



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

ÁREA TÉCNICA

TÍTULO DE ARQUITECTO

“Mejoramiento del mortero de yeso a base de fibra de sisal, aplicable en mampostería de ladrillo para evitar fisuramiento”

TRABAJO DE TITULACIÓN

AUTOR: Quituisaca Carrillo, Giovanni Patricio

DIRECTOR: Villacís Suárez, Carlos Iván, Mg. Arq.

LOJA – ECUADOR

2017



Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

Septiembre, 2017

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Arquitecto Mg.

Carlos Iván Villacís Suárez

DOCENTE DE LA TITULACIÓN

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación: **“Mejoramiento del mortero de yeso a base de fibra de sisal, aplicable en mampostería de ladrillo para evitar fisuramiento”**, realizado por Quituisaca Carrillo Giovanni Patricio, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, Marzo de 2017

f)

Arq. Carlos Iván Villacís Suárez

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Quituisaca Carrillo Giovanni Patricio, declaro ser autor del presente trabajo de titulación: **“Mejoramiento del mortero de yeso a base de fibra de sisal, aplicable en mampostería de ladrillo para evitar fisuramiento”**, de la Titulación de Arquitectura, siendo Villacís Suárez Carlos Iván, Mg. Arq., director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”

f).

Autor: Quituisaca Carrillo Giovanni Patricio

C.I.: 1104649387

DEDICATORIA

Y con solo una sonrisa puede todo conseguir, de mi corazón se ha vuelto dueña, y me alegra la existencia con solo en ella pensar.

Mientras tanto quiero darle tantas cosas, quiero darle tanto amor, tanta atención, y enseñarle cada día su importancia y su valor, quiero cuidarle el corazón. *MÁGICA PRINCESA / SOFÍA SALOMÉ*

MI HIJA

Afronto la vida con alegría porque tengo el amor de mis padres que confían en mí y apoyan mis decisiones, a ellos que siempre tuvieron una sonrisa, una palabra de aliento en los momentos difíciles y que han sido símbolo de lucha para poder salir adelante. *POR CREER EN MÍ, GRACIAS*

PAPÁ & MAMÁ

Tú, que no abandonas jamás al que te invoca, protectora especial de las almas afligidas. Tú, que no abandonas cuando voy a decirte mis dolores, a confiarte mis penas y a derramar a tus pies lágrimas de los míos.

Tú que vives y reinas por los siglos de los siglos. *AMÉN*

VIRGEN MARÍA DEL CISNE

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Técnica Particular de Loja y al gran equipo de profesionales que son parte de la Titulación de Arquitectura, por haberme instruido, capacitado y formado como profesional.

Un fraterno agradecimiento:

Ph.D. Francisco Hernández catedrático de la Universidad Politécnica de Madrid – España.

Arquitecto Xavier Eduardo Burneo coordinador de la Titulación de Arquitectura.

Arquitecto Carlos Iván Villacís un profesional y caballero, con un corazón gigante siendo director y amigo, quien me brindo su tiempo y su conocimiento para poder desarrollar la investigación.

Arquitecta Rosa Medina por guiarme en el desarrollo del presente trabajo.

A los profesionales que son parte de la UCG y los distintos laboratorios en especial al Ing. Alonso Zúñiga y al Ing. Ángel Tapia por la ayuda y asesoría brindada en el desarrollo de pruebas y ensayos.

ÍNDICE GENERAL

CARÁTULA.....	i
APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE GENERAL.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN.....	01
ABSTRACT.....	02
INTRODUCCIÓN.....	03
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	05
JUSTIFICACIÓN.....	06
OBJETIVOS.....	07
Objetivo General.....	07
Objetivo Específicos.....	07
HIPÓTESIS.....	07
METODOLOGÍA.....	08
CAPITULO I.- MARCO TEÓRICO Y REFERENCIAL.....	9
1.1. Mortero.....	10
1.1.1. Antecedentes históricos.....	10
1.1.2. Introducción.....	13
1.1.3. Definición.....	14
1.1.4. Tipos de mortero.	14
1.1.5. Usos del mortero.	17
1.1.6. Propiedades de los morteros en estado plástico.....	18

1.1.7.	Propiedades de los morteros en estado endurecido.	19
1.1.8.	Propiedades físicas y mecánicas.	20
1.1.9.	Peso específico (densidad).	20
1.1.10.	Superficie específica (finura).	21
1.1.11.	Resistencia mecánica.	22
1.1.12.	Factores que influyen a la resistencia.	23
1.1.13.	Adherencia.	24
1.2.	Conglomerantes.	25
1.2.1.	Cal.	25
1.2.1.1.	Usos.	26
1.2.2.	Yeso.	26
1.2.2.1.	Yesos normalizados.	27
1.2.2.2.	Usos.	28
1.2.3.	Cemento.	28
1.2.3.1.	Clasificación del cemento portland.	30
1.2.4.	Áridos.	31
1.2.4.1.	Granulometría árido fino.	33
1.2.5.	Agua.	35
1.3.	Patología constructiva.	36
1.3.1.	Definición.	37
1.3.2.	Proceso patológico.	39
1.3.3.	Lesiones.	41
1.3.3.1.	Lesiones físicas.	42
1.3.3.2.	Lesiones mecánicas.	45
1.3.3.3.	Lesiones químicas.	48
1.3.4.	Clasificación de las lesiones.	51
1.3.5.	Causas.	52
1.4.	Fibra de sisal.	54
1.4.1.	Beneficios ambientales.	54
1.4.2.	Propiedades físicas y mecánicas.	55
1.4.3.	Materiales compuestos.	57
1.4.4.	Materiales compuestos reforzados con fibras.	59

1.4.5.	Comportamiento mecánico e influencia de la longitud de la fibra.....	59
1.5.	Normalización utilizada.....	61
CAPITULO II.- PROPUESTA DE MORTERO Y ENSAYOS.....		62
2.1.	Mortero de cemento.....	63
2.1.1.	Ensayo granulométrico árido fino.....	63
2.1.1.1.	Procedimiento fotográfico.....	67
2.1.2.	Ensayo densidad y absorción de agua del árido fino (arena).....	68
2.1.1.2.	Procedimiento fotográfico.....	71
2.1.3.	Ensayo resistencia a la compresión en probetas de 50mm de arista.....	72
2.1.1.3.	Procedimiento fotográfico.....	74
2.2.	Mortero de revestimiento a base de fibra de sisal.....	76
2.2.1.	Ensayo tiempo de fraguado del yeso.....	76
2.2.1.1.	Procedimiento fotográfico.....	79
2.2.2.	Ensayo resistencia a flexión de la probeta de 16cmx4cmx4cm.....	80
2.2.1.2.	Procedimiento fotográfico.....	83
2.2.3.	Ensayo resistencia a compresión de la probeta de 4cmx4cmx4cm.....	84
2.2.1.3.	Procedimiento fotográfico.....	86
2.2.4.	Ensayo de capilaridad.....	87
2.2.1.4.	Procedimiento fotográfico.....	89
2.2.5.	Ensayo de porosidad.....	90
2.2.1.5.	Procedimiento fotográfico.....	93
2.2.6.	Ensayo a la resistencia al hinchamiento.....	94
2.2.1.6.	Procedimiento fotográfico.....	96
CAPITULO III.- APLICACIÓN DEL MORTERO EN MAMPOSTERÍA DE LADRILLO.....		97
3.1.	Experimentación y aplicación del mortero de revestimiento.....	98
3.1.1.	Resumen de los mejores resultados.....	98
3.1.2.	Análisis económico.....	100
3.1.3.	Costes y beneficios.....	101

3.1.4.	Conclusiones generales.	102
3.1.5.	Vinculación con la patología constructiva no estructural.	102
3.1.6.	Dosificación.	103
3.1.6.1.	Aplicación procedimiento fotográfico.	104
3.1.7.	Evaluación y seguimiento luego de 6 meses.	109
COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....		111
CONCLUSIONES.....		112
RECOMENDACIONES.....		113
BIBLIOGRAFÍA.....		114
ANEXO.....		116

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Clasificación de los morteros para mampostería simple	16
Tabla 2:	Usos de los morteros de cemento	17
Tabla 3:	Fluidez recomendada del mortero	19
Tabla 4:	Características de los compuestos del cemento.....	20
Tabla 5:	Características de los compuestos del cemento.....	23
Tabla 6:	Causas de la patología constructiva	38
Tabla 7:	Descripción tipos de grietas.....	46
Tabla 8:	Tipos de lesiones.....	51
Tabla 9:	Tipos de causas	53
Tabla 10:	Tipos de causas	57
Tabla 11:	Clasificación de los materiales compuestos.....	58
Tabla 12:	Esquema de un laminado de un material compuesto	60
Tabla 13:	Ensayo granulométrico del árido fino.....	63
Tabla 14:	Muestra retenida en el tamiz	64
Tabla 15:	Resultados corregidos muestras retenidas en el tamiz.....	65
Tabla 16:	Granulometría, proceso fotográfico	67
Tabla 17:	Densidad y absorción de agua	68

Tabla 18: Datos de absorción y densidad del agua	69
Tabla 19: Resultados ensayo densidad y absorción de agua	70
Tabla 20: Procedimiento fotográfico densidad y absorción de agua	71
Tabla 21: Resistencia a la compresión del mortero en probetas de 50 mm	72
Tabla 22: Procedimiento fotográfico densidad y absorción de agua	74
Tabla 23: Determinación del tiempo de fraguado del yeso	76
Tabla 24: Procedimiento fotográfico densidad y absorción de agua	79
Tabla 25: Determinación de la resistencia a flexión, probeta (yeso + cal + fibra de sisal)....	80
Tabla 26: Procedimiento fotográfico densidad y absorción de agua	83
Tabla 27: Determinación de la resistencia a compresión.....	84
Tabla 28: Procedimiento fotográfico resistencia a la compresión	86
Tabla 29: Determinación de capilaridad en la probeta.....	87
Tabla 30: Procedimiento fotográfico ensayo de capilaridad.....	89
Tabla 31: Determinación de la porosidad	90
Tabla 32: Procedimiento fotográfico ensayo de porosidad	93
Tabla 33: Determinación a la resistencia al hinchamiento	94
Tabla 34: Procedimiento fotográfico ensayo a la resistencia al hinchamiento	96
Tabla 35: Probetas que cumplen las exigencias de la norma	99
Tabla 36: Análisis económico.....	100
Tabla 37: Comparación de costos y beneficios	101
Tabla 38: Dosificación mortero de revestimiento	103
Tabla 39: Estado actual.....	104
Tabla 40: Procedimiento, intervención	105
Tabla 41: Evaluación y seguimiento luego de 6 meses	109
Tabla 42: Modulo de rotura	116
Tabla 43: Ensayo a flexión	118
Tabla 44: Pruebas.....	121

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Evolución del mortero	12
Figura 2: Tipos de morteros.....	15
Figura 3: Medición y control de la evolución de una grieta.....	36
Figura 4: Tipos de patología	37

Figura 5:	Presentación de las lesiones	42
Figura 6:	Lesión física, humedad.....	43
Figura 7:	Lesión física, suciedad	44
Figura 8:	Lesión física, erosión	44
Figura 9:	Lesión mecánica, grietas	45
Figura 10:	Lesión mecánicas, fisuras	47
Figura 11:	Lesión mecánica, desprendimiento.....	47
Figura 12:	Lesión química, eflorescencias	48
Figura 13:	Lesión química, oxidaciones.....	49
Figura 14:	Lesión química, organismos vivos	50
Figura 15:	Obtención de la fibra de sisal.....	54
Figura 16:	Cortes microscópicos de la fibra de sisal	55
Figura 17:	Efecto del tratamiento de la fibra de sisal	56
Figura 18:	Efecto del tratamiento de la fibra de sisal	59
Figura 19:	Ensayo granulométrico árido fino.....	64
Figura 20:	Resultado tiempo de fraguado del yeso.....	77
Figura 21:	Resultado del ensayo de la resistencia a flexión.....	81
Figura 22:	Resultado del ensayo de capilaridad	88
Figura 23:	Resultado del ensayo de porosidad.....	91

RESUMEN

La contaminación del medio, está acabando con todo ser vivo, debido a la presencia de agentes físicos, químicos o biológicos. A medida que aumenta el poder del hombre sobre la naturaleza y aparecen nuevas necesidades como consecuencia de la vida en sociedad, el medio ambiente que lo rodea se deteriora cada vez más. El arte y la ciencia que se engloba en la Arquitectura son para disminuir la mayor parte de estas alteraciones, a través del diseño arquitectónico, la utilización de materiales y las técnicas constructivas de una manera sostenible.

La necesidad de generar un mortero de revestimiento compuesto de fibra de sisal que cumpla con los requerimientos básicos y llegar a formar parte de una solución para poder habitar de mejor manera y así exponer un modelo basado en el respeto al medio ambiente con el eje común de minimizar el impacto ambiental, analizar las propiedades y características físicas de los materiales ya que estos son muy flexibles, es decir que pueden reconfigurarse “repararse y sustituirse, alargando al máximo su ciclo de vida”, de forma continua, de fácil manipulación y así no generar un impacto en el medio. La propuesta de mortero de revestimiento pretende eliminar la presencia de patología no estructural en mampostería, cumpliendo a cabalidad los requerimientos y exigencias de la Norma INEN.

PALABRAS CLAVES: mortero, revestimiento, yeso, fibra de sisal, mampostería.

ABSTRACT

The contamination of the environment, is ending with all living being, due to the presence of physical, chemical or biological agents. As man's power over nature increases and new needs arise as a result of life in society, the surrounding environment deteriorates more and more. The art and science that is included in the Architecture are to diminish most of these alterations, through the architectural design, the use of materials and the constructive techniques of a sustainable way.

The need to generate a coating mortar composed of sisal fiber that meets the basic requirements and become part of a solution to be able to inhabit better and thus expose a model based on respect for the environment with the common axis of Minimize the environmental impact, analyze the properties and physical characteristics of the materials since they are very flexible, that is to say that they can be reconfigured "to repair and to replace, extending to the maximum its life cycle", of continuous form, of easy manipulation and thus Generate an impact on the environment. The coating mortar proposal aims to eliminate the presence of non-structural masonry pathology, fully complying with the requirements and requirements of the INEN Standard.

KEYWORDS: mortar, siding, plaster, sisal fiber, masonry.

INTRODUCCIÓN

El impetuoso desarrollo de construir y de edificar genera un gran impacto en el medio ambiente. Es por eso que a través de esta investigación pretendemos minimizar el daño en lo posible, tratando de generar un desarrollo sostenible que no acabe con los recursos sino que sea productor y regulador. Para así conseguir un hábitat saludable y en armonía. Es decir, la forma de construir que favorece los procesos evolutivos de todo ser vivo, garantizando el equilibrio y la sustentabilidad de las generaciones futuras, utilizando materiales de bajo impacto ambiental o ecológicos, reciclados o extraíbles mediante procesos sencillos y de bajo costo como, por ejemplo, materiales de origen vegetal y que sean compatibles.

Este es un compromiso que nos lleva a entender la responsabilidad que tenemos como diseñadores, planificadores y constructores de preservar nuestra “identidad” respetando el medio ambiente.

La investigación tiene capítulos definidos y que se han cumplido a cabalidad, como son: análisis, valoración y propuesta, aplicación y experimentación del mortero de revestimiento.

CAPITULO I.- Corresponde al análisis exhaustivo, correspondiente a antecedentes históricos, conceptos explícitos e implícitos, conceptualización específica y relaciones de teorías, la función de un mortero de revestimiento, características y propiedades de los materiales, la normativa a utilizar y su relación con el medio, el ser humano y la arquitectura. Conjuntamente con el desglose minucioso de la “Patología Constructiva No Estructural en Mampostería de Ladrillo”, su origen, los tipos, sus causas y rehabilitación del revoque en la mampostería o área afectada. Así, cuando hablamos de calidad de obra, debemos considerar la técnica o sistema constructivo, acorde al medio, ya que esto es sinónimo de protección, durabilidad y calidad.

CAPITULO II.- Corresponde a la valoración y propuesta, en la que se elaboran pruebas, ensayos técnicos y calificados de laboratorio, para determinar las propiedades de los materiales, para lograr el “Mortero de revestimiento compuesto de fibra de sisal para sanear la presencia de patología no estructural en mampostería”, logrando una óptima dosificación de materiales para plantear

soluciones que engloben aspectos y técnicas constructivas de calidad para el confort del ser humano.

CAPITULO III.- Corresponde a la aplicación y experimentación, en la que los materiales, la dosificación, la elaboración y los resultados que cumplieron las exigencias de la norma, pasan a formar parte de una vivienda familiar que presentaba un cuadro crítico de patologías y que con la intervención ahora gozan de un espacio sano y confortable. Esta intervención fue evaluada durante dos meses y su comportamiento, función y objetivo se cumple.

En general la presente investigación abarca temas concernientes al estudio de “Mortero” y de la “Patología en la Construcción”, en la utilización de la fibra de sisal y materiales naturales, para su aplicación en construcción, donde se analizan sus características, su comportamiento, sus ventajas y desventajas y así crear una solución factible para la sociedad, de tal forma de evitar la presencia de estos fenómenos y tomar acciones de corrección y prevención, para que la edificación pueda cumplir su función y forma.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El mortero de revestimiento o “revoque” en mampostería de ladrillo está expuesto a factores ambientales y a los agentes contaminantes, lo que ocasiona problemas al material sobre el que está adherido, que en definitiva van a intentar modificar su conformación mecánica, física y hasta química. Una edificación que cumpla con las normas y técnicas, los procesos, los sistemas constructivos y la mano de obra calificada, no debe presentar anomalías durante su vida útil.

“No obstante, enfocaremos una problemática muy común y conocida, siendo una cuestión cotidiana ver como las construcciones se deterioran, escuchar que las reparaciones no tienen durabilidad, o lo que es peor, no solucionan el problema” (Granada, 2009, pág. 5). Cuando no se ha entendido así, es cuando se producen las patologías que solemos muy frecuentemente observar, “como por ejemplo: el descascaramiento de las pinturas, los revoques que se disgregan, la mampostería húmeda y manchada, terrazas que transmiten humedad en cielorraso y paredes, juntas constructivas, fisuras y grietas en mampostería y estructura” (Florentín, 2009, pág. 6).

Hasta aquí se han esbozado razones y rasgos generales por lo que se estudia la presencia de patología en mampostería, de tal forma que de estos problemas surge el análisis, la valoración y la experimentación buscando y conjugando las propiedades de la fibra natural “sisal”, yeso y cal, para obtener así un mortero como alternativa para sanear la presencia de patología no estructural en mampostería, el mismo que se calificara como optimo en cuanto a resultados, que brinden confort, calidad, estética y durabilidad etc.

JUSTIFICACIÓN

Aportar con soluciones ante la presencia de la patología constructiva no estructural en mampostería, al momento de corregir, prevenir y evitar estas falencias que se presentan en las edificaciones. La mayoría de las consultas por patología están relacionadas con solucionar problemas constructivos, referidos a filtraciones de agua, rajaduras, fallas de revestimientos, fisuras, grietas y desprendimientos.

Investigar y conocer sobre los procesos constructivos, la conjugación de óptimos materiales naturales, el análisis y aplicación de sus especificaciones técnicas, los parámetros de diseño, el planeamiento de la obra, el respeto de los tiempos constructivos y el control de calidad serán puntos claves a seguir para prevenir la aparición de esta patología y demás anomalías que se puedan presentar.

“Es un error pensar sólo en los vehículos como contaminantes, ya que los edificios consumen entre el 20 y el 50% de los recursos físicos según su entorno. La actividad constructora es gran consumidora de recursos naturales”. (Mata, 2010, pág. 15).

Las ventajas de utilizar este tipo de materiales radica en varios factores como los costos versus la calidad que alcanzan, favoreciendo en lo económico y la calidad indudable que tiene lo natural. Su calidad es muy alta en comparación con sus imitaciones sintéticas, todos hemos palpado con nuestros sentidos las imitaciones (en ocasiones muy buenas) de materiales hechos con recursos naturales pero lo natural es lo natural.

Las características de estos materiales naturales son:

- Larga duración
- Materiales de bajo costo
- Proviene de fuentes abundantes y renovables

“Su característica principal, no generan procesos de producción y destrucción, no consume energía y lo esencial que no contaminan”. (Alderton, 2001, pág. 6).

OBJETIVOS

GENERAL.-

- Generar un mortero de revestimiento a base de fibra de sisal, aplicable en mampostería de ladrillo para evitar fisuramiento.

ESPECÍFICOS.-

- Definir conceptos de mortero de revestimiento, patología no estructural y las características de la fibra de sisal que otorgue sostenibilidad al proyecto.
- Desarrollar un mortero de revestimiento, a través de probetas de laboratorio para determinar sus propiedades físicas y mecánicas.
- Aplicar y experimentar el mortero de revestimiento en una vivienda unifamiliar.

HIPÓTESIS

A través del desarrollo de un mortero de revestimiento mejorado a base de fibra de sisal y sustentado con el cumplimiento de las normas, se puede alcanzar un elemento de propiedades físicas y mecánicas óptimas que brinden estabilidad y durabilidad.

METODOLOGÍA

La importancia que radica en esta intervención es un proceso metodológico que inicia del conocimiento teórico del tema, basado en un método científico deductivo – analítico – técnico – práctico, que permite identificar, clasificar y proponer soluciones de calidad y durabilidad a los problemas de patología constructiva no estructural en mampostería.

