



CONCLUSIONES

Conclusión N° 01:

Se logró demostrar la Hipótesis General que dice: Existe una diferencia significativa entre las propiedades mecánicas del yeso y el yeso adicionado con materiales reciclados (celulosa, corcho, caucho y polímero). Puesto que para cada material reciclado añadido según los ensayos de compresión, flexión y dureza realizados se logró mejorar las propiedades mecánicas del yeso, como se refleja en el cuadro siguiente:

Tabla N° 29:
Porcentaje de incrementos para cada material reciclado adicionado.

PROBETAS ELABORADAS CON:	Resistencia a Flexión (Rf) N/mm2	Resistencia a la Compresión (Rc)	Dureza Brinell (HB) N/mm2
YESO	100.00%	100.00%	100.00%
YESO + CAUCHO	111.84%	115.48%	115.73%
YESO + CORCHO	105.70%	107.90%	137.95%
YESO + POLÍMERO	117.11%	125.32%	232.16%
YESO + CELULOSA	123.68%	135.48%	222.75%

Fuente: Elaboración propia.

Conclusión N° 02:

Si se cumple con la hipótesis específica N° 01, que indica: “La resistencia a la compresión del yeso será menor que el yeso adicionado con materiales reciclados (celulosa, corcho, caucho y polímero)”. En lo que respecta al ensayo de compresión, se observó incrementos, para caucho (15.48%), corcho (7.9%), polímero (25.32%) y celulosa (35.48%).

Conclusión N° 03:

Si se cumple con la hipótesis específica N° 02, que indica: “La resistencia a la flexión del yeso será menor que el yeso adicionado con materiales reciclados (celulosa, corcho, caucho y polímero). En lo que respecta al ensayo de flexión, se observó incrementos, para caucho (11.84%), corcho (5.7%), polímero (17.11%) y celulosa (23.68%).



Conclusión N° 04:

Si se cumple con la hipótesis específica N° 03, que indica: “La dureza yeso será menor que el yeso adicionado con materiales reciclados (celulosa, corcho, caucho y polímero)”. En lo que respecta al ensayo de dureza, se observó incrementos, para caucho (15.73%), corcho (37.95%), polímero (132.16%) y celulosa (122.75%).



RECOMENDACIONES

Recomendación N° 01:

Se recomienda elaborar probetas de yeso adicionado con dos o más materiales reciclados y verificar si existen incrementos en las propiedades mecánicas del yeso.

Recomendación N° 02:

Se recomienda hacer los ensayos de dureza de las probetas de yeso usando el durómetro de Shore, ya que dará datos mucho más precisos, puesto que se usan exclusivamente en materiales blandos.

Recomendación N° 03:

Se recomienda evaluar las probetas ampliando los tiempos de secado, los que podrían fluctuar de 7 días a 30 días, para verificar las variaciones en las propiedades mecánicas.

Recomendación N° 04:

Se recomienda utilizar una nueva dosificación en la que se varíe el porcentaje de material reciclado.



BIBLIOGRAFÍA

- Allinger, N. L. (1972). *Química Orgánica, Volumen I*. Barcelona, Perú.
- APQUA. (2000). *Los plásticos en nuestra sociedad*. REVERTE S.A.
- Biología. (s.f.). *APLICACIONES CELULOSA*. Obtenido de <http://aplicacionesdelacelulosa.blogspot.pe/>
- BOLSIPLAST. (s.f.). Obtenido de BOLSIPLAST - BOLSAS Y EMPAQUES: <http://www.bolsiplast.com/>
- Callister, W. D. (2007). *Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales, Volumen 1*. Barcelona.
- Camoes, E. R. (2007). *Nuevos materiales de Construcción a base de Yeso y Residuos industriales*. Guimaraes, Portugal: Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Minho.
- CASTRO, I. G. (2008). *MATERIALES Y COMPUESTOS PARA LA INDUSTRIA DEL NEUMÁTICO*. F.I.U.B.A.
- Council, P. G. (2011). *CRITERIOS DE EVALUACIÓN SGBC PARA EL CERTIFICADO DEL PRODUCTO SUSTENTABLE*. Cusco, cusco, Perú.
- Domene, R. F. (2006). *EL MATERIAL YESO: COMPORTAMIENTO Y RESTAURACIÓN*. Rioja, España: ISSN 1138-1299.
- Dr. Roberto Hernández Sampieri, D. C. (2010). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN* (Vol. V). México: MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Escobar, S. C. (2010). *MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN PARA EDIFICACIONES Y OBRA CIVIL*. CLUB UNIVERSITARIO.
- Gamundi, F. B. (1998). *HISTORIA DE LA CONSTRUCCIÓN*. Coruña.
- Kalpakjian, S. (2002). *Manufactura, ingeniería y tecnología*. Mexico.
- Khan, A. (01 de 04 de 2016). *MISTERY PLANET*. Obtenido de <http://www.mysteryplanet.com.ar/site/el-verdadero-rostro-de-la-gran-esfinge/>
- M. Beltran, A. M. (2006). *Estructura y Propiedades de los Polímeros*. Alicante.
- Nelson Leonard Nemerow, A. D. (1998). *Tratamiento de vertidos industriales y peligrosos*. Barcelona: España.
- Raimond B. Seymour, C. E. (2002). *Introducción a la química de los polímeros*. New York.
- Rivas, F. M. (2005). *Escayolas y tabiquería en seco*. Barcelona: ISBN: 84-329-1198-4.



- Romeva, C. R. (2008). *Selección de materiales en el diseño de máquinas*. Barcelona: UPC.
- RY-85. (2000). RY-85: PLIEGO GENERAL DE CONDICIONES PARA LA RECEPCIÓN DE YESOS Y ESCAYOLAS EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN. Madrid, España.
- Sánchez, J. C. (2011). *Metodología de la investigación científica y tecnológica*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, S.A.
- SCA. (2016). *SCA CARE OF LIFE*. Obtenido de <http://www.sca.com/>
- Serna, J. M. (2013). *Evolución de las propiedades mecánicas de los morteros aditivados de yeso moreno con vermiculita*. Alicante: España.
- Sostenible, S. C. (2014). *Producción de tapones y discos de corcho natural y tapones multipieza. MAMA0109*. Malaga, España.
- TUYANGO. (2010). *TUYANGO*. Obtenido de http://www.tuyango.com/proceso_productivo
- UNE-EN13279-1. (2006). *UNE 13279-1: Yesos de construcción y conglomerantes a base de yeso para la*. Madrid: España.
- UNE-EN13279-2. (2004). *UNE-EN 13279-2: Yesos de construcción y conglomerantes a base de yeso para la*. Barcelona: España.
- YESAMSA. (13 de 05 de 2016). *YESAMSA*. Obtenido de <http://www.yesamsa.es/>