El método analítico permite el estudio individual de lo que es un mortero de revestimiento, características de la fibra de sisal y el estudio de la patología constructiva para poder interpretar su origen, tipos, causas, comportamiento y poder actuar de manera óptima para la corrección de los mismos. Apoyados con el manejo de herramientas como la observación, entrevista, recopilación de datos, revisión bibliográfica, referentes, etc. El método analítico en resumen, ordena descomponer los problemas en partes, para estudiarlo, comprender su naturaleza y proporcionar soluciones técnicas.

Finalmente, el método técnico – práctico permitirá proponer, aplicar y experimentar con el mortero de revestimiento mejorado para evitar la presencia de patología no estructural en mampostería, a base de fibra de sisal y aglomerante natural, un sistema innovador, con tecnología moderna y sobre todo respetando los tiempos y las propiedades de los materiales a emplear.

CAPITULO I.- MARCO TEÓRICO Y REFERENCIAL

1.1. Mortero

1.1.1. Antecedentes históricos.

Instituto universitario de ciencias de la construcción (IUCC, 2002) afirma que:

La cal como ligante y el mortero de cal se mencionan ya en la Biblia (Deuteronomio 5-27,2), El descubrimiento de las propiedades ligantes de la cal es tema de especulación.

Algunos autores (Furlan, 1975) renuncian a datar los primeros morteros de cal, mientras que otros (Malinowski, 1991) lo sitúan muy al comienzo de la Historia del hombre, cuando éste empezó a usar el fuego para calentarse en cuevas de rocas calizas o cuando se preparaba la comida en hogares contruidos de dicho material. La caliza calcinada se apagaba en contacto con la humedad o la lluvia, y el polvo resultante tenía propiedades ligantes de materiales.

Una de las primeras aplicaciones de la cal apagada fue como tinte en pinturas en cuevas. En Turquía, en la villa neolítica de Çatal Hüyük (6000 a de C) el "enyesado" que recubre suelos y muros, y que sirve de soporte a pinturas y al modelado de animales en los templos, es una arcilla blanca autóctona aplicada tal cual, (...).

El uso de morteros sólo de cal tiene su primer empleo conocido en la Máscara de Jericó, una calavera cubierta con un emplasto de cal pulido, que data del año 7000 a de C. Estas excavaciones en Jericó, la más antigua ciudad neolítica fortificada conocida, supuso una revolución en las ideas que sobre este período se tenían. Se han encontrado casas contruidas con ladrillos, y con suelos hechos de un mortero de cal con superficies pulidas (llamadas "enlucidos" o "emplastes" por los arqueólogos).

Los egipcios fueron los primeros en utilizar el yeso para el mampostado de los bloques de la pirámide de Keops (hacia 2600 a de C). El uso de mortero de yeso queda casi exclusivamente limitado en la Antigüedad, a los morteros egipcios (Martinet, 1992; Ragai, 1988; Ragai, 1987; Ragai, 1987; Ragai, 1989; Ghorab, 1986). En lo referente a los enlucidos, en el Antiguo Egipto la capa de yeso era imprescindible para realizar sobre ella la decoración pictórica religiosa, puesto que, a diferencia de la caliza, sobre el gres, el material más frecuentemente empleado, no podía efectuarse sin un enlucido previo, dada la fuerte macroporosidad del soporte.

Puede afirmarse que el empleo de la cal como ligante tiene su origen en el período neolítico y que el uso del mortero de cal propiamente dicho corresponde a los griegos y romanos. Las excavaciones realizadas atestiguan que los constructores griegos conocían

los ligantes artificiales desde épocas muy remotas, lo que corrobora la hipótesis del origen neolítico del mortero de cal. Sin embargo, la utilización del mortero de cal en Grecia para la construcción de muros es muy posterior, finales del siglo II o principio del siglo I a de C (casas de Délos y de Théra).

De forma general, los morteros helénicos están hechos a base de cal y arena fina; los estucos de cal, yeso y polvo de mármol. Pero, según las necesidades, se añadían aditivos para hacer el mortero más duro y estable.

Son los romanos los herederos de la tecnología de construcción griega, y más concretamente del empleo del mortero de cal. Ya se ha señalado previamente que los romanos aplicaron la antigua técnica griega del pulimentado del mismo en sus construcciones para la conducción de agua, (...).

Los romanos también heredaron de los griegos la técnica de añadir a la mezcla diversas sustancias que favorecían las características del mortero. Por ejemplo, con frecuencia se añadía lava ligera como agregado, como lo demuestran los morteros hallados en el Foro Romano en Ostia, en Pompeya y Herculano. Se puede señalar, por tanto, que la civilización romana mejoró los procedimientos de fabricación de la cal y las técnicas de aplicación de su mortero.

Habida cuenta de las investigaciones realizadas sobre los morteros de la Edad Media, puede indicarse que en este período no hubo ningún progreso técnico notable. Hay un acontecimiento histórico previo de gran importancia en el posterior devenir de las técnicas de construcción, la caída del Imperio Romano. Desde entonces los morteros varían también mucho de un lugar a otro, de una época a otra, incluso entre diversos edificios contemporáneos.

Los morteros medievales en Francia, en los siglos IX, X y XI, son, generalmente, de calidad muy mediocre, a pesar de la presencia, a veces, de tejo. Hay que señalar que el tejo puede desempeñar dos funciones bien distintas. Por su naturaleza porosa, los pequeños fragmentos de tierra cocida hacen a los morteros más permeables al aire y así permiten una mejor carbonatación de la cal, (...).

Hacia 1812, Vicat estudia las mezclas de calizas puras y de arcillas, y demuestra definitivamente que las propiedades hidráulicas dependen de los compuestos que se forman durante la cocción entre la cal y los constituyentes de la arcilla. Los primeros ligantes así fabricados tenían muy a menudo las características de los cementos rápidos actuales.

En 1811, James Frost patenta un cemento artificial obtenido por calcinación lenta de caliza molida y arcilla, anticipándose al proceso que después llevó al establecimiento de algunos cementos hidráulicos “artificiales”, el más famoso de los cuales se conoce como “Portland”, por su supuesta apariencia y similitud con la roca caliza del mismo nombre.

Joseph Apsdin, un albañil de Wakefield, patenta en 1824 un cemento “tan duro como la piedra Portland”. Este es el origen del primer tipo de cemento Portland. Los cementos producidos a partir de 1850 lo fueron con métodos modernos, moliendo la cal y la arcilla en un molino húmedo y calcinando la mezcla a temperaturas entre 1300° y 1500° C. La caliza se convierte así en cal viva, que se une químicamente con la arcilla formando un clinker de cemento Portland. Desde el final del siglo XIX, los principios generales de la fabricación del cemento Portland no han cambiado apenas. Sin embargo, se ha asistido a una evolución técnica y científica muy importante, que ha llevado a la preparación de ligantes aplicables a situaciones muy específicas, que han abierto un enorme campo en la investigación de estos materiales.

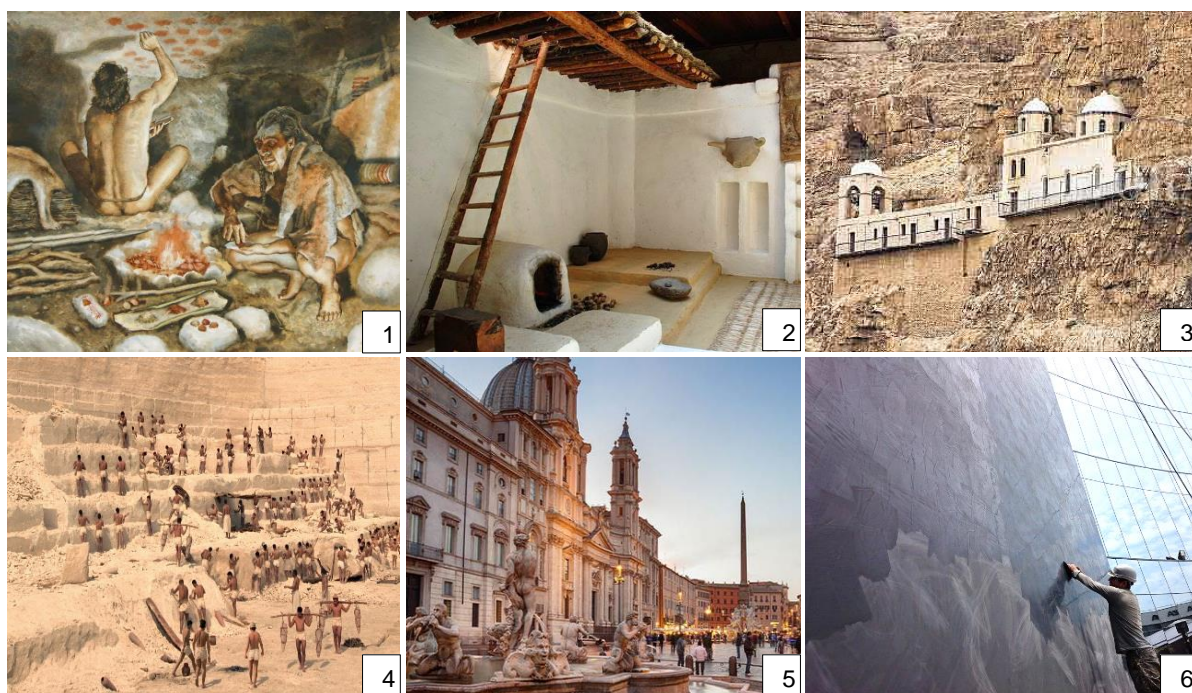


Figura 1: Evolución del mortero

1. El fuego y su aporte a la evolución de la humanidad.
2. Turquía, en la villa neolítica de Çatal Hüyük.
3. Jericó, la más antigua ciudad neolítica.
4. Los egipcios, los primeros en utilizar el yeso para la pirámide de Keops.
5. Los romanos los herederos de la tecnología de construcción griega.
6. Desde el final del siglo XIX, los principios generales de la fabricación del cemento Portland.

Fuente: Disponible en <http://www.unav.es/ha/008-TIPO/008-TIPO.html>

Elaboración: Quituisaca G. 2016

1.1.2. Introducción.

Por el término revestimiento entendemos que es el material de construcción que se aplica o sitúa sobre la superficie externa de otro elemento o sistema constructivo, con el fin de cubrirlo por razones funcionales o simplemente estéticas. Es precisamente dentro del ámbito de los revestimientos donde los morteros de cemento encuentran uno de los usos comúnmente más extendidos.

Tradicionalmente dos funciones primordiales caracterizan desde los orígenes constructivos la utilización de estos revestimientos: la protección de la fachada de los agentes externos y su acabado de acuerdo a su textura, color, despiece, etc.

Aunque los revestimientos de mortero constituyen un sistema tradicional profundamente elaborado a lo largo de siglos, gozan de un gran auge en la construcción actual. Suman a su elección final del acabado de las obras de nueva planta, el creciente desarrollo de las obras de rehabilitación y en particular, de restauración de fachadas.

La denominación de los tipos de revestimiento de mortero es muy extensa y heterogénea. Puede atender a los componentes del mortero, a su posición respecto al soporte, a la textura o relieve de su superficie o a la terminología local, etc.

Se habla con frecuencia de enfoscados, enlucidos, guarnecidos, revocos o revoques, etc. sin ser aceptada una frontera precisa entre estas acepciones y variable según la tradición local. La Norma de referencia de estos materiales UNE EN 998-1:2004, Morteros para albañilería: Morteros para revoco exterior y enlucido interior, no aclara este aspecto, opta por asociar los términos revoco y enlucido a la posición relativa del revestimiento.

La norma abarca una profunda revisión y marca la transición hacia los nuevos morteros de revestimiento ya que introduce un sistema de designaciones novedoso y eleva unas exigencias más consecuentes con la función de estos materiales. Morteros de Revestimiento aborda una de las aplicaciones más extendidas de este material en la construcción tradicional y actual. La guía parte de las propiedades más relevantes de este tipo de morteros para examinar las solicitaciones a que, comúnmente, se ven sometidos.

Se denomina mortero, en el aspecto más general a la mezcla natural o artificial de elementos cuyas características constructivas fundamentales sea inicialmente su plasticidad, que permite cierta trabajabilidad y moldeado según el requerimiento, y que posteriormente evidencie ganancia de elasticidad mientras endurece, acción que proporcionará un grado de resistencia mecánica(compresión), factores que lo hacen útil como material de construcción.

1.1.3. Definición.

El mortero es una mezcla homogénea de un material cementante (cemento), un material de relleno (agregado fino o arena), agua y eventualmente aditivos, que al endurecerse forma un todo compacto y después de cierto tiempo es capaz de soportar grandes esfuerzos de compresión. (Sánchez, 2001, pág. 22)

Cemento para mampostería. Utilizado principalmente en construcción con mampostería, que consiste en una mezcla de cemento portland o cemento hidráulico compuesto con materiales plastificantes (tales como piedra caliza o cal hidráulica o cal hidratada) junto con la inclusión de otros materiales para incrementar una o más propiedades, tales como: tiempo de fraguado, trabajabilidad, retención de agua y durabilidad. (INEN, 2012, pág. 1)

1.1.4. Tipos de mortero.

Los morteros se clasifican en:

Mortero Aéreo.- Se caracterizan por endurecer, debido a la presencia de aire, al perder agua por secado y fraguan lentamente gracias a la carbonatación.

Mortero hidráulico.- Se caracterizan por endurecen bajo el agua, ya que su estructura permite que generen resistencias iniciales altas.

Según los materiales que forman su estructura, pueden ser:

Morteros calcáreos.- Se caracterizan por estar formados de cal, que esta actúa como un aglomerante y se clasifican según su origen en aéreos e hidráulicos.

La cal aérea estructurada por cal blanca y la cal gris, el árido fino tiene como finalidad impedir la presencia de grietas debido a las contracciones del mortero, en el momento que va perdiendo agua en el amasado. Este árido fino se caracteriza por poseer partículas angulares, mientras más uniformes sean, la calidad será superior y libre de materia orgánica que pueda llegar a presentar anomalías en su funcionalidad.

La mezcla entre cal y arena más utilizada para morteros de revestimiento se compone de una parte de cal y dos de arena 1 – 2, en cambio para la aplicación en un a mampostería simple se compone de una parte de cal y tres de arena 1 – 3, en ocasiones especiales se utilizara cuatro partes de arena 1 – 4.

No es recomendable cambiar o modificar esta dosificación ya que el mortero estará expuesto a varias anomalías, como por ejemplo: pérdida de resistencia, de ductilidad y trabajabilidad.

Morteros de yeso.- Se caracterizan por estar estructurada con yeso hidratado más agua, la cantidad de agua será variable según el grado de cocción. La calidad y la finura del yeso se utiliza en las siguientes proporciones: 50% para obras en general, 60% para estucos y 70% para moldes. Debemos tomar precauciones cuando se trabaja con yeso, ya que entre sus propiedades tenemos el tiempo de fraguado que es corto, por lo que es importante realizar una manipulación rápida pero técnica.

Morteros de cal y cemento.- Se caracterizan por ser de gran trabajabilidad, por su capacidad para retener líquidos y por su alto índice a la resistencia, obviamente son superiores a los morteros de cal. Las dosificaciones que más se utilizan son 1 – 2 – 6 y 1 – 2 – 10 en este orden: cemento, cal, arena y el agua adecuada según su composición, consistencia y finalidad.

Si en el mortero de revestimiento se coloca un porcentaje alto de cal, esta se caracterizara por ser de menor resistencia, será mayor el tiempo de amasado y colocación, obviamente es más plástico y permeable, pero tendrá mayor retracción.

Si en el mortero de revestimiento el porcentaje de arena es alto, la resistencia disminuirá y será poco trabajable, pero tendrá poca retracción.

La clasificación de los morteros obedece a las características específicas de resistencia a la compresión. La norma ASTM-270, la cual clasifica los morteros de pega por propiedades mecánicas y por dosificación.



Figura 2: Tipos de morteros
1. Morteros calcáreos.
2. Morteros de yeso.
3. Morteros de cal y cemento.

Fuente: Disponible en http://www.construmatica.com/construpedia/Mortero_de_Cemento
Elaboración: Quituisaca G. 2016

Tabla 1: Clasificación de los morteros para mampostería simple

TIPO DE MORTERO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN			CEMENTO PORTLAND	CEMENTO ALBAÑILERÍA	CAL	AGREGADO FINO SUELTO
	(Mpa)	(Kg/cm ²)	(P.S.I.)				
M	17.2	175	2500	1	1	0.25	Entre 2.25 y 3 veces la suma de cemento y cal utilizado
				1	-		
S	12.4	126	1800	0.5	1	0.25	
				1	-	0.50	
N	5.2	53	750	-	1	0.5	
				1	-	1.25	
O	2.4	25	350	-	1	1.25	
				1	-	2.50	
K	0.5	5	75	1	-	2.50	
						4.00	

Fuente: Norma ASTM – 270

Elaboración: Quituisaca G. 2016

Mortero de cemento.- Este tipo de mortero es el más utilizado y está estructurado de arena, cemento portland, se caracteriza por tener altas resistencias y su trabajabilidad es variable, según la dosificación de cemento y arena que se empleen. Es hidráulico y debe estructurarse con el menor tiempo posible entra la etapa de amasado y la colocación, es aconsejable mezclarlo en obra, primero cemento - arena y luego adicionar agua según la necesidad.

Es óptimo rescatar que las propiedades del árido fino como la granulometría, el módulo de finura, su forma y su textura de las partículas, serán las que definan la compresión y la calidad del mortero. Su aplicación es óptima para enlucir y revestir paredes, masillar pisos, pegar bloques y fundir dinteles. La trabajabilidad es su mayor característica ya que hay como moldear en distintas formas y se lo puede presentare con distintos acabados como el escobillado, el champeado y el paleteado, tomando en cuenta que para cada finalidad debemos respetar la dosificación óptima.

1.1.5. Usos del mortero.

Los morteros se clasifican en:

Morteros con resistencia suficiente y por lo tanto pueden soportar cargas a compresión, como sucede en la mampostería estructural.

Morteros que mantienen unidos los elementos en la posición deseada, como es el mortero de pega.

Morteros que proveen una superficie lisa y uniforme, estos son los morteros de revestimiento y revoque.

Morteros que sirvan para rellenar, juntas entre diferentes elementos constructivos.

Tabla 2: Usos de los morteros de cemento

MORTERO	USOS
1:1	Mortero de calidad destinado a impermeabilización y rellenos
1:2	Para impermeabilización y pañetes de tanques sub terráneos y rellenos
1:3	Impermeabilizaciones menores para pisos
1:4	Para colocar ladrillo en muros y baldosines para pañetes finos
1:5	Pañetes exteriores, pega para ladrillos y baldosines, pañetes y mampostería en general. Pañetes no muy finos
1:6 / 1:7	Pañetes interiores, pega para ladrillos y baldosines, pañetes y mampostería en general. Pañetes no muy finos
1:8 / 1:9	Pegas para construcciones que se van a demoler pronto. Estabilización de taludes en cimentaciones

Fuente: Norma ASTM – 270
Elaboración: Quituisaca G. 2016

La dosificación de morteros 1:1 a 1:3 se caracterizan por tener gran resistencia y se los realiza con arena limpia.

La dosificación de morteros 1:4 a 1:6 se los realiza con arena limpia o semilavada.

La dosificación de morteros 1:7 a 1:9 se los realiza con arena sucia, pues estos morteros tienen poca resistencia.

En general los morteros pueden tener una función estructural y pueden formar parte en construcción de elementos estructurales, en mampostería cuando su funcionalidad será para recubrimiento como pañetes, repellos, revestimientos o revoques.

Mortero de pega.- Este tipo de mortero está destinado a condiciones especiales del sistema y la técnica constructiva, además su resistencia es óptima ya que debe soportar esfuerzos de tensión y compresión.

Mortero de relleno.- Este tipo de mortero está destinado para llenar las celdas en los elementos empleados para la mampostería estructural ya que su resistencia es la adecuada.

Mortero de recubrimiento.- Este tipo de mortero está destinado al acabado de calidad, a la presentación y la de generar una superficie uniforme para luego aplicar pintura, no poseen una resistencia determinada, pero la plasticidad es una propiedad fundamental en este mortero.

1.1.6. Propiedades de los morteros en estado plástico.

Estos morteros tienen una función estructural y se los puede usar en la construcción de elementos estructurales, en mampostería los cuales están destinados al recubrimiento de pañetes, repellos, revestimientos o revoques.

Manejabilidad.- Es la facilidad de manipulación de la mezcla de los componentes, es decir de lo fácil de su trabajabilidad, va de la mano con la consistencia de la mezcla en cuanto a blanda o seca, tal como se encuentra en estado plástico, lo que depende de la proporción de arena, cemento, forma y del módulo de finura de la arena.

Retención de agua.- Es la propiedad del mortero para retener y mantener su plasticidad cuando queda en contacto con la superficie sobre la que se va a ser colocado, por ejemplo un ladrillo. Para mejorar la retención de agua se puede agregar cal o aumentar el contenido de finos en la arena, o emplear aditivos plastificantes o incorporadores de aire. La retención de agua influye en la velocidad de endurecimiento y en la resistencia final, pues un mortero que no retenga el agua no permite la hidratación del cemento.

Velocidad de endurecimiento.- Los tiempos de fraguado final e inicial de un mortero están entre 2 y 24 horas, depende de la composición de la mezcla y de las condiciones ambientales como el clima y la humedad.

Tabla 3: Fluidez recomendada del mortero

CONSISTENCIA	FLUIDEZ %	CONDICIÓN DE COLOCACIÓN	EJEMPLO DE TIPOS DE ESTRUCTURA	EJEMPLO DE SISTEMA DE COLOCACIÓN
Dura (seca)	80 – 100	Secciones sujetas a vibración	Reparaciones, recubrimiento de túneles, galerías, pantallas de cimentación, pisos	Proyección neumática, con vibradores de formaleta
Media (plástica)	100 – 120	Sin vibración	Pega de mampostería, baldosines, pañetes y revestimientos	Manual con palas y palustres
Fluida (húmeda)	120 – 150	Sin vibración	Pañetes, rellenos de mampostería estructural, morteros autonivelantes para pisos	Manual, bombeo, inyección

Fuente: Norma ASTM – 270
Elaboración: Quituisaca G. 2016

1.1.7. Propiedades de los morteros en estado endurecido.

Retracción.- Se debe principalmente a la retracción de la pasta de cemento y se ve aumentada cuando el mortero tiene altos contenidos de cemento. Para mejorar esta retracción y evitar agrietamientos es conveniente utilizar arenas con granos de textura rugosa.

Adherencia.- Es la capacidad de absorber, tensiones normales y tangenciales a la superficie que une el mortero y una estructura, es decir la capacidad de responder monólicamente con las piezas que une ante solicitudes de carga.

Resistencia.- Si el mortero es utilizado como pega, debe proporcionar una unión resistente. Si el mortero va a ser utilizado para soportar cargas altas y sucesos, tal es el caso de la mampostería estructural, que debe poseer alta resistencia a la compresión.

Durabilidad.- Al igual que en el concreto, la durabilidad se define como la resistencia que presenta el mortero ante agentes externos como: baja temperatura, penetración de agua, desgaste por abrasión y agentes corrosivos. Se puede catalogar a los morteros de alta resistencia a la compresión, como los que poseen gran durabilidad.

Apariencia.- El mortero después de fraguado juega un importante papel en las mamposterías de ladrillo a la vista, para lograr una buena apariencia es necesario aplicar morteros de buena plasticidad.

1.1.8. Propiedades físicas y mecánicas.

Las propiedades físicas y mecánicas del cemento permiten complementar las propiedades químicas y conocer algunos otros aspectos de su bondad como material cementante.

Tabla 4: Características de los compuestos del cemento

Propiedad	C3S	C2S	C3A	C4AF
RESISTENCIA	buena	buena	pobre	pobre
INTENSIDAD DE REACCIÓN	media	lenta	rápida	rápida
CALOR DESARROLLADO	medio	pequeño	grande	pequeño
RESISTENCIA A SULFATOS	buena	buena	pobre	media

Fuente: Tecnología del concreto y del cemento
Elaboración: Quituisaca G. 2016

Las propiedades dependen del estado en el cual se encuentre y son medidas que se pueden clasificar en ensayos sobre el cemento puro, sobre la pasta de cemento y sobre el mortero, los cuales determinan las propiedades físicas y mecánicas del cemento antes de ser utilizado.

1.1.9. Peso específico (densidad).

La densidad o peso específico del cemento es la relación existente entre la masa de una cantidad dada y el volumen absoluto de esa masa. Su valor varía muy poco y en un cemento portland normal cuando no hay adiciones distintas al yeso, suele estar

comprendida entre 3.10 y 3.15 g/cm³. En el caso de cementos con adiciones, desde luego es menor ya que el contenido de clinker por tonelada de cemento es menor y su valor puede estar comprendido entre 3.00 y 3.10 g/cm³, dependiendo del porcentaje de adiciones que tenga el cemento.

En realidad el peso específico del cemento no indica directamente la calidad del mismo, pero a partir de él se pueden deducir otras características cuando se analiza en conjunto con otras propiedades.

Pero su utilidad principal va de la mano con el diseño y el control de mezclas de concreto, debido a que estas se diseñan por peso, para un volumen unitario de concreto (generalmente 1m³). De manera que hay la necesidad de conocer el volumen que ocupa una masa determinada de cemento dentro de un metro cúbico de concreto, para lo que utilizaremos la ecuación:

$$Densidad = \frac{\text{Peso}}{\text{Volumen}}$$

1.1.10. Superficie específica (finura).

Una de las etapas del proceso de fabricación del cemento es la molienda del clinker con yeso. La finura de molido es una de las propiedades físicas más importantes del cemento, ya que está íntimamente ligada a su valor hidráulico.

Puesto que la hidratación de los granos de cemento ocurre desde la superficie hacia el interior, el área superficial total de las partículas de cemento constituye el material de hidratación.

El tamaño de los granos, o sea la finura del cemento, tiene una gran influencia sobre sus propiedades, especialmente sobre la velocidad de hidratación, desarrollo de calor, retracción y aumento de resistencia con la edad.

Sin embargo, un alto grado de finura representa un costo considerable debido a que aumenta el tiempo de molienda, además cuanto más fino sea un cemento, se deteriora con mayor rapidez por la exposición a la atmósfera.

Así también los cementos con granos muy gruesos se hidratan y endurecen muy lentamente y pueden producir exudación de agua por su escasa capacidad para retenerla, la

hidratación de estos granos de cemento es muy lenta y se estima que la velocidad de hidratación es del orden de 3.5 micras en 28 días, lo que significa que las partículas relativamente gruesas pueden durar varios años en hidratarse e inclusive no llegar a hidratarse nunca en forma total, quedando en su interior un núcleo anhídrido, lo cual daría un rendimiento pequeño del cemento.

1.1.11. Resistencia mecánica.

La Asociación de Fabricantes de Mortero (AFAM, 2005) afirma que:

La resistencia mecánica de los morteros destinados a revestimiento debe responder principalmente a las tensiones provocadas por pequeños movimientos diferenciales del soporte, tensiones generadas por cambios ambientales e impactos o agresiones externas.

Distinguimos dos tipos de resistencias relacionadas con las solicitaciones que deberá de soportar el mortero: compresión y tracción.

La resistencia a compresión nos proporciona una idea de la cohesión interna del mortero. Indica, así, su capacidad de soportar presiones sin disgregarse. La cohesión también se relaciona con el grado de estanqueidad que será capaz de alcanzar una vez dispuesto.

La resistencia a tracción nos proporciona información sobre la dificultad que oponen las partículas a separarse. Como en el resto de este tipo de materiales la resistencia a tracción es baja, por lo que debe asegurarse que el material no estará expuesto a estas solicitaciones.

Estas resistencias mecánicas de los morteros de revestimiento no deben ser superiores a la de los soportes. El mortero debe ser lo suficientemente flexible para acompañar leves movimientos del soporte por causas térmicas o estructurales. Una excesiva rigidez provocaría la aparición de fisuras o agrietamientos. La clasificación de los tipos de morteros según su resistencia, en la que muestran los diferentes criterios de designación de los morteros de revestimiento, de lo que se establecen cuatro grupos diferenciados por intervalos de resistencia:

Tabla 5: Características de los compuestos del cemento

CATEGORÍAS	VALORES
CS I	0,4 a 2,5 N/mm ²
CS II	1,5 a 5,0 N/mm ²
CS III	3,5 a 7,5 N/mm ²
CS IV	6 N/mm ²

Fuente: Norma EN-998-1:2003
Elaboración: Quituisaca G. 2016

Los morteros de clases CS I y CS II, se destinan a uso interior. Son morteros menos cohesionados, no adecuados para soportar cambios ambientales bruscos o extremos.

Los morteros de clase III y clase IV, son aptos para el uso exterior. Su dosificación rica en conglomerante facilita una masa mejor cohesionada y mayor respuesta a cambios ambientales.

1.1.12. Factores que influyen a la resistencia.

Los morteros de clase III y clase IV, son aptos para el uso exterior. Su dosificación rica en conglomerante facilita una masa mejor cohesionada y mayor respuesta a cambios ambientales.

Los factores que influyen de manera positiva en la resistencia del mortero son:

Una adecuada elección de los materiales, con una distribución granulométrica de la arena que permita la correcta cohesión de la masa del mortero.

Una utilización de aditivos que permiten disminuir la cantidad de agua necesaria y consiguientemente descender la relación A/C (agua/ cemento). Esto aportará un mayor valor de resistencia, además de mejorar la trabajabilidad. No obstante, la cantidad de agua debe ser suficiente para conseguir una pasta homogénea y trabajable. Un exceso de agua disminuye la resistencia, pero, por contra, su falta deriva en una hidratación incompleta del cemento y lógicamente en una menor resistencia.

Un amasado homogéneo del mortero que permita distribuir correctamente toda el agua sin dejar partes secas por mezclar. Una correcta preparación de la superficie del soporte donde se va aplicar el mortero: limpia y humedecida. Debe mantenerse un correcto curado mediante humectación del mortero hasta su fraguado.

Entre los factores que influyen de manera negativa en la resistencia del mortero, son:

La existencia de aditivos aireantes que mejoran el aspecto de los morteros, así como su manejo, pero a la vez debe valorarse que a mayor cantidad de aire incorporado en el mortero (aire ocluido) menor resistencia de éste.

La utilización de morteros con el tiempo de uso excedido.

La incorporación de agua al mortero transcurrido un tiempo desde su amasado.

1.1.13. Adherencia.

La adherencia es la capacidad del mortero de absorber tensiones normales o tangenciales a la superficie del soporte. Es, posiblemente, la principal propiedad que se debe exigir al mortero de enfoscado-revoco pues de ella depende la estabilidad del recubrimiento. Una adherencia correcta impedirá que el mortero se desprege del soporte como consecuencia de sus variaciones dimensionales. Dichas variaciones son consecuencia de la acción de los agentes externos a que se encuentran sometidos (lluvia, hielo, frío-calor, etc.) y que dan lugar a contracciones, dilataciones y movimientos del soporte. Igualmente deberá soportar los esfuerzos mecánicos y tensionales entre revestimiento y soporte. La adherencia es una propiedad tanto del mortero fresco como del endurecido: En el mortero fresco la adherencia se basa en las propiedades geológicas de la pasta de cemento.

Para comprobarlo basta con aplicar una capa de mortero entre dos piezas a unir y separarlas al cabo de unos minutos. Una buena adherencia del mortero se manifiesta al permanecer adherida pasta del mismo a la superficie de las dos piezas una vez separadas. En el mortero endurecido la adherencia depende fundamentalmente de la naturaleza de la superficie del soporte, de su porosidad y rugosidad, así como de la granulometría de la arena empleada.

Cuando se coloca mortero fresco sobre la superficie del soporte, parte del agua de amasado es absorbida por el mismo penetrando en su interior a través de sus poros. El fraguado del mortero ocasiona procesos físico-químicos en su interior, responsables del fenómeno de anclaje con el soporte.

En la ejecución de enfoscados deberá emplearse el mortero dentro del tiempo de utilización declarado por el fabricante. Incorporar agua para reamasar el mortero puede producir una disminución o reducción importante de la adherencia.

En cualquier caso deberá emplearse el mortero recomendado por el fabricante respetando las condiciones de uso referentes a la consistencia del mortero.

1.2. Conglomerantes

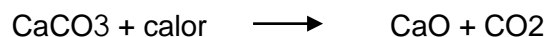
Los materiales conglomerantes, son aquellos que tienen la propiedad de unirse o adherirse a otros, utilizados en construcción para enlazar los materiales, generalmente pétreos y recubrirlos con enlucidos o revoques y formar pastas más o menos plásticas, llamadas morteros y hormigones, que permiten ser extendidas y moldeadas convenientemente, pasando luego a estado sólido.

Entendemos por conglomerante, un material capaz de unir fragmentos de una o varias sustancias y dar cohesión al conjunto por efecto de transformaciones químicas en su masa, que origina nuevos compuestos. Los conglomerantes utilizados en la fabricación de morteros son productos artificiales de naturaleza inorgánica y mineral. Se obtienen a partir de materias primas naturales y en su caso, de subproductos industriales. Se distinguen dos tipos:

1.2.1. Cal.

La cal utilizada en los morteros son aéreas o hidráulicas. Sus especificaciones están contempladas en la Norma UNE-EN 459-1.

La cal es el producto obtenido de la calcinación de piedras calizas



Cal Aérea.- La cal aérea hidratada (apagada) endurece únicamente con el aire. Esta cal, amasada con agua y expuesta a la acción del aire, primero fragua por cristalización del hidróxido cálcico y luego endurece al carbonatarse los cristales por acción del CO₂ atmosférico. El proceso es lento y el producto resultante poco resistente a la acción del agua.

Cal Hidráulica.- La cal hidráulica, amasadas con agua forman pastas que fraguan y endurecen a causa de las reacciones de hidrólisis e hidratación de sus constituyentes. El

proceso es más rápido que en el caso de la cal aérea y da lugar a productos hidratados, mecánicamente resistentes y estables, tanto al aire como bajo el agua.

1.2.1.1. Usos.

Tiene un amplio campo de utilización, los más importantes en construcción son el darle trabajabilidad a los morteros, nos centraremos en los usos de la cal ya que esta se usa para mejorar la plasticidad del mortero y aclarar su color.

Morteros.- Son destinados a unir varios elementos pequeños, para construir un elemento que forma parte de una obra con características propias. Durante la evaporación de líquidos en la pasta de cal, se produce una contracción fuerte, lo que genera la presencia de grietas, se puede utilizar arena para reducir este agrietamiento. Si se coloca mucha arena se disminuirá su plasticidad y su resistencia, si se coloca poca arena se obtendrá una retracción muy alta.

Revocos y enfoscados.- Son los revestimientos exteriores compuestos por cemento, cal, arena y agua, que se aplica en una o más capas, a un paramento enfoscado previamente. Para estos enfoscados se emplea el mortero de cemento, en algunos casos también se utiliza cal.

1.2.2. Yeso.

El yeso es un mineral que está constituido de sulfato cálcico hidratado. Su color característico es el blanco, de aspecto terroso o compacto y suele ser bastante blando como para ser rayado con la uña. Entre su mayor utilización tenemos para revestimiento que se destacan por la calidad de acabado desde el punto de vista de la habitabilidad, la durabilidad y la protección ante el fuego.

Se pueden considerar los revestimientos de yeso como elementos constructivos que colaboran eficazmente en el acondicionamiento térmico, higrotérmico, acústico y lumínico de los edificios.

En cuanto al coeficiente de conductividad térmica del yeso (medida indirecta de la resistencia térmica de un material, es decir a menor coeficiente mayor aislamiento térmico), comentar que varía dependiendo de la densidad y humedad de los revestimientos. Así en

productos ligeros de yeso celular se alcanzan valores que suponen un extraordinario poder de aislamiento térmico, mientras que en yesos más densos se obtienen valores que lo sitúan en un buen puesto con respecto a otros materiales.

1.2.2.1. Yesos normalizados.

Yeso negro (Y-12), tiene una riqueza del 60 de semihidrato. Se emplea en la ejecución de bóvedas, tabiques, enrasillados, guarnecidos y en unidades de obras donde el yeso no vaya a quedar visto. Tiene una resistencia a flexotracción de 12 Kp/cm².

Yeso blanco (Y-20), tiene un 75 de semihidrato y una resistencia a flexotracción de 20 Kp/cm², se utiliza para guarnecidos.

Yeso blanco (Y-25G), tiene un 30 de pureza y resistencia de 25 Kp/cm², se utiliza en prefabricados.

Yeso blanco (Y-25F), tiene un 80 de pureza y resistencia mecánica a flexotracción de 25 Kp/cm², se diferencia del Y-25G en la finura del molido siendo ésta más fina. Se emplea en enlucidos y prefabricados.

Escayola (E-30), tiene una pureza del 85 y una resistencia de 30 Kp/cm².

Escayola (E-35), tiene una pureza del 95 y su resistencia es de 35 Kp/cm², es el yeso blanco de la mejor calidad, se utiliza en decoración de interiores.

La pasta de yesos Y-12, Y-20 e Y-25 se confeccionará mezclando 850 Kg para las primeras y 810 Kg para el Y-25 para obtener un total de un metro cúbico de pasta.

Se verterá el agua en primer lugar en un recipiente manejable, espolvoreándose sobre el recipiente el yeso y luego se batirá la mezcla hasta conseguir una pasta homogénea. Con cada nuevo amasado se limpiarán con anterioridad todos los útiles

Guarnecido.-

Se utiliza yeso Y-12 y alcanzara un espesor máximo de 12 mm.

Tendido.-

Se utiliza yeso Y-20 y va recubierto con telas, fibras o corcho. El espesor del tendido será igualmente de 15 mm.

Enlucido.-

Se aplica una fina capa de yeso Y-25F sobre enfoscado o guarnecido siendo el último acabado de paredes. El espesor de la pasta deberá de ser de 3 mm.

1.2.2.2. Usos.

Algunos de los usos que se da al yeso en la construcción son los siguientes:

Aplanados.- Son trabajos que consisten en revestir tabiques o bloques de concreto con yeso.

Emboquillados.- Son trabajos que consisten en elaborar marcos de puertas y ventanas, este se lo desarrolla después del aplanado de muros, hay que tener en cuenta que requiere una técnica especial para formar perfectamente las esquinas.

Perfiles decorativos.- Son trabajos que consisten para formar la estructura de zócalos, marcos de ventanas y cornisas.

Tableros o paneles de yeso.- Son trabajos relativamente nuevos, esta aplicación consiste en un elemento constructivo a base de yeso, el cual va cubierto con vinil o cartón que funciones como protectores.

1.2.3. Cemento.

Son los conglomerantes hidráulicos más utilizados en la construcción debido a estar formados, por mezclas de caliza, arcilla y yeso que son materiales muy abundantes en la naturaleza. Su precio es relativamente bajo en comparación con otros materiales y tienen unas propiedades óptimas para las especificaciones que deben alcanzar.

La Asociación de Fabricantes de Mortero (AFAM, 2005) afirma que:

En los morteros mixtos se utiliza además la mezcla con cal. Las características de los cementos vienen reguladas por la instrucción de Recepción de Cementos RC-97 (en proyecto RC-03). Se distinguen cementos comunes (CEM), blancos (BL), resistentes a sulfatos (SR) o al agua del mar (MR). La selección y clasificación de los cementos se realiza

en función de la aplicación del mortero, si bien las mejores prestaciones y fiabilidad se obtienen en los morteros industriales frente a los elaborados in situ.

Existen cementos especiales para albañilería cuyas características y proporciones se definen en la Norma UNE-EN 413-1.

Cuando se mezcla un conglomerante hidráulico con una cantidad conveniente de agua, para obtener una consistencia normal, se forma inmediatamente una masa de carácter plástico, que es moldeable pero con el tiempo va aumentando su viscosidad y su temperatura. Durante unos 15 minutos, es posible conseguir una mayor fluidez mediante amasado mecánico. Presenta pues, un carácter tixotrópico¹.

Al cabo de un tiempo, que puede oscilar entre los 15 y los 120 minutos aproximadamente dependiendo del tipo de componentes empleados, la masa tiende a volverse rígida, dando lugar al Principio de Fraguado. Al tiempo que transcurre entre el contacto con el agua y el principio de fraguado se le denomina tiempo de fraguado inicial. Cuando se inicia el fraguado, el mortero debe estar colocado en obra, toda operación de reamasado, vertido, etc. es perjudicial para el correcto desarrollo de las propiedades del mortero. Desde el principio de fraguado la resistencia mecánica de la masa aumenta, debido a la formación de fases cristalinas insolubles, deshidratando parcialmente la masa, hasta llegar a ser completamente indeformable.

Este instante se conoce como Fin de Fraguado. El tiempo que transcurre entre el principio de fraguado y el final de fraguado es el período de fraguado, que puede durar entre 45 minutos y 10 horas, según los casos.

A partir del final del fraguado, se produce el período de endurecimiento (4 horas en adelante), fase donde existe un crecimiento exponencial de las resistencias mecánicas de la masa, debido a consolidación final mediante formación de fases cristalinas que rellenan los huecos y a la evaporación del agua sobrante.

A los 28 días, en condiciones normalizadas, se obtiene una resistencia a compresión que define el tipo de mortero. En la resistencia final es fundamental la incidencia de las condiciones ambientales y de aplicación, en especial el curado.

¹ Tixotrópico.- Es un fluido que tarda un tiempo finito en alcanzar una viscosidad de equilibrio cuando hay un cambio instantáneo en el ritmo de cizalla.

1.2.3.1. Clasificación del cemento portland.

El cemento portland al cambiar su composición química y sus propiedades físico-mecánicas, se pueden obtener características diferentes cuando se hidrata, dando lugar a diferentes tipos de cemento. Existen diferentes clasificaciones del cemento portland basadas en las normas ASTM, de las que se obtiene la siguiente clasificación y nomenclatura.

- Cemento portland tipo 1
Es el destinado a obras de hormigón en general, al que no se le exigen propiedades especiales.
- Cemento portland tipo 1-M
Es el destinado a obras de hormigón en general, al que no se le exigen propiedades especiales pero tiene resistencias superiores al tipo 1.
- Cemento portland tipo 2
Es el destinado en general a obras de hormigón expuestas a la acción moderada de sulfatos y a obras en donde se requiere moderado calor de hidratación.
- Cemento portland tipo 3
Es el que desarrolla altas resistencias iniciales.
- Cemento portland tipo 4
Es el que desarrolla bajo calor de hidratación.
- Cemento portland tipo 5
Es el que ofrece alta resistencia a la acción de los sulfatos.
- Cemento Portland blanco
Es el que se obtiene con materiales debidamente seleccionados que le confieren una coloración blanca.
- Cementos portland con incorporadores de aire
Son aquellos a los que se les adiciona un material incorporador de aire durante la pulverización.
- Cemento portland tipo 1-A
Es el cemento portland tipo 1 al cual se le adiciona un material incorporador de aire.
- Cemento portland tipo 1-MA
Es el cemento portland 1-M al cual se le adiciona un material incorporador de aire.
- Cemento portland tipo 2-A

Es el cemento portland tipo 2, de moderado calor de hidratación, al que se le adiciona un material incorporador de aire.

- Cemento portland tipo 3-A

Es el cemento portland tipo 3, al que se le adiciona un material incorporador de aire. (Sánchez, 2001, pág. 49)

A diferencia del yeso y la cal, raras veces se utiliza el cemento solo, amasado con agua y formando una pasta pura. Su uso propio es, en combinación de otros materiales, en la confección de conglomerados, especialmente morteros y concretos armados. Amasado con agua, el cemento fragua, y endurece tanto en el aire como sumergido en agua. Se trata, por consiguiente, de un conglomerante hidráulico por excelencia. Una primera división de las diferentes variedades de cemento se establece entre cementos naturales y cementos artificiales.

1.2.4. Áridos.

Los áridos que forman parte de morteros son materiales granulares inorgánicos de tamaño variable. Su naturaleza se define como inerte ya que por sí solos no deben actuar químicamente frente a los componentes del cemento o frente a agentes externos (aire, agua, hielo, etc.). Sin embargo, sí influyen de forma determinante en las propiedades físicas del mortero, al unirse a un conglomerante. En general, no son aceptables áridos que contengan sulfuros oxidables, silicatos inestables o componentes de hierro igualmente inestables. Según su procedencia y método de obtención, los áridos pueden clasificarse en:

Áridos naturales.- Son los procedentes de yacimientos minerales obtenidos sólo por procedimientos mecánicos. Están constituidos por dos grandes grupos:

- Áridos granulares.- Se obtienen básicamente de graveras que explotan depósitos granulares. Estos áridos se usan después de haber sufrido un lavado y clasificación. Tienen forma redondeada, con superficies lisas y sin aristas, y se les denomina áridos rodados. Son principalmente áridos de naturaleza silíceo.
- Áridos de machaqueo.- Se producen en canteras tras arrancar los materiales de los macizos rocosos y someterlos posteriormente a trituración, molienda y clasificación. Presentan superficies rugosas y aristas vivas. Son principalmente áridos de naturaleza caliza, aunque también pueden ser de naturaleza silíceo.

Áridos artificiales.- Están constituidos por subproductos o residuos de procesos industriales, resultantes de un proceso que comprende una modificación térmica u otras. Son las escorias siderúrgicas, cenizas volantes de la combustión del carbón, etc.

Áridos reciclados.- Resultan de un tratamiento del material inorgánico que se ha utilizado previamente en la construcción, por ejemplo, los procedentes del derribo de edificaciones, estructuras de firmes, etc.

Aunque las arenas no toman parte activa en el fraguado y endurecimiento del mortero, desempeñan un papel técnico muy importante en las características de este material, porque conforman la mayor parte del volumen total del mortero. Por ello, podríamos decir que la arena es la esencia del mortero. De ahí la importancia de conocer algunas de sus características tanto físicas como químicas. La arena o árido fino es el material que resulta de la desintegración natural de las rocas o se obtiene de la trituración de las mismas, cuyo tamaño es inferior a los 5mm. Para su uso se clasifican las arenas por su tamaño, a tal fin se les hace pasar por unos tamices que van reteniendo los granos más gruesos y dejan pasar los más finos.

Arena fina: es la que sus granos pasan por un tamiz de mallas de 1mm de diámetro y son retenidos por otro de 0.25mm.

Arena media: es aquella cuyos granos pasan por un tamiz de 2.5mm de diámetro y son retenidos por otro de 1mm.

Arena gruesa: es la que sus granos pasan por un tamiz de 5mm de diámetro y son retenidos por otro de 2.5mm.

Las arenas de granos gruesos dan, por lo general, morteros más resistentes que las finas, si bien tienen el inconveniente de necesitar mucha pasta de conglomerante para rellenar sus huecos y ser adherentes.

El amasado de los morteros se realiza removiendo y agitando los componentes de la mezcla las veces necesarias para conseguir su uniformidad. Esta operación se llama batir la mezcla.

1.2.4.1. Granulometría árido fino.

Tamaño del árido: Los áridos se dividen en arenas (árido fino) y gravas (árido grueso). La diferencia entre unos y otros está únicamente en su tamaño. Se denomina arena al material granular que pasa por un tamiz de 4 mm de luz de malla. Grava es el material granular que queda retenido en dicho tamiz.

Tamaño (d/D): Las arenas reciben una denominación nominal (d/D) en términos del menor (d) y del mayor (D) tamaño de los tamices, dentro de los cuales se encuentra la mayor parte del árido (por ejemplo: 0/2, 0/4, etc.).

Dentro de las arenas se pueden distinguir las arenas gruesas (2/4) y arenas finas (0,063/2). Se denomina fino o filler de árido, al que su porcentaje en masa que pasa por el tamiz 0,063 es mayor del 70%, según la UNE-EN 13139.

La composición de los distintos tamaños de las partículas que integran un árido se denomina granulometría.

Esta relación viene dada por la norma UNE-EN 933-2 que recoge una serie de tamices constituido por los siguientes pasos de malla:

0,063 – 0,125 – 0,250 – 0,500 – 1 – 2 – 4 mm

Los áridos estipulados para morteros según la designación d/D explicada son:

0/1 – 0/2 – 0/4 – 0/8 – 2/4 y 2/8

Esta designación admite alguna cantidad de partículas retenidas en el tamaño mayor (límite superior) o que atraviesan el tamiz menor (límite inferior). Los áridos marcan un límite inferior y un límite superior referido al porcentaje en peso que pasa por los tamices según la Norma UNE-EN 13139.

El fin último de la granulometría es conocer la curva granulométrica de la arena así como su módulo granulométrico.

Curva granulométrica.- Una vez realizado el tamizado de la muestra, los resultados obtenidos se representan en un gráfico donde en el eje vertical se colocan los porcentajes que pasan acumulados por cada tamiz y en el eje horizontal la abertura de los mismos. Con la representación gráfica de una arena se puede identificar rápidamente si ésta tiene exceso de fracciones gruesas o finas o la presencia de discontinuidades en la distribución por tamaños.

Módulo granulométrico.- Consiste en la suma de los porcentajes retenidos acumulados en los tamices de la serie UNE dividida por 100. El módulo granulométrico recibe el nombre también de módulo de finura.

Este módulo nos da idea del tamaño medio del árido empleado en un mortero. Pueden existir infinidad de áridos con el mismo módulo granulométrico, que tengan granulometrías totalmente diferentes. No obstante, resulta adecuado conocer su valor debido a que todas las mezclas de áridos que poseen el mismo módulo precisan la misma cantidad de agua para producir morteros de la misma trabajabilidad y resistencia. Esto es así siempre que empleen idéntica cantidad de cemento y de los restantes componentes del mortero, ya que, variaciones en el módulo de los áridos indican que ha habido alteraciones en los de una misma procedencia.

Finos.- Se entiende por finos la fracción granulométrica de una arena que pasa por el tamiz 0,063 mm. Pese a que los finos incorporan plasticidad al mortero, es conveniente controlar su contenido en el mismo, ya que un exceso de éstos puede provocar un aumento de la relación agua/cemento, con la consiguiente disminución de la resistencia mecánica de dicho mortero. Por otra parte, el exceso de finos puede favorecer a la aparición de fisuras por retracciones en el mortero.

Humedad.- Debe controlarse el grado de humedad de los áridos que van a emplearse en la fabricación del mortero, dado que el contenido de humedad existente en estos componentes puede alterar la relación agua/cemento prevista.

La granulometría idónea de un mortero depende de las exigencias que vayamos a requerir y de su aplicación específica. Obtenerla requiere, como hemos visto, precisión y control al suministrador lo que no siempre es fácil de aplicar en obra.

Los morteros secos, por su control en la recepción de componentes, vigilan el cumplimiento de las granulometrías exigidas y optimizan las composiciones granulométricas en función de los requisitos demandados en un proyecto, asegurando las prestaciones finales y mejorando la calidad de los resultados.

Existen un conjunto de propiedades químicas de los áridos que deben ser controladas en la fabricación del mortero. El contenido en cloruros, sulfatos o posibles reacciones álcali-árido pueden degradar la calidad final del material. La designación de los áridos adecuados para la fabricación de morteros viene dada por la Norma UNE-EN 13139.

1.2.5. Agua.

El agua utilizada, tanto en el amasado como durante el curado en obra, debe ser de naturaleza inocua, es decir que no hace daño de ningún tipo. No contendrá ningún agente en cantidades que alteren las propiedades del mortero, tales como sulfatos, cloruros, etc.

De lo contrario pueden derivarse, por ejemplo, eflorescencias si el contenido en sales solubles es elevado. O bien, en el caso de morteros armados, se cuidará especialmente que no porte sustancias que produzcan la corrosión de los aceros.

Actúa también en las reacciones de hidratación del cemento ya que brinda al hormigón la trabajabilidad necesaria para su puesta en obra y la cantidad de agua de amasado debe limitarse al mínimo necesario.

Agua de amasado.-

El agua tiene una densidad de 1 kg/m³

Cuando se excede la cantidad de agua esta se evapora y es aquí donde se originan los agrietamientos en el hormigón, disminuyendo notablemente su resistencia.

Cuando existe un déficit de agua se generan masas poco trabajables y de compleja manipulación en obra.

Cuando el litro de agua de amasado añadido de más a un hormigón equivale a una disminución de 2 kg de cemento.

Agua de curado.-

Durante el proceso de fraguado y primer endurecimiento del hormigón, tiene por objeto:

Evitar la desecación

Mejorar la hidratación del cemento

Impedir una retracción prematura

Aguas perjudiciales y aguas no perjudiciales.-

Un índice útil sobre la aptitud de un agua es su potabilidad.

Las excepciones se reducen casi exclusivamente a las aguas de alta montaña, debido a que su gran pureza les confiere carácter agresivo.

1.3. Patología constructiva

En el transcurso de la vida útil de las edificaciones, el ámbito constructivo va sufriendo deterioros de distinta gravedad, ya sean por el simple transcurrir del tiempo, como así también por otras causas.

“La patología en la construcción será el compendio de alteraciones más o menos graves, que se manifiestan en la totalidad o en una o varias partes de un edificio” (Elguero A. M., 2004, pág. 9). Es decir que se genera un desequilibrio entre la función deficiente que esa construcción está desempeñando y la instancia para la cual fue creada.

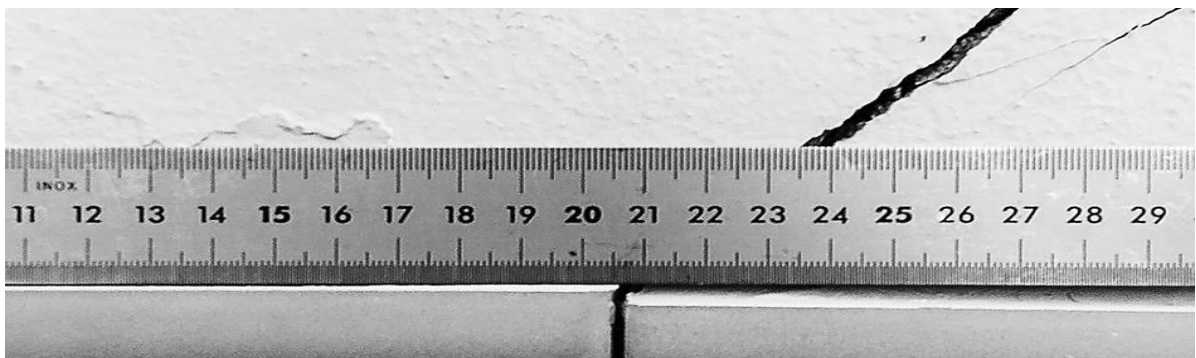


Figura 3: Medición y control de la evolución de una grieta

Fuente: Disponible en <http://www.patologiasconstruccion.net/>

Elaboración: Quituisaca G. 2016

1.3.1. Definición.

La patología en construcción es un claro ejemplo de un tema técnico de moda en el mundo de la edificación. En este caso, se ha sumado, además el hecho de ser un tema conceptual y terminológicamente, nos llega del mundo de la medicina cotidiana, del que a todos nos suena a su léxico, con lo que resulta relativamente fácil familiarizarse con él y utilizarlo, aunque sea metafóricamente, en el campo técnico y profesional de la edificación.

La *“patología constructiva”*, significa *“estudio de la enfermedad”*, y se origina del griego:

PATHOS = Enfermedad - LOGOS = Estudio o tratado

Debemos tomar en cuenta que el diccionario de la Real Academia de la Lengua, define la *“patología”* como:

“Parte de la medicina, que trata del estudio de las enfermedades”

El manual de prevención de fallos. Estanqueidad en fachadas afirma:

“La ciencia que estudia los problemas constructivos que aparecen en el edificio o en alguna de sus unidades, después de su ejecución”

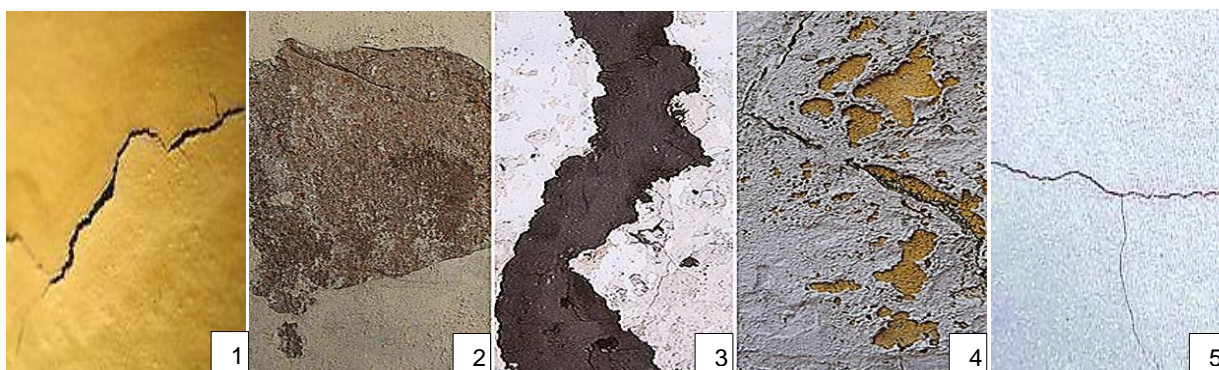


Figura 4: Tipos de patología
1. Grieta
2. Desprendimiento
3. Humedad
4. Eflorescencia
5. Fisura

Fuente: Disponible en <http://www.arquba.com/enciclopedia-broto-de-patologias-de-la-construccion/>
Elaboración: Quituisaca G. 2016

La prestigiosa Arquitecta Olga E. Knaibl, (Knaibl, 1999, pág. 9) en sus apuntes del curso “Patología de las construcciones y mantenimiento integral de los edificios” señala que:

En un primer análisis de esta definición nos permite advertir una confusión muy extendida en el habla cotidiana entre los técnicos y los profesionales. Me refiero al uso de la palabra “*patología*”, como término genérico. Así que usaremos la palabra “*patología*” como sustantivo, exclusivamente para designar la ciencia que estudia los problemas y las posibles soluciones, utilizaremos el adjetivo patológico/a para calificar los procesos y estudios relativos al tema (proceso patológico de un elemento constructivo).

“El proceso patológico es una secuencia temporal, que tiene un origen, una evolución, y presenta síntomas, lesiones y/o fallas”.

Se ha comprobado, que el 75% de los casos de patología constructiva, son por errores y anomalías en el diseño, la falta de control y la calidad en la mano de obra, es decir que la mayoría de estos problemas podrían ser evitadas si desarrolláramos una acción técnica preventiva o planes de prevención calificados previos a la construcción de una edificación. Un 22% corresponde a la falta de mantenimiento, y el restante 3% a fenómenos accidentales. (Elguero A. M., 2004, pág. 9)

Tabla 6: Causas de la patología constructiva

CAUSAS DE PATOLOGÍA CONSTRUCTIVA	PORCENTAJE
Fallas de diseño y falta de control de obra	75 %
Falta de mantenimiento	22 %
Fenómenos accidentales	3 %

Fuente: Patologías Elementales – Arq. Ana María Elguero
Elaboración: Quituisaca G. 2016

La escala de importancia de las patologías puede ir, desde una alteración estética o una molestia leve, hasta colapso y derrumbe, pero cualquiera sea la intensidad del hecho, lo que aparece es la lesión, y por lo tanto corresponde realizar la investigación pertinente para determinar el origen, y así proceder a la solución adecuada.

Para actuar sobre los elementos constructivos afectados, será fundamental considerar al edificio en cuestión como un objeto físico, compuesto por elementos con sus características geométricas, mecánicas, físicas y químicas determinadas y que están expuestos a sufrir procesos patológicos. La intervención en una edificación implica la recuperación de sus funciones principales por medio de distintas intervenciones sobre sus elementos que han perdido su función o terminado final (estética).

1.3.2. Proceso patológico.

Antes de combatir, reparar o intervenir en un problema patológico debemos “diagnosticar”, es decir determinar el carácter de una enfermedad, mediante la exposición de sus signos y daños, conocer su proceso, su origen, sus causas, su evolución y el estado actual en que se encuentra afectada la mampostería.

Esta será la secuencia del proceso patológico indicada a seguir para reparar y corregir estos problemas. La detección del proceso patológico en el mundo profesional suele tener como objetivo su solución, que implica la reparación de la unidad constructiva dañada para devolverle su función constructivo – arquitectónica inicial.

El primer paso será realizar un estudio patológico que nos permitirá definir un plan de trabajo para la reparación y la prevención de estos fenómenos, va a través de tres pasos bien definidos que hay que tratarlos y evaluarlos estos son: el origen, la evolución y el resultado final, de tal manera que para su intervención debemos recorrer este proceso pero de manera inversa, entonces debemos empezar por analizar el resultado de la lesión, luego el síntoma y la evolución, por ultimo llegar a establecer su origen y sus causas.

La clasificación tipológica de las lesiones en la edificación tanto primarias como secundarias le corresponde a cada uno de los tipos de lesiones manifestadas. Esto depende de cada proceso patológico concreto, por lo que la mayoría de las lesiones pueden aparecer como causa en unos procesos y como consecuencia de una segunda en otros.

Las humedades suelen ser origen de lesiones secundarias, tales como erosiones, eflorescencias, corrosiones etc., aunque de filtración y las accidentales necesiten, en muchos casos, una lesión previa por ejemplo grietas para aparecer.

La erosión atmosférica.- puede surgir en primer lugar en el proceso como consecuencia directa de la actuación de los agentes climáticos, o puede ser consecuencia (secundario) de una humedad de infiltración o de condensación.

La suciedad.- Estas siempre son lesiones primarias, pues surgen directamente del depósito de partículas contaminantes o de su confluencia con los agentes atmosféricos.

Las grietas.- Estas pueden ser así mismo primarias, bajo la acción directa de las cargas o pueden ser secundarias, posteriores a otras deformaciones previas.

Las fisuras.- Estas pueden ser de los dos tipos por razones similares a las anteriores o por otros tipos de lesiones previas, tales como humedades, erosiones o movimientos de suelo.

Los desprendimientos.- Estos suelen ser siempre secundarios, ayudados por humedades, deformaciones o grietas previas, pero también pueden ser primarios, consecuencia directa de dilataciones y contracciones térmicas o de una mala ejecución.

La erosión mecánica.- Esta es siempre primaria, consecuencia directa de acciones mecánicas exteriores.

Las eflorescencias.- Estas son siempre lesiones secundarias, puesto que necesitan la intervención de una humedad previa.

La oxidación.- Pertenece también al grupo primario, ya que resulta directamente de la reacción con el oxígeno del ambiente, mientras que la corrosión puede ser de uno u otro tipo según la clase de que se trate. Así la inmersión es normalmente secundaria, pues requiere de humedad previa, la aireación diferencial puede ser primaria o secundaria ya que puede basarse en una humedad o surgir directamente por el concurso de los agentes atmosféricos, mientras que las de par galvánico y la intergranular, son primarias ya que surgen directamente por problemas de diseño o de ejecución.

Los organismos animales.- Estas son siempre lesiones primarias, mientras que los vegetales, suelen ser secundarias, ya que requieren la humedad previa.

La erosión química.- Es siempre secundaria, pues necesita la existencia de humedad o de suciedad para que se lleven a cabo las transformaciones químicas superficiales.

Estudios realizados por el Arquitecto Juan Monjo Carrió, nos dará una idea para nuestra investigación, él sabe manifestar que las lesiones van en este orden. (Monjo, 1997, pág. 24)

Desprendimientos

Erosiones

Suciedades

Corrosiones

Grietas y fisuras

Eflorescencias

Humedades

Organismos

1.3.3. Lesiones.

La enciclopedia de broto de patologías de la construcción (Broto & Soria, 2006) afirman que:

Las lesiones son anomalías que se presentan por problemas constructivos, esto quiere decir que es el síntoma del proceso patológico. El origen de la patología son problemas constructivos y es aquí donde empezaremos el estudio y la clasificación patológica que resulta fundamental para su correcta identificación, no podemos cometer un error en el momento del análisis ya que entorpecerá el diagnóstico y no llegaremos a una conclusión inoperante. De tal manera es importante la clasificación del tipo de lesiones, lo cual lo explicamos en el desarrollo de esta investigación.

“Llamaremos lesión primaria en un proceso patológico concreto, a la que aparece en primer lugar en la secuencia temporal del mismo, mientras que será lesión secundaria en dicho proceso, la que surge como consecuencia de una lesión anterior” (Pérez & Quitanilla, 2002, pág. 32).

Tipos de presentación de las lesiones:

Pulverización de la superficie de ladrillos o piedras blandas.

Desmoronamiento de la superficie de las juntas.

Desconchados en ladrillos o piedras.



Figura 5: Presentación de las lesiones

1. Desconchado
2. Desmoronamiento
3. Pulverización

Fuente: Disponible en <http://es.slideshare.net/archieg/patologias-mampostera>

Elaboración: Quituisaca G. 2016

No se puede hacer un resumen o tratar de simplificar el tipo o las familias de lesiones, sino que debemos tener un registro ordenado y fácil de manipular al momento de identificar estos problemas. Estas lesiones se dividen en tres grupos que van en función del carácter y del proceso patológico.

- Lesiones Físicas
- Lesiones Mecánicas
- Lesiones Químicas

1.3.3.1. Lesiones físicas.

En esta familia agrupamos todas aquellas lesiones de carácter físico, es decir aquellas en las que la problemática patológica está basada en hechos físicos tales como partículas causantes de suciedad, heladas, condensaciones, erosión y humedad.

Podrá haber cambios de forma, de color o del estado de humedad, por lo que podemos agrupar en esta primera familia los siguientes tipos de lesiones, teniendo en cuenta que para cada uno de ellos se pueden encontrar un sin número de variantes en función del material, el sistema constructivo y la finalidad de la edificación.

En el sistema constructivo debemos tener conocimiento de todos estos factores, para una elección de componentes adecuados, para su ubicación y una solidificación correcta.

Para estructuras que ya existen es imprescindible la identificación correcta de las posibles causas o lesiones sufridas, para dar un correcto diagnóstico o valoración dependiendo del tipo de estudio que se esté llevando a cabo a la edificación.

El manual de patología de cerramientos y acabados arquitectónicos de (Monjo, 1997) afirma que:

A.- HUMEDAD.- Entendido por tal la aparición incontrolada de un porcentaje de humedad superior al deseado en un material o elemento constructivo cualquiera. En ocasiones será una simple mancha, en otras rezumará (salida de un líquido a través de un elemento o cuerpo, por medio de la transpiración), en cualquier caso, supondrá una variación de las características físicas del material o elemento en cuestión que deberá ser reparado.

Existen cinco tipos de humedad de carácter físico.

- A.1.- Humedad de obra
- A.2.- Humedad capilar
- A.3.- Humedad de filtración
- A.4.- Humedad de condensación
- A.4.- Humedad accidental



Figura 6: Lesión física, humedad
1 – 3. Presencia de humedad

Fuente: Disponible en <http://es.slideshare.net/archieg/patologias-mampostera>

Elaboración: Quituisaca G. 2016

B.- SUCIEDAD.- Entendido como un depósito de partículas en suspensión en la atmósfera sobre la superficie de las fachadas exteriores e incluso, penetración de las mismas en los poros superficiales, sin llegar a la reacción química entre ellas y el material constitutivo del cerramiento, que constituirá otro tipo de lesión, de otra familia.

B.1.- Ensuciamiento por depósito

B.2.- Ensuciamiento por lavado diferencial



Figura 7: Lesión física, suciedad
1 – 3. Presencia de suciedad

Fuente: Disponible en <http://patologiasestructurasconcreto.blogspot.com/p/causas-fisicas-mecanicas.html>

Elaboración: Quituisaca G. 2016

C.- EROSIÓN.- La erosión se ve reflejada en la pérdida o transformación superficial de un material. Como quiera que el origen puede ser triple, consideraremos en esta familia solo las de origen físico.

C.1.- Erosión atmosférica, o pérdida de material superficial en un elemento o unidad constructiva, provocada por acciones físicas de los agentes atmosféricos.



Figura 8: Lesión física, erosión
1 – 3. Presencia de erosión

Fuente: Disponible en <http://patologiasestructurasconcreto.blogspot.com/p/causas-fisicas-mecanicas.html>

Elaboración: Quituisaca G. 2016

1.3.3.2. Lesiones mecánicas.

Esta familia comprende todas las situaciones patológicas en las que predomina el factor mecánico, tanto en sus causas, como en su evolución, como incluso en sus síntomas.

Así consideramos las lesiones en las que haya movimientos o se produzcan aberturas o separación entre materiales o elementos, o aquellas en las que aparezca desgaste.

Las acciones mecánicas en construcción tienen tal importancia que les hace adquirir la autonomía suficiente para considerarlas en un grupo aparte.

En definitiva, podemos mencionar los siguientes tipos de lesiones, bien entendido que, como en el apartado anterior, cada uno de ellos contiene múltiples variantes en función de las condiciones particulares de cada caso, relativas al material, a la unidad constructiva, al uso etc.

D.- GRIETAS.- Son todas las aberturas longitudinales que no son controladas de un elemento constructivo, que va de 3 milímetros en adelante, ya sea de división de espacios o elementos estructurales que afecta a su espesor. Estas son lesiones mecánicas severas que expresan el origen de procesos patológicos al que debemos repararlo y de ser posible prevenir y evitar que se desarrolle a futuro. “Las grietas en la estructura, por su posición, direccionalidad, abertura y desplazamiento relativo entre los bordes de las mismas, orientan inicialmente hacia las posibles causas que las produjeron” admite (Murante), especialista en técnicas constructivas.



Figura 9: Lesión mecánica, grietas
1 – 3. Presencia de grietas

Fuente: Disponible en <http://www.construmatica.com/construpedia/Grietas>

Elaboración: Quituisaca G. 2016

Tabla 7: Descripción tipos de grietas

TIPO DE GRIETAS	
ASENTAMIENTOS DIFERENCIALES	<p style="text-align: center;">ASENTAMIENTOS DIFERENCIALES</p>
MOVIMIENTOS HORIZONTALES	
APLASTAMIENTO O PANDEO	
DEFORMACION EXCESIVA	
DIFERENCIA DE GRADIENTE DE HUMEDAD	

Fuente: Patologías Elementales – Arq. Ana María Elguero
 Elaboración: Quituisaca G. 2016

E.- FISURAS.- Son todas las aberturas longitudinales que afectan solo y únicamente a la cara superficial de un elemento constructivo, a su acabado como son enlucidos, revoques, empastados, alicatados o chapados. Estas fisuras se clasifican en subtipos según su función.

E.1.- Reflejo del soporte

E.2.- Inherente al acabado



Figura 10: Lesión mecánicas, fisuras
1 – 3. Presencia de fisuras

Fuente: Disponible en <http://casaoriginal.com/construccion/reparar-fisuras-y-grietas-de-las-paredes/>

Elaboración: Quituisaca G. 2016

F.- DESPRENDIMIENTOS.- Comprende la segregación del material de acabado que se aplicó en la mampostería, se clasifican según el tipo de acabado y el sistema de adherencia distinguiremos entre

F.1.- Acabados continuos

F.2.- Acabados por elementos



Figura 11: Lesión mecánica, desprendimiento
1 – 3. Presencia de desprendimiento

Fuente: Disponible en http://www.construmatica.com/construpedia/Morteros_de_Revestimiento

Elaboración: Quituisaca G. 2016

1.3.3.3. Lesiones químicas.

La tercera familia de lesiones constructivas que comprende todas aquellas con un proceso patológico de carácter químico, donde el origen suele estar en la presencia de sales, ácidos o álcalis que reaccionan químicamente para acabar produciendo algún tipo de descomposición del material lesionado que provoca, a la larga, su pérdida de integridad, afectando por tanto, a su durabilidad. Resulta un conjunto de lesiones cuyo proceso es perfectamente diferenciable de los grupos anteriores.

Los tipos más destacados que podemos agrupar aquí son los siguientes:

G.- EFLORESCENCIAS.- Corresponde a la cristalización en la superficie de un material de sales solubles contenidas en el mismo, que son arrastradas hacia el exterior por el agua que las disuelve, agua que tiende a ir de la parte interna hacia la externa, donde acaba evaporándose y permite la mencionada cristalización.

Se trata de un proceso patológico claramente químico que suele tener como causa directa una lesión previa: la humedad.



Figura 12: Lesión química, eflorescencias
1 – 3. Presencia de eflorescencias en mampostería

Fuente: Disponible en <http://el-diseno.info/cmo-limpiar-manchas-de-ladrillo-5-pasos/>

Elaboración: Quituisaca G. 2016

H.- OXIDACIONES Y CORROSIONES.-

En este conjunto entran todas las modificaciones de tipo molecular y la pérdida de material en las superficies de los metales y sobre todo, del hierro y acero. Principalmente debemos considerarlas como lesiones independientes ya que su proceso patológico es distinto

Aunque normalmente sucesivos, son químicamente diferentes, sin embargo es preferible agruparlas dentro de un solo tipo, ya que su aparición es simultánea y su sintomatología muy parecida. No obstante, a los efectos de su definición y tipología conviene distinguirlos.

H.1.- Oxidación.- Es la transformación de óxido de la superficie de los metales en contacto con el oxígeno.

H.2.- Corrosión.- Como la pérdida progresiva de partículas de la superficie del metal como consecuencia de la aparición de una pila electroquímica, en presencia de un electrolito, en la que el metal en cuestión actúa de ánodo, perdiendo electrones en favor del polo positivo (cátodo), electrones que acaban deshaciendo moléculas, lo que se materializa en la pérdida del metal.

Existen cinco tipos de procesos corrosivos:

H.2.1.- Corrosión por oxidación previa

H.2.2.- Corrosión por inmersión

H.2.3.- Corrosión por aireación diferencial

H.2.4.- Corrosión por par galvánico

H.2.5.- Corrosión intergranular



Figura 13: Lesión química, oxidaciones
1 – 3. Presencia de oxidaciones y corrosiones

Fuente: Disponible en <http://www.catalanaoto.com/catalanaoto/patologias/>

Elaboración: Quituisaca G. 2016

I.- ORGANISMOS.- En este tipo va englobado, todo el conjunto de lesiones donde tiene importancia la presencia de un organismo vivo, sea animal o vegetal, que afectan a la superficie de los materiales, por su simple presencia, o por el ataque que los mismos o los productos químicos que segregan, realizan a la estructura física o química del material sobre el que se apoyan.

Este conjunto debe ser incluido en la familia de las lesiones químicas, pues desde el momento en que la presencia de un organismo vivo es importante, el proceso patológico es fundamentalmente químico, aunque algunas de las actuaciones de los organismos sean puramente mecánicas o físicas.

I.1.- Animales

I.2.- Plantas



Figura 14: Lesión química, organismos vivos
1 – 3. Presencia de organismos vivos

Fuente: Disponible en <http://pt.slideshare.net/archieg/patologias-mampostera/6?smtNoRedir=1>

Elaboración: Quituisaca G. 2016

C.- EROSIONES.-

C.2.- Erosión química.- El último tipo de las erosiones encuadrada dentro de la tercera familia, entendiéndose por tal todo tipo de transformación molecular de las superficies de los materiales pétreos como consecuencia de la relación química de sus componentes con otras sustancias atacantes tales como los contaminantes, filtración o accidentales, productos fabricados por el hombre. (Tratado de Rehabilitación, 1998)

1.3.4. Clasificación de las lesiones.

Tabla 8: Tipos de lesiones

TIPOS DE LESIONES				
TIPO	TIPO DE LESIÓN	PRIMARIA	SECUNDARIA	
FÍSICAS	A.- HUMEDADES			
	A.1.- de obra	X		
	A.2.- capilar	X	X	
	A.3.- de filtración	X	X	
	A.4.- de condensación	X	X	
	A.5.- accidental		X	
	B.- SUCIEDAD			
	B.1.- por depósito	X		
	B.2.- por lavado diferencial	X		
	C.- EROSIÓN			
	C.1.- atmosférica	X	X	
	MECÁNICAS	D.- GRIETAS		
		D.1.- por carga	X	X
D.2.- por dilatación - contracción		X	X	
E.- FISURAS				
E.1.- por soporte		X	X	
E.2.- por acabado		X	X	
F.- DESPRENDIMIENTOS				
F.1.- acabado continuo		X	X	
F.2.- acabado por elementos	X	X		
QUÍMICAS	G.- EFLORESCENCIAS		X	
	H.- OXIDACIÓN Y CORROSIÓN			
	I.2.1.- por oxidación previa		X	
	I.2.2.- por inmersión		X	
	I.2.3.- por aireación diferencial	X	X	
	I.2.4.- por par galvánico	X		
	I.2.5.- intergranular	X		
	I.- ORGANISMOS			
	I.1.- Animales	X		
	I.2.- Vegetales		X	
	C) EROSIÓN			
C.2.- química		X		

Fuente: Patología de cerramientos y acabados arquitectónicos
Elaboración: Quituisaca G. 2016

1.3.5. Causas.

Las causas son agentes activos o pasivos, que pertenecen al origen del proceso patológico, lo que genera en una o varias lesiones. Hay que tomar en cuenta que varias causas pueden actuar conjuntamente para producir una misma lesión. La causa siempre va a ser nuestro punto de partida y conocer mediante la evaluación cual es el origen de la enfermedad, lo que nos va a permitir atacar, corregir y superar los problemas.

La evaluación será constante ya que un proceso patológico no queda resuelto y anulado hasta que haya sido atacado desde su origen. La mayoría de los casos en donde se intervienen para solucionar los problemas sobre procesos patológicos han fracasado ya que no se introducen al estudio del origen, de las causas y se limitan solamente a resolverlo superficialmente, es decir solo actúan sobre la lesión. Es siempre importante identificar y estudiar la o las posibles causas del proceso patológico ya que se clasifican en dos tipos, directas e indirectas:

Directas.- Se caracterizan por ser el origen inmediato del proceso patológico, como el ataque de agentes atmosféricos, los esfuerzos mecánicos y la contaminación en general.

Indirectas.- Son todas las anomalías que se presentan por la acción del hombre, como el sistema y técnica constructiva que se emplee, la mano de obra, la calidad de los materiales, defectos en el diseño y la ejecución, todas estas acciones necesitan del origen de una causa directa para empezar con el proceso patológico.

De todos los componentes que tiene el campo causal descrito, que en realidad son infinitos, tenemos que seleccionar los que nos vayan a definir la causa de un caso particular.

Para hacerlo, hay que considerar que causa de un suceso es cualquier explicación que sirva para entender por qué acontece. La causa tiene que estar expresada de forma que sea útil para la solución del problema, nos tiene que dirigir a esta. La causa de un problema patológico es el conjunto suficiente de circunstancias anormales, que necesariamente producen los daños observados.

Tabla 9: Tipos de causas

TIPOS DE CAUSAS	
DIRECTAS	<p>MECÁNICAS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Esfuerzos mecánicos (cargas y sobrecargas) - Empujes - Impactos - Rozamientos
	<p>FÍSICAS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Agentes atmosféricos (lluvia, viento, helada, cambios térmicos, contaminación)
	<p>QUÍMICAS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Contaminación ambiental - Humedad - Sales solubles contenidas - Organismos
	<p>LESIONES PREVIAS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Humedades - Deformaciones - Grietas y fisuras - Desprendimientos - Corrosiones - Organismos
INDIRECTAS	<p>DE PROYECTO</p> <ul style="list-style-type: none"> - Elección: <ul style="list-style-type: none"> del material de la técnica y sistema constructivo - Diseño: <ul style="list-style-type: none"> diseño constructivo pliego de condiciones
	<p>DE EJECUCIÓN</p>
	<p>DEL MATERIAL</p> <ul style="list-style-type: none"> - Defecto de fabricación - Cambio del material
	<p>DE MANTENIMIENTO</p> <ul style="list-style-type: none"> - Uso incorrecto - Falta de mantenimiento periódico

Fuente: Patología de cerramientos y acabados arquitectónicos
Elaboración: Quituisaca G. 2016

1.4. Fibra de sisal

La fibra de sisal es fuerte y muy resistente que se usa cada vez más en materiales compuestos para el campo constructivo, automovilístico, textil así como plástico y papel. Las fibras van en sentido longitudinal en las hojas, siendo más abundantes cerca de la superficie de la hoja. Las hojas contienen alrededor de un 90% de humedad, pero la pulpa carnosa es muy firme, y las hojas son rígidas. La fibra es extraída de las hojas apenas cortadas, para evitar el riesgo de que se produzcan daños, durante el proceso de limpieza una vez secas. La extracción de la fibra se hace raspando el material pulposo, generalmente mediante un proceso de descortezado mecánico, y arrancándolo manualmente. Luego de la cosecha, sus hojas se cortan y aplastan para separar la pulpa de las fibras. El rendimiento medio de las fibras secas es cerca de una tonelada por hectárea.

1.4.1. Beneficios ambientales.

El sisal es por excelencia un recurso renovable que puede formar parte de la solución global del cambio climático. Durante su ciclo vital absorbe más dióxido de carbono de lo que produce. Durante la elaboración genera principalmente desechos orgánicos y residuos de hojas que pueden usarse para generar bioenergía y producir, fertilizantes y materiales para viviendas ecológicas. Al final de su ciclo vital, es 100 por ciento biodegradable. Ninguna de estas características puede atribuirse a las fibras producidas sintéticamente.



Figura 15: Obtención de la fibra de sisal
1 – 3. Procedimiento para obtener fibra de sisal

Fuente: Disponible en <http://www.sisal.ws/page1/page1.html>

Elaboración: Quituisaca G. 2016

1.4.2. Propiedades físicas y mecánicas.

Una captura de imágenes realizadas con microscopios de última tecnología nos permite analizar y estudiar la forma y composición de las fibras de sisal más detalladamente. Las imágenes muestran la fibra de sisal, la estructura lateral de los diferentes tipos de fibras que son similares.

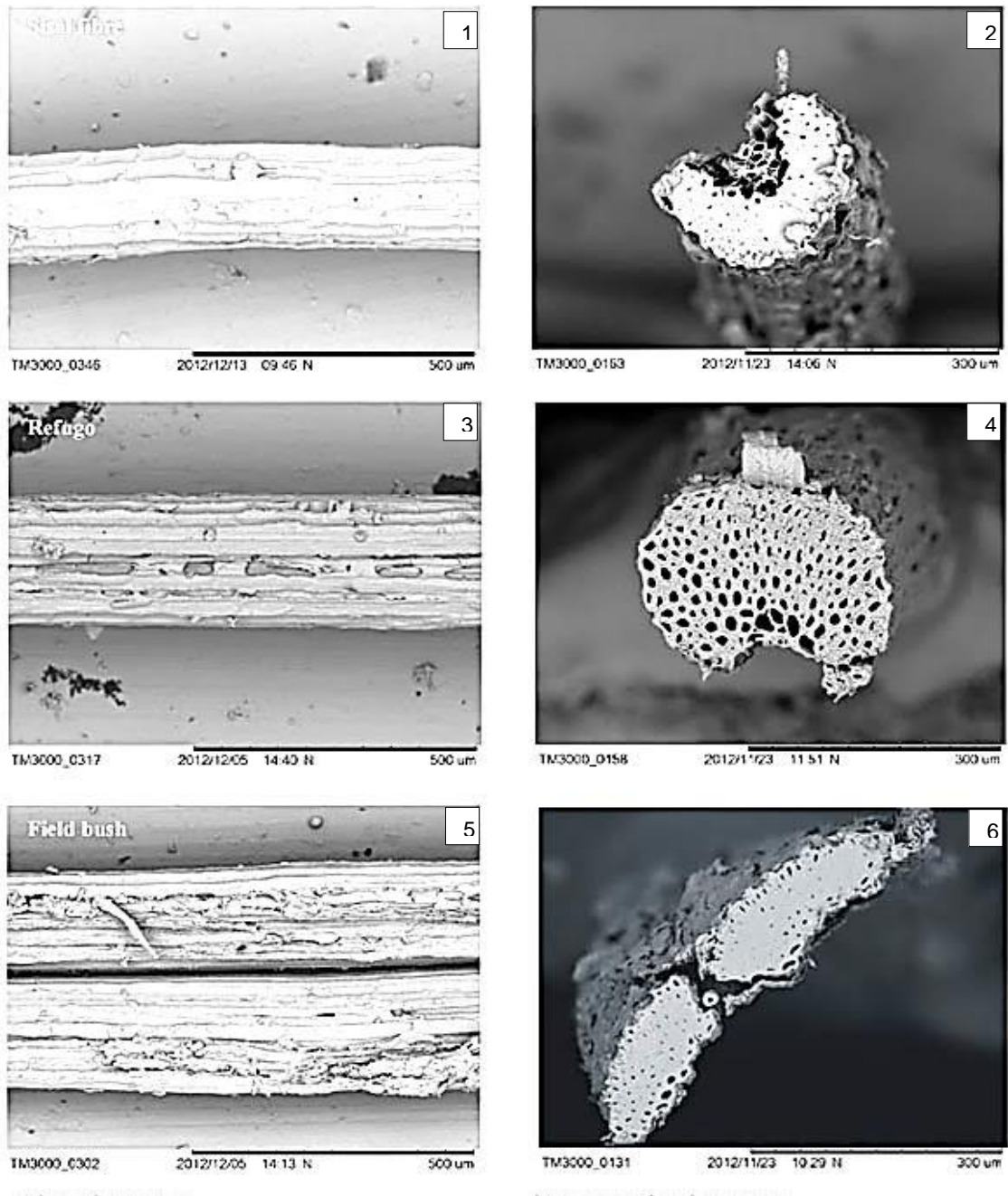


Figura 16: Cortes microscópicos de la fibra de sisal
1-3-5. Estructura lateral
2-4-6. Estructura transversal

Fuente: Disponible en http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-69162014000500002&script=sci_arttext

Elaboración: Quituisaca G. 2016

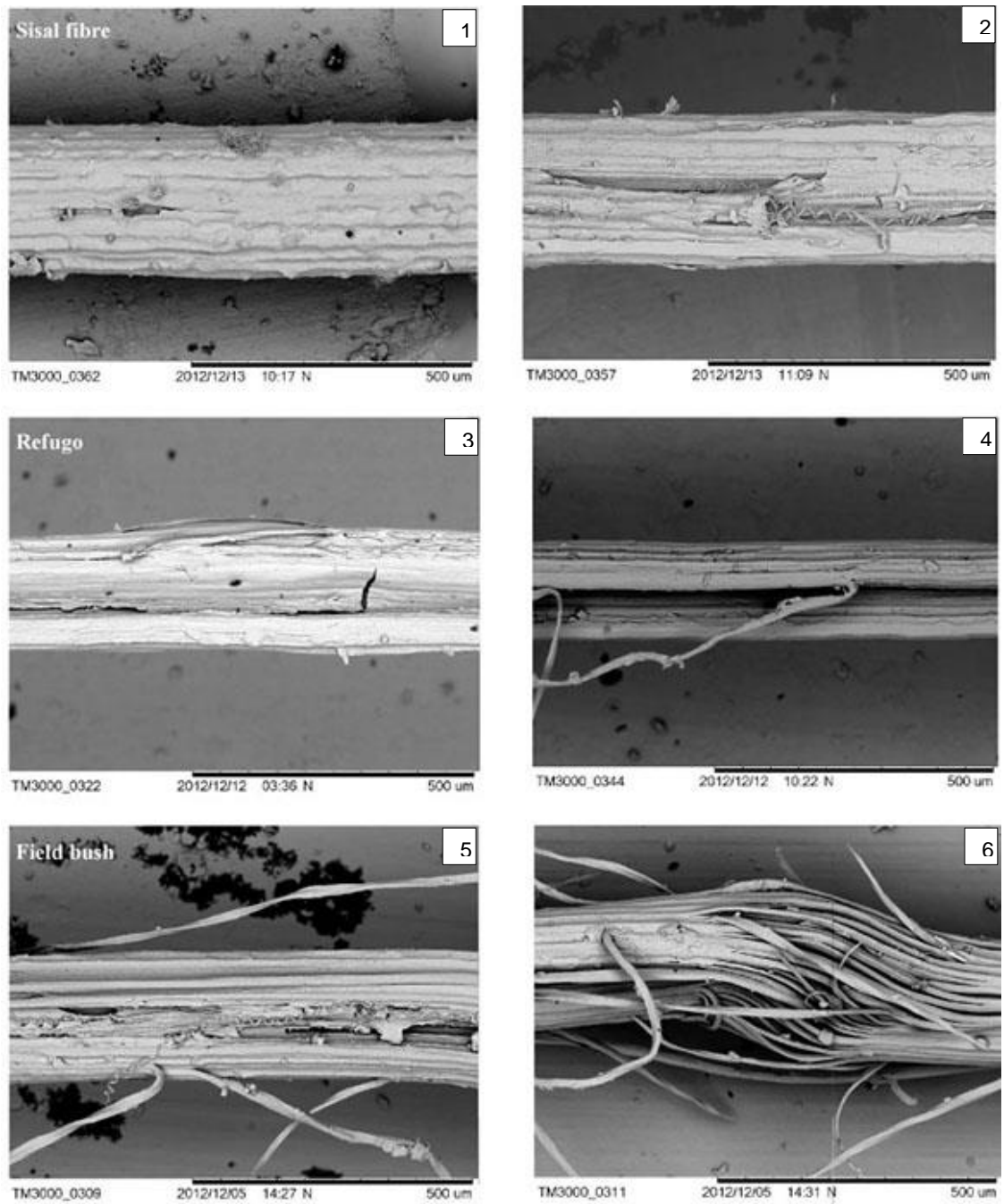


Figura 17: Efecto del tratamiento de la fibra de sisal
 1-3-5. Estructura lateral
 2-4-6. Estructura transversal

Fuente: Disponible en http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-69162014000500002&script=sci_arttext
Elaboración: Quituisaca G. 2016

Tabla 10: Tipos de causas

PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS - FIBRA DE SISAL		
	PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR
DIÁMETRO DE FIBRA (μm)	170.27	62.35
DENSIDAD (g/cm^3)	1.46	0.06
DENSIDAD LINEAL (Tex)	921.86	131.41
ÁREA (mm^2)	0.6311	
MÓDULO DE YOUNG (GPa)	8.06	1.70
TENACIDAD (N/Tex)	0.22	0.02
PERDIDA DE TENSIÓN (%)	4.94	0.70
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (MPa)	323.32	

Fuente: Caracterización y tratamiento de los residuos de fibra de sisal para aplicaciones
Elaboración: Quituisaca G. 2016

1.4.3. Materiales compuestos.

En el campo de la arquitectura y el diseño, las soluciones que brindan los materiales compuestos que abarcan un amplio desarrollo de todo tipo de aplicaciones, que se basan en una completa gama de posibilidades al momento de buscar una alternativa constructiva, tanto para aplicaciones internas como exteriores. En aplicaciones interiores destaca su utilización en revestimientos de paredes, divisorias interiores, falsos techos, forrados de pilares, mobiliario, etc.

Las combinaciones de propiedades de los materiales siguen innovando, mediante el desarrollo de materiales compuestos. De acuerdo con este principio de acción combinada, las mejores propiedades se obtienen por la combinación razonada de dos o más materiales diferentes.

En el presente contexto, un material compuesto es un material multifase obtenido artificialmente, en oposición a los que se encuentran en la naturaleza. Además, las fases constituyentes deben ser químicamente distintas y separadas por una interfaz.

La mayoría de los materiales compuestos se han creado para mejorar la combinación de propiedades mecánicas tales como rigidez, tenacidad y resistencia a la tracción a temperatura ambiente y a elevadas temperaturas.

Un esquema simple para clasificar los materiales compuestos consta de tres divisiones compuestos reforzados con partículas, compuestos reforzados con fibras y compuestos estructurales. Además, existen dos subdivisiones para cada una. Se debe mencionar que la fase dispersa de los materiales compuestos reforzados con fibras tienen una relación longitud-diámetro (factor de forma) muy alta. Los materiales compuestos están formados por dos fases; una continua denominada matriz y otra dispersa denominada refuerzo.

Tabla 11: Clasificación de los materiales compuestos

MATERIALES COMPUESTOS	
REFORZADO CON PARTICULAS	Partículas grandes
	Consolidado por dispersión
REFORZADO CON FIBRAS	Continuas (ALINEADAS)
	Discontinuas (CORTAS) alineadas y orientadas al azar
ESTRUCTURAL	Alineadas
	Paneles sándwich

Fuente: Caracterización y tratamiento de los residuos de fibra de sisal para aplicaciones
Elaboración: Quituisaca G. 2016

1.4.4. Materiales compuestos reforzados con fibras.

Tecnológicamente, los materiales compuestos con fases dispersas en forma de fibras son los más importantes. A menudo se diseñan materiales compuestos reforzados con fibras con la finalidad de conseguir elevada resistencia y rigidez a baja densidad. Estas características se expresan mediante los parámetros resistencia específica y módulo específico, que corresponden, respectivamente, a las relaciones entre la resistencia a la tracción y el peso específico y entre el módulo de elasticidad y el peso específico. Utilizando materiales de baja densidad, tanto para la matriz como para las fibras, se fabrican compuestos reforzados con fibras que tienen resistencias y módulos específicos excepcionalmente elevados. Los materiales compuestos reforzados con fibras se subclasifican por la longitud de la fibra.

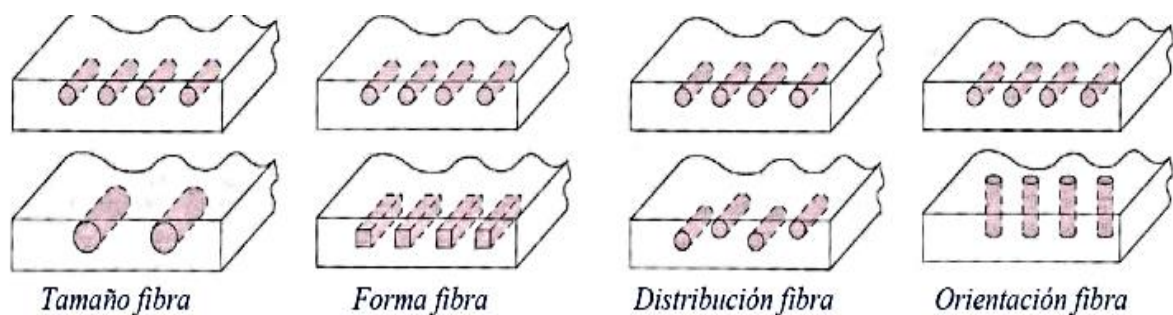


Figura 18: Efecto del tratamiento de la fibra de sisal

Fuente: Disponible en http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-69162014000500002&script=sci_arttext

Elaboración: Quituisaca G. 2016

1.4.5. Comportamiento mecánico e influencia de la longitud de la fibra.



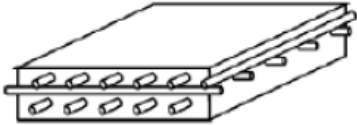
Las características mecánicas de los materiales compuestos reforzados con fibras dependen no sólo de las propiedades de la fibra, sino también del grado en que una carga aplicada se transmite a la fibra por medio de la fase matriz. En este proceso de transmisión de carga es muy importante la magnitud de la unión en la interfaz de las fases matriz y fibra. Al aplicar un esfuerzo de tracción, la unión fibra-matriz cesa en los extremos de la fibra y en la matriz se genera un patrón de deformación, en otras palabras, en los extremos de la fibra no hay transmisión de carga desde la matriz. Los componentes de cohesión envuelven y unen los componentes de refuerzo (o simplemente refuerzos) manteniendo la rigidez y la posición de éstos. Los refuerzos dotan al conjunto con unas propiedades físicas que mejoran la cohesión y la rigidez. La fusión de estos materiales brinda al compuesto

propiedades mecánicas notablemente superiores a las materias primas de las que procede. Estas moléculas forman estructuras resistentes y livianas, por este motivo son utilizadas desde mediados del siglo XX en los campos de la aeronáutica, astro y cosmonáutica, ingeniería naval, civil y arquitectura.

El adobe es un compuesto natural, estructurado con arcilla y paja, es el material compuesto de construcción más antiguo que conocemos y que hasta la actualidad lo seguimos utilizando en la construcción de viviendas por sus características, entre ellas la principal que es un material natural, libre de compuestos tóxicos.

Macroscópicamente, la arcilla (cohesión) se distingue de la paja (refuerzo), pero la mezcla heterogénea tiene unas propiedades mecánicas mejores que las de sus respectivos componentes individuales. Otro ejemplo claro lo podemos encontrar en los cimientos de los edificios: hormigón reforzado con una matriz de acero corrugado, los innovadores cimientos de goma y muelles de Japón para amortiguar los terremotos (aislamiento sísmico).

Tabla 12: Esquema de un laminado de un material compuesto

COMPOSITOS REFORZADOS CON FIBRAS	
	<p>HILO DE REFUERZO</p> <ul style="list-style-type: none"> Elevada resistencia Elevada rigidez Baja densidad
	<p>MATRIZ DE UNIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> Buenas propiedades a cortante Baja Densidad Fabricación y calidad
	<p>MATERIAL COMPUESTO</p> <ul style="list-style-type: none"> Resistencia Matriz Rigidez Matriz Densidad

Fuente: http://oa.upm.es/4611/1/INVE_MEM_2008_61846.pdf
 Elaboración: Quituisaca G. 2016

1.5. Normalización utilizada

La norma vigente ecuatoriana, NTE INEN equivalente a la ASTM que es la norma norteamericana, las mismas que están sustentadas y con certificaciones internacionales: ISO, OSHAS, entre otras.

ASTM C 136- 01: Método de Ensayo Normalizado para determinar el análisis granulométrico de los áridos finos y gruesos

NTE INEN 696:2011: Áridos: Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso.

NTE INEN 154: Tamices de ensayo. Dimensiones nominales de las aberturas.

ASTM C 128-01: Método de ensayo normalizado para determinar la densidad, densidad relativa (peso específico) y la absorción de los áridos finos.

NTE INEN 0488: Cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a la compresión de morteros en cubos de 50mm de arista.

UNE-EN 13279 – 2: Determinar el tiempo de fraguado (endurecimiento) del yeso al modificar la temperatura del agua.

UNE 13279 – 2: Yesos de construcción y conglomerantes a base de yeso para la construcción.

NTE INEN 12615:2012: Cemento para morteros.

NTE INEN 2 553:2010: Cemento hidráulico: Determinación de la retención de agua en morteros y revoques (enlucidos).

NTE INEN 2563:2011: Evaluación previa a la construcción y durante la construcción de morteros para mampostería simple y reforzada.

NTE INEN 2 518:2010: Morteros para unidades de mampostería

CAPITULO II.- PROPUESTA DE MORTERO Y ENSAYOS

2.1. Mortero de cemento

2.1.1. Ensayo granulométrico árido fino.

Tabla 13: Ensayo granulométrico del árido fino

OBJETIVO.- Determinar la distribución granulométrica de las partículas del árido fino												
DATOS GENERALES												
GRANULOMETRÍA												
Laboratorio:	Laboratorio de resistencia de materiales (UTPL)					Fecha:	05 / 01 / 2015					
Responsable:	Giovanni Quituisaca					Hora:	09 : 30					
Código espécimen:	G - 01					Norma:	ASTMC 136-01					
Ensayo #:	1					Temperatura:	22 °C					
MATERIALES												
2000 gr de árido fino (arena)												
Agua												
EQUIPO												
Serie de tamices del 4.75 mm – 0.075 mm												
Balanza electrónica (precisión 0.01 gr)												
Ro – Tap, model B (maquina tamizadora)												
Recipientes (taras), brocha												
PROCEDIMIENTO												
<p>Secar la muestra hasta masa constante a una temperatura de 110 °C ± 5 °C. Seleccionar los tamices necesarios y adecuados que cubran los tamaños de las partículas del material a ensayarse, con el propósito de obtener la información requerida en las especificaciones. Para tamices con aberturas más pequeñas que 4,75 mm (No. 4), la cantidad que se retiene sobre cualquier tamiz al finalizar la operación de tamizado no debe exceder 7 kg/m² en la superficie de Tamizado</p>												
GRANULOMETRÍA ÁRIDO FINO												
MATERIAL.-		ÁRIDO FINO					NORMA.-		ASTMC136 - 01			
PROCEDENCIA.-		CANTERA VIA GONZANAMA Sr.- Daniel Arias					FECHA.-		05/01/2015			
Ensayo Número 1				Ensayo Número 2				Valor Promedio				
Tamiz en mm	Peso Tamiz (gr)	Tamiz + Muestra	Peso Retenido	Porcentaje Retenido	Peso Tamiz (gr)	Tamiz + Muestra	Peso Retenido	Porcentaje Retenido	% Retenido Promedio	% Retenido Acumulado	Porcentaje que pasa	
4,75	494,71	709,70	214,99	14,16	494,71	716,90	222,19	13,64	13,90	13,90	86,10	
2,36	475,90	786,30	310,40	20,45	475,90	803,80	327,90	20,13	20,29	34,19	65,81	
1,18	408,45	709,50	301,05	19,83	408,45	733,20	324,75	19,94	19,89	54,08	45,92	
0.600	383,51	626,80	243,29	16,03	383,51	648,70	265,19	16,28	16,15	70,23	29,77	
0.300	359,46	585,24	225,78	14,87	359,46	607,20	247,74	15,21	15,04	85,28	14,72	
0.150	342,18	466,31	124,13	8,18	342,18	477,15	134,97	8,29	8,23	93,51	6,49	
0.075	296,93	341,44	44,51	2,93	296,93	344,65	47,72	2,93	2,93	96,44	3,56	
Fondo	382,48	436,43	53,95	3,55	382,48	440,60	58,12	3,57	3,56	100,00	0,00	
TOTAL	3143,62	4661,72	1518,10	100,00	3143,62	4772,20	1628,58	100,00	100,00	547,63	252,37	
										Modulo de Finura.- Mf:		3,51
										Porcentaje de finos (%):		3,56

GRAFICA.- Resultado módulo de finura (tamices) = % retenido

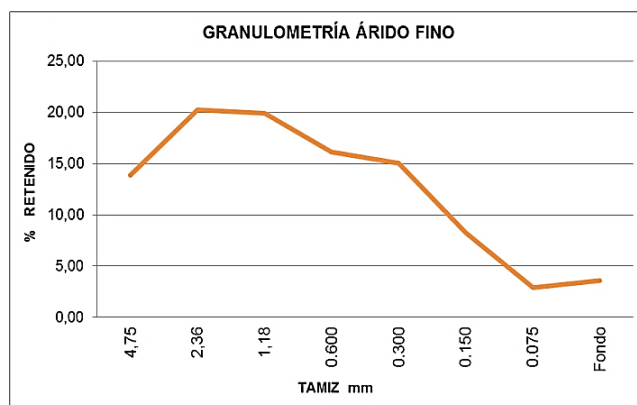


Figura 19: Ensayo granulométrico árido fino

Tabla 14: Muestra retenida en el tamiz

GRANULOMETRÍA ÁRIDO FINO - MASA INICIAL DE 1000 GR.					
TAMIZ #	ABERTURA (mm)	MASA del TAMIZ (gr)	MASA RETENIDA + MASA DEL TAMIZ (gr)	MASA RETENIDA (gr)	ERROR
4	4,75	480	510	30	10 %
8	2,36	411	460	49	
16	1,18	536	605	69	
30	0,6	388	534	146	
50	0,3	370	860	490	
100	0,15	323	490	167	
200	0,075	328	361	33	
FONDO		287	293	6	
			Σ= 4113	Σ= 990	

Masa inicial= 1000 gr.

Masa final= 990 gr.

Se obtuvo un error de 10 gr. Lo que corresponde a un 10 % de error.

$$Error = \frac{1000 - 990}{1000} \times 1000 \% = 10\%$$

ANÁLISIS.- Se obtuvo un error del 10% del porcentaje total, por lo que se realiza la siguiente corrección:

$$\text{Corrección} = \frac{\text{Error en Gramos}}{\# \text{ de Tamices donde se retuvo la muestra}}$$

Tabla 15: Resultados corregidos muestras retenidas en el tamiz

GRANULOMETRÍA ÁRIDO FINO - MASA INICIAL DE 1000 GR.					
TAMIZ #	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA CORREGIDA (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA
4	4,75	30,333	3,03	3,77	96,23
8	2,36	49,333	4,93	8,70	91,30
16	1,18	69,333	6,93	15,63	84,37
30	0,6	146,333	14,63	30,27	69,73
50	0,3	490,333	49,03	79,30	20,70
100	0,15	167,333	16,73	96,03	3,97
200	0,075	33,333	3,33	99,37	0,63
FONDO		14,333	1,43	100,00	0,00
		$\Sigma = 1000$			

CALCULO MODULO DE FINURA (MF).-

$$MF = \frac{\Sigma \% \text{ Retenido Acumulado de los tamices \#4 - \#100}}{100} = 3,51$$

RESULTADOS.-

El análisis granulométrico de la arena se complementa calculando su módulo de finura, que es igual a la centésima parte de la suma de los porcentajes retenidos acumulados en cada una de las mallas de la serie estándar. De ordinario se considera que la arena presenta un módulo de finura adecuado para la fabricación de concreto, debido a que se encuentra en el rango establecido (módulo de finura tolerable) que va desde 2.70 a 3.75. Las arenas cuyo módulo de finura es inferior a 2.70, normalmente se consideran demasiado finas y son un perjudicial para esta aplicación, porque suelen requerir mayor consumo de pasta de cemento, lo cual repercute adversamente en los cambios volumétricos y en el costo del concreto.

En extremo opuesto, las arenas con módulo de finura mayor de 3.75 resultan demasiado gruesas y también se les juzga inadecuada por que tienden a producir mezclas de concreto ásperas, y segregables. La arena ensayada en el laboratorio posee un módulo de finura de 3,51 lo que dice que es una arena muy buena, para la fabricación de concreto, mortero u hormigón.

El mayor porcentaje retenido se encuentra en el tamiz de 2.36 mm; tamiz # 8.

El porcentaje de finos se encuentra dentro de parámetros establecidos en la norma.

El agregado fino cumple todas las especificaciones establecidas en la norma, por lo que sí se puede utilizar para la elaboración de concreto de alta resistencia.

2.1.1.1. Procedimiento fotográfico.

Tabla 16: Granulometría, proceso fotográfico



Árido fino cantera



Cuarteo árido fino



Lavado del árido



Secado del árido en el horno



Ro – tap (equipo tamizador), clasificación del árido



Árido procesado (tamizado)

2.1.2. Ensayo densidad y absorción de agua del árido fino (arena).

Tabla 17: Densidad y absorción de agua

OBJETIVO.- Determinar la densidad y absorción de agua en el árido fino			
DATOS GENERALES			
DENSIDAD Y ABSORCIÓN DE AGUA			
Laboratorio:	Laboratorio de resistencia de materiales (UTPL)	Fecha:	08 / 01 / 2015
Responsable:	Giovanni Quituisaca	Hora:	10 : 00
Código espécimen:	G - 02	Referencia:	ASTM C 128-01
Ensayo #:	2	Temperatura:	22 °C
MATERIALES			
1000 ± 10 gr de árido fino en estado saturado superficialmente seco			
Agua			
EQUIPO			
Matraz aforado de 500 cc de capacidad – Picnómetro			
Balanza electrónica (precisión 0.01 gr) – Placa de vidrio			
Horno a una temperatura uniforme 110±5 °C – Recipientes (taras)			
Molde tronco cónico metálico (d= 40 cm, D= 90 cm, h= 75 cm)			
PROCEDIMIENTO			
<p>Colocar las muestras en bandejas, una para árido fino y otra para árido grueso, luego dejarlas secar en el horno a una temperatura de 110 °C ± 5 °C, hasta conseguir una masa constante, dejarlas que se enfríe hasta una temperatura que sea confortable para su manipulación (aproximadamente 50 °C), luego cubrirlas con agua, ya sea por inmersión o por adición de agua, hasta alcanzar al menos 6% de humedad en el árido fino y dejar que repose por 24 h ± 4 h.</p> <p>Decantar el exceso de agua, evitando la pérdida de finos, extender la muestra sobre una superficie plana, no absorbente, expuesta a una corriente suave de aire caliente y moverla frecuentemente para asegurar un secado homogéneo.</p> <p>Determinamos la humedad superficial del agregado, sobre una superficie lisa no absorbente, con el diámetro mayor hacia abajo, colocamos en el molde (cono truncado) en forma suelta, una porción del árido fino parcialmente seco, hasta llenarlo y compactamos el árido fino con 25 golpes ligeros del compactador.</p> <p>Llenar parcialmente el picnómetro con agua (23°C), introducir en el picnómetro 500 g ± 10 g de árido fino saturado superficialmente seco y llenar con agua adicional hasta aproximadamente el 90% de su capacidad.</p> <p>Importante.- utilizar una porción separada de 500 g ± 10 g de árido fino en condición saturada superficialmente seca, secarlo hasta conseguir una masa constante en el horno a 110 °C ± 5 °C y pesar en la balanza su masa seca.</p>			

DETERMINACIÓN DENSIDAD Y ABSORCIÓN DE AGUA EN ÁRIDO FINO				
MATERIAL.-	ÁRIDO FINO		NORMA.-	ASTM C 128 - 01
PROCEDENCIA.-	CANTERA VÍA GONZANAMA		FECHA.-	08/01/2015
	Sr. DANIEL ARIAS			
PARÁMETROS ANALIZADOS			ENSAYO	
Peso picnómetro			178,1 g	
Peso de bandeja			805,4 g	
Masa de la muestra sea al horno.- A			495,7 g	
Masa picnómetro + agua.- B			515,5 g	
Masa picnómetro + agua + muestra.- C			984,6 g	
Masa en SSS utilizada.- S			497,3 g	
			SH.-	17,56 g/cm ³
			SSS.-	17,63 g/cm ³
			DRA.-	18,76 g/cm ³
			%ABSORCIÓN.-	0,32%

Tabla 18: Datos de absorción y densidad del agua

DATOS ENSAYO	
Peso del picnómetro	178.1 g
Peso de la bandeja	805.4 g
Masa de la muestra seca al horno (A)	495.7 g
Masa picnómetro +agua (B)	515.5 g
Masa picnómetro + agua + muestra (C)	984.6 g
Masa en SSS utilizada (S)	497.3 g

FÓRMULAS APLICADAS.-

Densidad relativa (gravedad específica) (SH)

$$SH = \frac{A}{B + S - C} = \frac{495.7 \text{ g}}{515.5 \text{ g} + 497.3 \text{ g} - 984.6 \text{ g}}$$

$$SH = 17.56 \text{ g}$$

Densidad relativa (gravedad específica) (SSS)

$$SSS = \frac{S}{B + S - C} = \frac{497.3 \text{ g}}{515.5 \text{ g} + 497.3 \text{ g} - 984.6 \text{ g}}$$
$$SH = 17.63 \text{ g}$$

Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)

$$DRA = \frac{A}{B + A - C} = \frac{495.7 \text{ g}}{515.5 \text{ g} + 495.7 \text{ g} - 984.6 \text{ g}}$$
$$SH = 18.76 \text{ g}$$

Porcentaje de absorción

$$\% \text{ absorción} = \frac{S - A}{A} * 100 = \frac{497.3 \text{ g} - 495.7 \text{ g}}{495.7 \text{ g}} * 100$$

$$\% \text{ absorción} = 0.32 \%$$

Tabla 19: Resultados ensayo densidad y absorción de agua

RESULTADOS ÁRIDO FINO		
SH	Densidad relativa (gravedad específica)	17.56 g/cm ³
SSS	Densidad relativa (gravedad específica) (SSS)	17.63 g/cm ³
DRA	Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)	18.76 g/cm ³
%	Porcentaje de absorción	0.32%

RESULTADOS.-

Se determinó en el árido fino ensayado la densidad relativa (peso específico) en estado saturado superficialmente seco (SSS) de 17.63 g/cm³ y el porcentaje de absorción del agua fue del 0.32 %.

Mediante los datos obtenidos podemos darnos cuenta que el porcentaje adsorbido de agua en promedio es menor al 1%.

La diferencia entre densidad relativa (SSS) y densidad relativa aparente (DRA), es que existe una variación mínima en el resultado final.

2.1.1.2. Procedimiento fotográfico.

Tabla 20: Procedimiento fotográfico densidad y absorción de agua



Muestra del árido fino



Secado del árido fino en el horno



Muestra saturada del árido fino



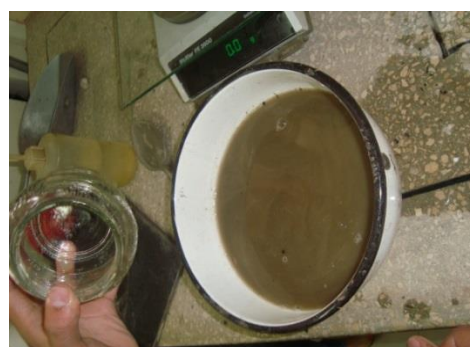
Instrumentos para el ensayo



Árido fino en el cono ABRAMS



Árido fino asentado / calibración



Árido fino de regreso a la tara



Árido fino al horno por 24h

2.1.3. Ensayo resistencia a la compresión en probetas de 50mm de arista.

Tabla 21: Resistencia a la compresión del mortero en probetas de 50 mm

OBJETIVO.- Determinar la resistencia a la compresión en probetas de 50mm de arista					
DATOS GENERALES					
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN					
Laboratorio:	Laboratorio de resistencia de materiales (UTPL)			Fecha:	16 / 01 / 2015
Responsable:	Giovanni Quituisaca			Hora:	15 : 30
Código espécimen:	T – 100 / T – 50 / T			Referencia:	INEN 488
Ensayo #:	3			Temperatura:	22 °C
MEDIDAS MOLDE Y PESO TENTATIVO					
MOLDES CÚBICOS	alto (cm)	ancho (cm)	largo (cm)	Volumen (cm ³)	Peso tentativo (g)
	5	5	5	125	300
MATERIALES					
Desmoldante para los moldes cúbicos, Cemento <i>HOLCIM</i> hidráulico: Tipo I - GU (Uso general)					
Árido fino con una graduación controlada, Agua					
EQUIPO					
Probeta de 250ml, Moldes para cubos de tres compartimientos 125 cm ³ , Espátula, Mezcladora					
Apisonador de hule duro, no absorbente, abrasivo, ACCU – TEK, máquina de compresión					
DOSIFICACIÓN.- 1 : 3					
COMPONENTES	PESO (%)			RESISTENCIA P.S.I	
Cemento	500 g			3.000	
Arena	1000 g				
Agua	300 cm ³ = 9 %				
TIEMPOS					
Tiempo de fraguado	12 horas				
Tiempo de desencofrado	24 horas				
Tiempo de curado	48 horas				
EDADES:					
TIEMPO	Meses		Días		Horas
Ensayar en:			28 días		
PROCEDIMIENTO					
Se pesa los componentes (materiales): cemento, arena (árido fino como sale de la cantera y procesado por el tamiz #100 y #50) y agua. Luego se mezcla los componentes en seco para obtener una mejor composición, a la mezcla se le agrega agua sucesivamente para obtener una masa homogénea. Se coloca la masa en los moldes cúbicos de 50 mm de arista, se nivela y se vibra con golpes suaves. El desencofrado se realiza luego de 24 horas. Finalmente se cura la probeta durante 48 horas y se codifica el espécimen.					
OBSERVACIONES					
Se realizó la probeta con ayuda de la mezcladora					
Se utilizó un árido fino normalizado					

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN							
DATOS		CÓDIGO	Carga de rotura toneladas	Carga de rotura KN	N/mm2 (Mpa)	RESISTENCIA KN/cm2	
alto (cm)	5	T - 100 / 01	29,2	292	2861,6	114,5	
ancho (cm)	5	T - 100 / 02	34,2	342	3351,6	134,1	
largo (cm)	5	T - 100 / 03	34,7	347	3400,6	136,0	
volumen (cm3)	125	T - 100 / 04	36,4	364	3567,2	142,7	
área (cm2)	25	T - 100 / 05	31,2	312	3057,6	122,3	
		T - 100 / 06	25,6	256	2508,8	100,4	
		T - 50 / 01	60,8	608	5958,4	238,3	
velocidad de carga	100 N.s	T - 50 / 02	64,9	649	6360,2	254,4	
		T - 50 / 03	60,8	608	5958,4	238,3	
		T - 50 / 04	56,4	564	5527,2	221,1	
		T - 50 / 05	54,2	542	5311,6	212,5	
		T / 01	58,8	588	5762,4	230,5	
		T / 02	55,5	555	5439,0	217,6	
		T / 03	59,7	597	5850,6	234,0	
		T / 04	64,5	645	6321,0	252,8	
		T / 05	62,8	628	6154,4	246,2	
		T / 06	57,8	578	5664,4	226,6	

La velocidad de aplicación de la carga se calcula en tal forma que la carga restante para romper los cubos con resistencia esperada mayor de 170.2 KN/cm2, la carga total deberá ser aplicada sin interrupción en un tiempo comprendido entre 20 y 80 segundos.

FÓRMULA APLICADA.-

Para calcular la resistencia a la compresión se usa la siguiente formula:

$$\sigma = \frac{P}{AC}$$

RESULTADOS.-

Resistencia a la compresión obtenida va de un rango de 100.4 KN/cm2 a 254.4 KN/cm2 en donde podemos ver que existen valores que superan la resistencia emitida por la norma, como son las probetas que van desde T-50 / 01, a T / 06. Así mismo otras que no llegan a cumplir las expectativas (igual o superior a 170.2 KN/cm2 resistencia a la compresión). Los valores obtenidos mediante el ensayo cumplen y satisfacen las recomendaciones de la Norma INEN 488 "Determinación de la resistencia a la compresión de morteros en cubos de 50mm de arista" y la Norma INEN 2 518 "Morteros para unidades de mampostería" con lo que se verifica el funcionamiento y se da la valides correspondiente para la aplicación del mortero.

2.1.1.3. Procedimiento fotográfico.

Tabla 22: Procedimiento fotográfico densidad y absorción de agua



Material a utilizar



Mezcla de agregado y aglomerante



Mezclado del material con agua



Colocación de la mezcla en el molde



Probetas cubicas



Desenfofrado de las probetas



Probetas cubicas resultantes



Medición de las probetas a ensayar



Ensayo a compresión



Mezcla de agregado y aglomerante



Probeta sometida a compresión



Determinación de la carbonatación
(Prueba de la fenolftaleína)

2.2. Mortero de revestimiento a base de fibra de sisal

2.2.1. Ensayo tiempo de fraguado del yeso.

Tabla 23: Determinación del tiempo de fraguado del yeso

OBJETIVO.- Determinar el tiempo de fraguado (endurecimiento) del yeso al modificar la temperatura del agua			
DATOS GENERALES			
TIEMPO DE FRAGUADO DEL YESO			
Laboratorio:	Laboratorio de resistencia de materiales (UTPL)	Fecha:	25 / 02 / 2015
Responsable:	Giovanni Quituisaca	Hora:	15 : 30
Código espécimen:		Referencia:	UNE-EN 13279 – 2
Ensayo #:	4	Temperatura:	22 °C
MATERIALES			
Superficie exenta de porosidad. panel de vidrio, Vasos de precipitados 500ml, Cucharilla			
Cronometro, Agua, Yeso, Cúter (espátula)			
PROCEDIMIENTO			
<p>Se pesan 50g de yeso en polvo y se vierte poco a poco sobre 25g de agua de agua calentada previamente a 50°C, removemos (mezclamos) a la misma velocidad durante un minuto, hacemos tres tortas sobre una superficie no porosa como un panel de vidrio</p> <p>La primera torta lleva un poco más agua, la segunda es la idónea y es la que usaremos para determinar el inicio el fin de fraguado y la tercera torta es la que lleva menos agua.</p> <p>Repetimos este paso para 25g de agua a 40°C, 30°C, 22°C, y A 10°C, el proceso de la práctica esta cronometrado tomando el tiempo al comenzar a añadir el yeso sobre el agua, al hacer la raya con un cúter (inicio de fraguado),y al endurecer por completo (fin de fraguado)</p> <p>Intentamos el primero hacer la raya sobre la tercera torta y después en la primera cuando ambas se quedan abiertas hacemos la raya sobre la segunda torta y si queda abierta tomaremos el tiempo de inicio de fraguado</p>			
OBSERVACIONES			
El fraguado ha sido aumentando al incrementar la temperatura del agua			
Las tortas obtenidas al medir el tiempo de inicio y final de fraguado a diferentes temperaturas son de color blanco			

FRAGUADO DEL YESO					
TEMPERATURA		INICIO FRAGUADO MINUTOS	MEDIA CLASE MINUTOS	FINAL FRAGUADO MINUTOS	MEDIA CLASE MINUTOS
50 °C		8,36	6,25	22,3	23,02
40 °C		5,1	5,57	22,31	23,07
30 °C		6,21	7,4	20,24	17,24
22 °C		9,45	7,48	19	17,47
10 °C		7,11	7,15	22,5	20,57

GRAFICA.-

Inicio y fin de fraguado del yeso

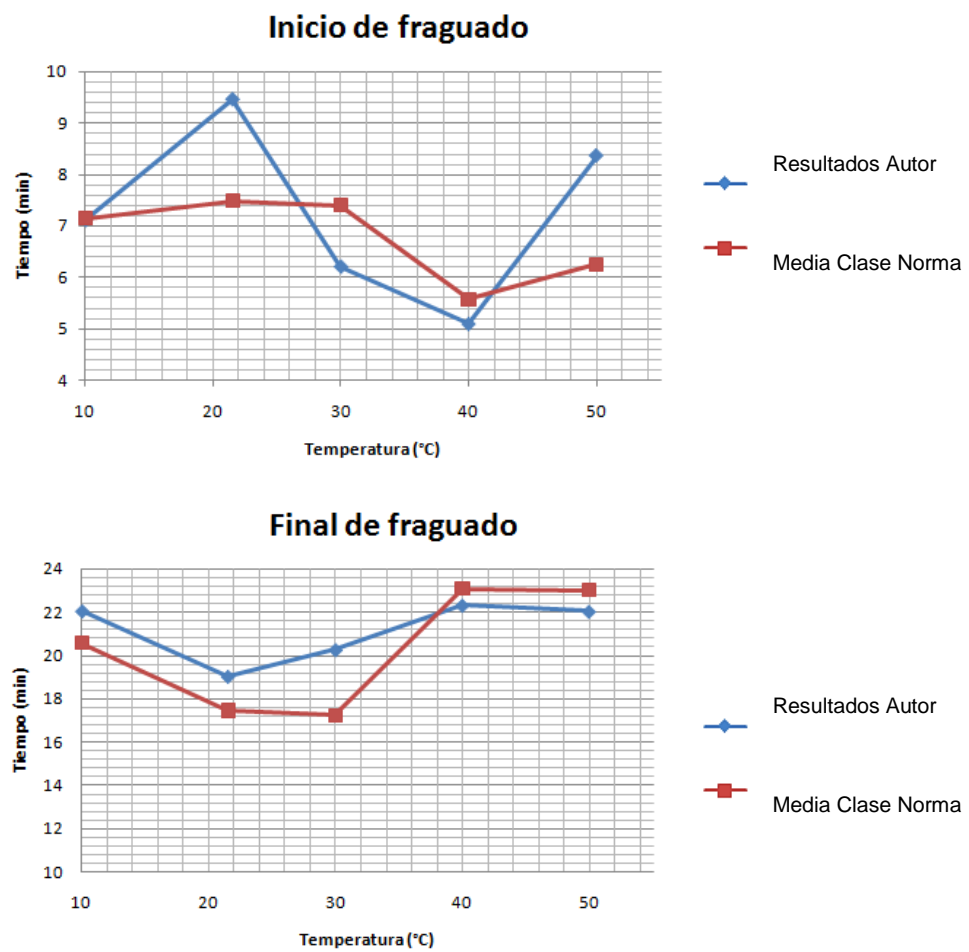


Figura 20: Resultado tiempo de fraguado del yeso

RESULTADOS.-

El yeso a baja concentración se comporta como un acelerante y a alta concentración se comporta como un retardante.

Dependiendo de las temperaturas a 40°C inicia a fraguar antes pero tarda más en fraguar completamente. En cambio a temperatura ambiente 22°C el fraguado se produce más rápido.

Cuando un yeso fragua rápido la consistencia es menor, pero si fragua lento la consistencia es mayor. Para yesos utilizados en moldes será necesario que sean más resistentes, así que se deja fraguar más lento para la reorganización de las moléculas, lo que permitirá ganar mucho más resistencia.

2.2.1.1. Procedimiento fotográfico.

Tabla 24: Procedimiento fotográfico densidad y absorción de agua



Materiales aplicados en el ensayo



Verificación de medidas



Mezclado de los materiales



Pasta óptima para el ensayo



Colocación de la pasta en sup. de vidrio



Pasteles inicio del fraguado



Prueba de fraguado



Fraguado final muestra y resultados

2.2.2. Ensayo resistencia a flexión de la probeta de 16cmx4cmx4cm.

Tabla 25: Determinación de la resistencia a flexión, probeta (yeso + cal + fibra de sisal)

OBJETIVO.- Determinar la resistencia a flexión					
DATOS GENERALES					
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN					
Laboratorio:	Laboratorio de resistencia de materiales (UTPL)			Fecha:	03 / 03 / 2015
Responsable:	Giovanni Quituisaca			Hora:	09 : 00
Código espécimen:	YC 1 / YC 6			Referencia:	UNE 13279 - 2
Ensayo #:	5			Temperatura:	22 °C
MEDIDAS MOLDE Y PESO TENTATIVO					
MOLDE	alto (cm)	ancho (cm)	largo (cm)	Volumen (cm ³)	Peso tentativo (g)
Tipo 1	4	4	16	256	300
MATERIALES					
Yeso, Cal, Fibra de sisal, Cola plástica natural y Agua					
EQUIPO					
Probeta de 1000 ml, Moldes de 4x4x16, Espátula, Apisonador de hule duro, no absorbente, Taras, Versa Testter (máquina para medir la flexión)					
DOSIFICACION.- 1 : 3 (una parte de cal y 3 partes de yeso) / 3% y 6% de fibra de sisal					
COMPONENTES	Peso (g) (%)			Densidad	
Fibra de sisal	12 g = 3 %		25 g = 6 %	1.4 g/cm ³	
Cola natural	25 g		75 g	1.15 g/cm ³	
Yeso	300 g		300 g	2.6 g/cm ³	
Cal	100 g		100 g	2.21 g/cm ³	
Agua	600 ml/g		600 ml/g	1 ml/g	
TIEMPOS					
Tiempo de fraguado	30 minutos				
Tiempo de desencofrado	45 minutos				
Tiempo de curado	De 10 a 15 días				
EDADES:					
TIEMPO	Meses		Días		Horas
Ensayar en:			15 días		
PROCEDIMIENTO					
Se pesa los componentes: Yeso, cal, fibra de sisal y agua. Luego se mezcla los componentes en seco para obtener una mejor composición, a la mezcla se le agrega agua y fibra de sisal sucesivamente para obtener una masa homogénea. Se coloca la masa en un molde, se nivela y se vibra con golpes suaves. Las probetas deben 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.					
OBSERVACIONES					
Se realizó la mezcla de los materiales de forma manual teniendo mejor control sobre los materiales					

PROBETAS ENSAYADAS CON FIBRA DE SISAL EN DISTINTAS DOSIFICACIONES 16cm x 4cm x 4cm				
CÓDIGO		MÓDULO de ROTURA (MPa)	MÓDULO de YOUNG (MPa)	RESILIENCIA (kg/cm ²)
YC1 1.1	3% fibra de sisal - 1cm	1,5212	220,68	11,2692
YC1 1.2	6% fibra de sisal - 1cm	1,1379	18,107	8,4298
YC2 2.1	3% fibra de sisal - 1cm	0,5774	35,648	5,4993
YC2 2.2	6% fibra de sisal - 1cm	0,9463	70,165	9,013
YC3 3.1	3% fibra de sisal - 3cm	1,4253	86,008	13,5763
YC3 3.2	6% fibra de sisal - 3cm	1,4493	101,85	13,8044
YC4 4.1	3% fibra de sisal - 3cm	0,6109	37,685	7,1118
YC4 4.2	6% fibra de sisal - 3cm	0,654	28,777	10,3824
YC5 5.1	3% fibra de sisal - 5cm	1,1618	29,747	18,4442
YC5 5.2	6% fibra de sisal - 5cm	1,3535	51,896	24,3512
YC6 6.1	3% fibra de sisal - 5cm	1,0421	23,213	23,16
YC6 6.2	6% fibra de sisal - 5cm	0,9103	12,691	21,1953
Probetas que cumplieron los parámetros y exigencias de la Norma				

GRÁFICA de RESULTADOS.-

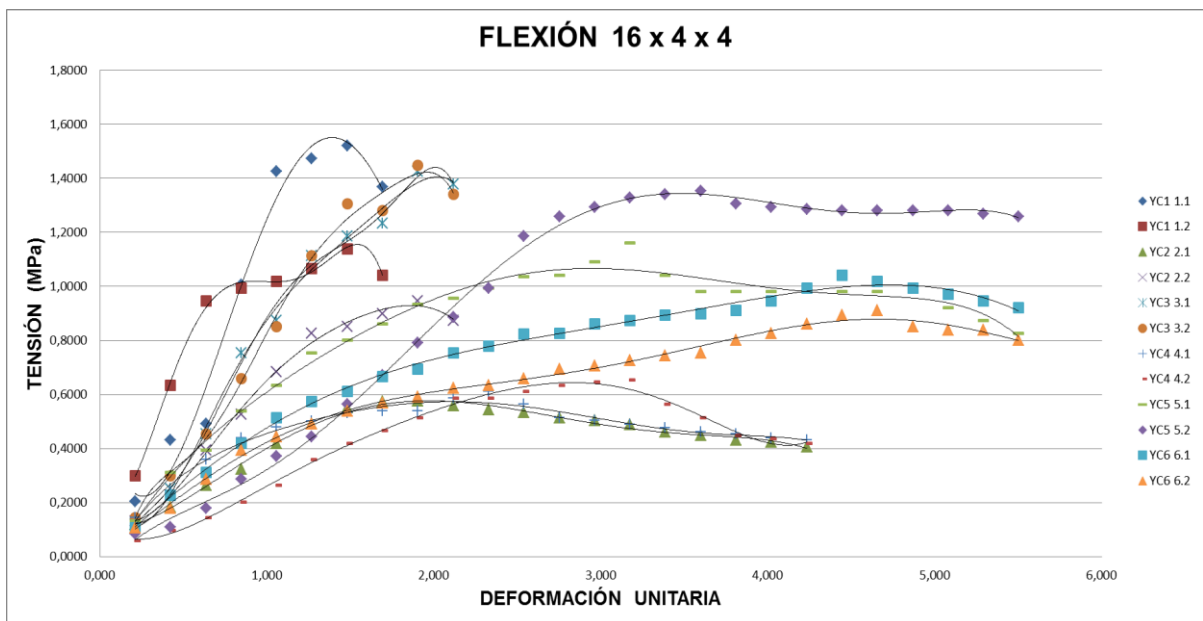


Figura 21: Resultado del ensayo de la resistencia a flexión

FÓRMULA APLICADA.-

Para calcular la resistencia a la flexión se usa la siguiente formula:

$$R = \frac{3 P \cdot L}{2 b \cdot d^2}$$

Dónde:

R = Módulo de ruptura, en Mpa

P = Carga máxima, en N o en Kg

L = Longitud del espécimen (claro), en mm

b = Ancho del espécimen, en mm

d = Grosor promedio, en mm

RESULTADOS.-

La resistencia a la flexión del molde 16cm x 4cm x 4cm , obtenida va de un rango de 5.49 kg/cm² a 24.35 kg/cm², por tal razón las probetas YC5 y YC6 satisfacen los parámetros de la Norma, la misma que especifica un valor de 15 kg/cm² que deben cumplir a la resistencia a flexión

Los valores obtenidos mediante el ensayo físico de flexión cumplen y satisfacen las exigencias de la Norma UNE 13279 – 2 “Yesos de construcción y conglomerantes a base de yeso para la construcción”.

2.2.1.2. Procedimiento fotográfico.

Tabla 26: Procedimiento fotográfico densidad y absorción de agua



Componentes (materiales) a utilizar



Mezclado manual de los materiales



Desarrollo ensayo a flexión



Probeta 16x4x4 inicio de ensayo



Probeta fisurada ensayada



Resultado del ensayo a flexión

2.2.3. Ensayo resistencia a compresión de la probeta de 4cmx4cmx4cm.

Tabla 27: Determinación de la resistencia a compresión

OBJETIVO.- Determinar la resistencia a la compresión yeso					
DATOS GENERALES					
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN					
Laboratorio:	Laboratorio de resistencia de materiales (UTPL)			Fecha:	17 / 03 / 2015
Responsable:	Giovanni Quituisaca			Hora:	09 : 00
Código espécimen:	YC 1 / YC 6			Referencia:	UNE 13279 - 2
Ensayo #:	6			Temperatura:	22 °C
MEDIDAS MOLDE Y PESO TENTATIVO					
MOLDE	alto (cm)	ancho (cm)	largo (cm)	Volumen (cm ³)	Peso tentativo (g)
Tipo 1	4	4	4	64	150
MATERIALES					
Yeso, Cal, Fibra de sisal, Cola plástica natural y Agua					
EQUIPO					
ACCU – TEK máquina de compresión, Probeta de 1000 ml, Moldes de 4x4x4, Espátula					
DOSIFICACION.- 1 : 3 (una parte de cal y 3 partes de yeso)					
COMPONENTES	Peso (g) (%)			Densidad	
Fibra de sisal	12 g = 3 %		25 g = 6 %	1.4 g/cm ³	
Cola natural	25 g		75 g	1.15 g/cm ³	
Yeso	300 g		300 g	2.6 g/cm ³	
Cal	100 g		100 g	2.21 g/cm ³	
Agua	600 ml/g		600 ml/g	1 ml/g	
TIEMPOS					
Tiempo de fraguado	30 minutos				
Tiempo de desencofrado	45 minutos				
Tiempo de curado					
EDADES:					
TIEMPO	Meses		Días		Horas
Ensayar en:			15 días		
PROCEDIMIENTO					
La resistencia a compresión debe determinarse aplicando una carga a los trozos o restos, es decir (la mitad de probeta que resulta del ensayo de resistencia a flexión). Los trozos de las probetas se colocan con sus caras laterales hacia arriba y hacia abajo entre dos platos de acero de la prensa de compresión, de forma que los lados de la probeta que estuvieran en contacto con las caras del molde estén en contacto con los platos de la prensa en una sección de 40 mm x 40 mm.					
OBSERVACIONES					
Se realizó la mezcla de los materiales de forma manual teniendo mejor control sobre los materiales					

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN							
DATOS		CÓDIGO	Carga de rotura toneladas	Carga de rotura KN	N/mm2 (Mpa)	RESISTENCIA KN/cm2	
alto (cm)	4	YC1 1.1	3,7	37	362,6	22,7	
ancho (cm)	4	YC1 1.2	3,5	35	343,0	21,4	
largo (cm)	4	YC2 2.1	4,1	41	401,8	25,1	
volumen (cm3)	64	YC2 2.2	4,4	44	431,2	27,0	
área (cm2)	16	YC3 3.1	4,1	41	401,8	25,1	
		YC3 3.2	3,8	38	372,4	23,3	
		YC4 4.1	2,2	22	215,6	13,5	
velocidad de carga	100 N.s	YC4 4.2	3,1	31	303,8	19,0	
		YC5 5.1	3,8	38	372,4	23,3	
		YC5 5.2	4,6	46	450,8	28,2	
		YC6 6.1	3,9	39	382,2	23,9	
		YC6 6.2	4,5	45	441,0	27,6	

FÓRMULA APLICADA.-

Para calcular la resistencia a la compresión se usa la siguiente formula:

$$\sigma = \frac{P}{AC}$$

Dónde:

σ = Esfuerzo o resistencia a compresión, Mpa o en KN/cm2

P = Carga total máxima de la falla, en N o en kg

AC = Área de la cara del cubo, mm2 o en cm2

RESULTADOS.-

La resistencia a la compresión obtenida va de un rango de 13.5 KN/cm2 a 28.2 KN/cm2, por tal razón la probeta YC4 4.1 es la única que no satisface los parámetros de la Norma, la misma que especifica un valor de 15 kg/cm2 que deben cumplir a la resistencia a flexión.

Los valores obtenidos mediante el ensayo cumplen y satisfacen las recomendaciones de la Norma UNE 13279 – 2 “Yesos de construcción y conglomerantes a base de yeso para la construcción”.

2.2.1.3. Procedimiento fotográfico.

Tabla 28: Procedimiento fotográfico resistencia a la compresión



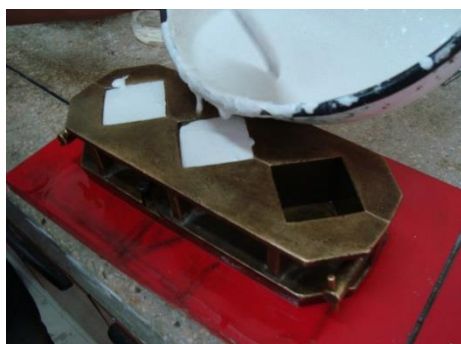
Equipo para desarrollar el ensayo



Componentes (materiales) a utilizar



Mezclado del material



Mezcla o pasta colocada en el molde



Fraguado del material compuesto



Desenfofrado de las probetas



Desarrollo ensayo a compresión



Resultado probeta ensayada

2.2.4. Ensayo de capilaridad.

Tabla 29: Determinación de capilaridad en la probeta

OBJETIVO.- Determinar la capilaridad de probetas					
DATOS GENERALES					
CAPILARIDAD					
Laboratorio:	Laboratorio de resistencia de materiales (UTPL)		Fecha:	30 / 03 / 2015	
Responsable:	Giovanni Quituisaca		Hora:	09 : 00	
Código espécimen:	YC 1 a la YC 6		Referencia:	UNE-EN 1925	
Ensayo #:	7		Temperatura:	22 °C	
MEDIDAS MOLDE Y PESO TENTATIVO					
MOLDE	alto (cm)	ancho (cm)	largo (cm)	Volumen (cm ³)	Peso tentativo (g)
Tipo 1	4	4	16	256	300
MATERIALES					
Recipiente con forma de bandeja, Cronómetro y Cinta métrica					
PROCEDIMIENTO					
<p>Se realiza un barrido de información, se pesan las probetas después de secarlas en la estufa hasta masa constante (md) y se calcula el área de la base a sumergir. Se colocan las muestras en el recipiente sobre pequeños apoyos para proceder a realizar el ensayo de capilaridad.</p> <p>Después de sumergir las muestras 5 mm. Se pone en marcha el contador de tiempo (cronómetro). Se anota su peso (mi) y el tiempo transcurrido (ti) desde el comienzo del ensayo.</p> <p>El resultado se mostrara en un gráfico con la masa de agua impregnada en la probeta pero divididos por el área de la base sumergida en función de la raíz cuadrada del tiempo.</p>					
OBSERVACIONES					
<p>Para la adecuada realización de este ensayo, tomar en cuenta que la cantidad de agua para el ensayo de capilaridad debe estar a una altura de 1cm a 2 cm de la base de la probeta.</p> <p>Capilaridad de la probeta de yeso, cal, fibra de sisal, pegamento natural con el código YC1 a YC6, las cuales se diferencian por su dosificación y el porcentaje de fibra de sisal que se utilizó.</p>					

CAPILARIDAD YC / 4 x 4 x 16			
CÓDIGO	peso/sección (g/cm ²)	peso/sección (g/cm ²)	PROMEDIO (g/cm ²)
YC1 1.1	0,99	0,06	0,525
YC1 1.2	0,92	0,08	0,5
YC2 2.1	0,99	0,18	0,585
YC2 2.2	0,98	0,51	0,745
YC3 3.1	0,98	0,64	0,81
YC3 3.2	0,96	0,83	0,895
YC4 4.1	0,92	0,51	0,715
YC4 4.2	0,92	0,56	0,74
YC5 5.1	0,76	0,49	0,625
YC5 5.2	0,72	0,54	0,63
YC6 6.1	0,79	0,47	0,63
YC6 6.2	0,8	0,61	0,705

GRAFICO.-

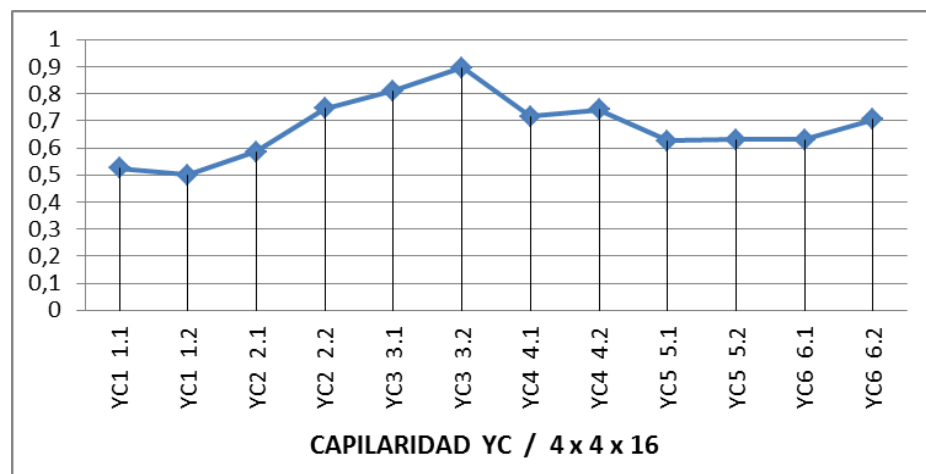


Figura 22: Resultado del ensayo de capilaridad

RESULTADOS.-

La capilaridad no tiene un cambio brusco, más bien se mantienen con una diferencia mínima en cuanto a valores, en las probetas YC / 16cm x 4cm x 4cm, van de un rango de 0.5 g/cm² a 0.7 g/cm². Con este ensayo se pone a prueba las propiedades y características del material compuesto, que por sus características brindan una gran ventaja al momento de utilizarlo en obra ya que la cantidad de líquidos absorbidos es tolerable por su composición.

2.2.1.4. Procedimiento fotográfico.

Tabla 30: Procedimiento fotográfico ensayo de capilaridad



Probetas 16x4x4 ensayo capilaridad



Porcentaje de capilaridad

2.2.5. Ensayo de porosidad.

La norma INEN 573, establece el procedimiento y cálculo del ensayo para determinar la porosidad total, porosidad aparente (poros permeables al agua), porosidad cerrada (poros impermeables al agua), absorción de agua, densidad aparente y densidad aparente (de la parte sólida) en agua, de los materiales compuestos.

Porosidad cerrada.- Relación, expresada en porcentaje, entre el volumen total de poros cerrados y el volumen aparente de la muestra de ensayo

Porosidad aparente (porosidad abierta).- Relación, expresada en porcentaje, entre el volumen total de poros abiertos y el volumen aparente de la muestra de ensayo

Porosidad total.- Relación, expresada en porcentaje, entre el volumen total de poros abiertos y cerrados de la muestra de ensayo y el volumen aparente de la misma

Tabla 31: Determinación de la porosidad

OBJETIVO.- Determinar la porosidad de las probetas					
DATOS GENERALES					
MATERIALES COMPUESTOS "COMPOSITES"					
Laboratorio:	Laboratorio de resistencia de materiales (UTPL)		Fecha:	31 / 03 / 2015	
Responsable:	Giovanni Quituisaca		Hora:	09 : 00	
Código espécimen:	YC 1 a la YC 6		Referencia:	INEN 573	
Ensayo #:	8		Temperatura:	22 °C	
MEDIDAS MOLDE Y PESO TENTATIVO					
MOLDE	alto (cm)	ancho (cm)	largo (cm)	Volumen (cm ³)	Peso tentativo (g)
Tipo 1	4	4	16	256	300
PROCEDIMIENTO					
Se realiza un barrido de información con el peso de las probetas ya curadas, es decir el peso real de cada una, luego procedemos a encontrar la porosidad de cada espécimen, por lo que sumergimos en agua las probetas por un tiempo de 2 horas para que esta actúe sobre los poros abiertos y permita la saturación por completo de la probeta y así poder realizar el ensayo y obtener el grado de porosidad de cada una.					
OBSERVACIONES					
Para la adecuada realización de este ensayo, tomar en cuenta que la cantidad de agua para el ensayo de porosidad debe estar sobre las probetas.					

POROSIDAD COMPOSITE 4 x 4 x 16				
CÓDIGO	PESO SECO (g)	PESO SATURADO (g)	AUMENTO de PESO (g)	POROSIDAD (%)
YC1 1.1	277,75	306,5	28,75	10,351
YC1 1.2	283,55	318,05	34,5	12,167
YC2 2.1	276,75	302,9	26,15	9,449
YC2 2.2	267,25	293,2	25,95	9,710
YC3 3.1	269,77	294,55	24,78	9,186
YC3 3.2	271,95	305,77	33,82	12,436
YC4 4.1	268,65	316,7	48,05	17,886
YC4 4.2	266,14	314,95	48,81	18,340
YC5 5.1	226,95	292,87	65,92	29,046
YC5 5.2	205,48	291,27	85,79	41,751
YC6 6.1	290,44	350,6	60,16	20,713
YC6 6.2	278,75	344,1	65,35	23,444

GRAFICO.-

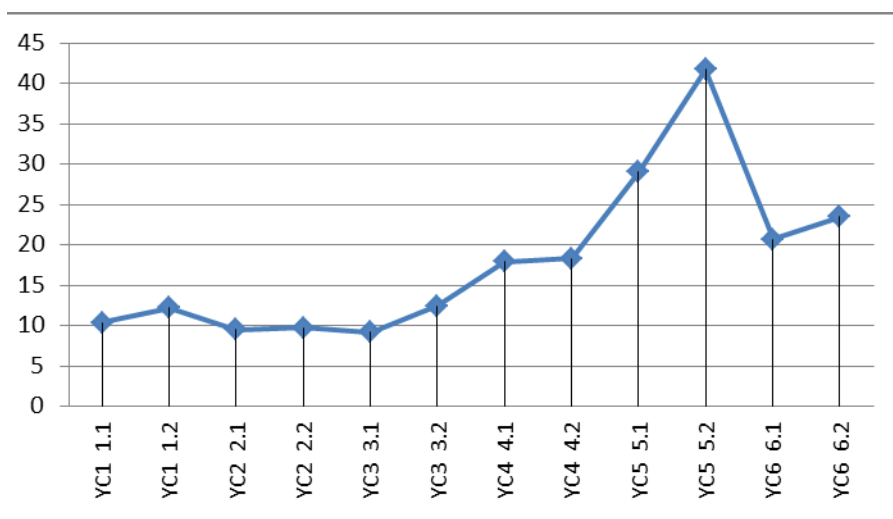


Figura 23: Resultado del ensayo de porosidad

FÓRMULAS APLICADAS.-

POROSIDAD TOTAL.- Se determina mediante la siguiente ecuación:

$$Pt = \frac{Per - Paa}{Per} \times 100$$

Dónde:

Pt = porosidad total, expresada en porcentaje

Per = densidad real, en gramos por centímetro cúbico

Paa = densidad aparente, en gramos por centímetro cúbico

POROSIDAD APARENTE.- Se determina mediante la ecuación siguiente:

$$Pa = \frac{Ga - G}{Va} \times 100$$

Dónde:

Pa = porosidad aparente, expresada en porcentaje.

Va = volumen aparente, en centímetros cúbicos

Ga = masa de la muestra saturada de agua

G = masa de la muestra seca a la temperatura de 105°C a 110°C

RESULTADOS.-

Con la ejecución de este ensayo podemos darnos cuenta que realizando el mismo proceso, utilizando los mismos materiales y poniendo en práctica la misma técnica para desarrollar las probetas, podemos manifestar que para ser el mismo compuesto ninguno se parece y su composición es distinta. En las probetas YC 16cm x 4cm x 4cm la porosidad va en un rango de 9.18 % a 41.75 %2

2.2.1.5. Procedimiento fotográfico.

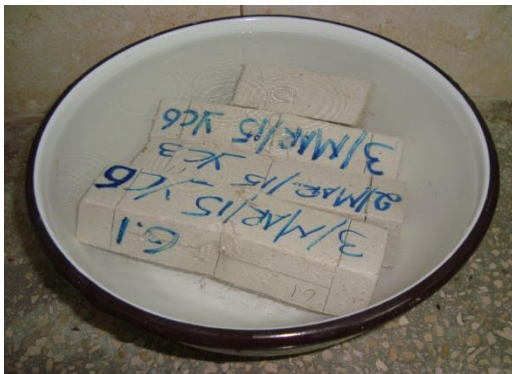
Tabla 32: Procedimiento fotográfico ensayo de porosidad



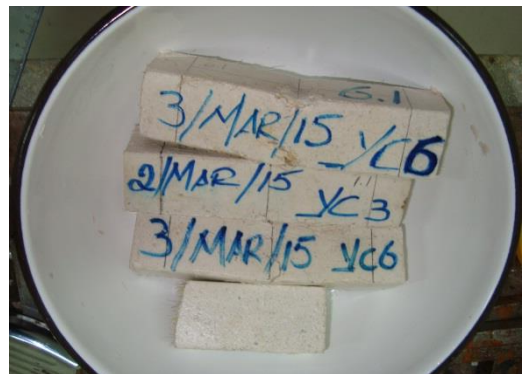
Probetas para ensayo de porosidad



Colocación del agua, inicio saturado



Porosidad 2 horas en el agua



Resultado probetas, fin saturado

2.2.6. Ensayo a la resistencia al hinchamiento.

Para realizar las pruebas de hinchamiento y absorción de agua, se utilizaron las probetas "materiales compuestos" YC 16cm x 4cm x 4cm, que fueron sometidas a diferentes ensayos, las mismas que cumplieron con la norma NTE INEN 900 – ASTM 1185.

El espesor de cada probeta fue tomado previo al desarrollo de la prueba, para luego de realizarlo poder comprobar la cantidad de absorción de agua en el diámetro de cada probeta sumergida (saturada en agua).

Tabla 33: Determinación a la resistencia al hinchamiento

OBJETIVO.- Determinar la resistencia al hinchamiento					
DATOS GENERALES					
RESISTENCIA AL HINCHAMIENTO					
Laboratorio:	Laboratorio de resistencia de materiales (UTPL)		Fecha:	02 / 04 / 2015	
Responsable:	Giovanni Quituisaca		Hora:	09 : 00	
Código espécimen:	YC 1 a la YC 6		Referencia:	INEN 899	
Ensayo #:	9		Temperatura:	22 °C	
MEDIDAS MOLDE Y PESO TENTATIVO					
MOLDE	alto (cm)	ancho (cm)	largo (cm)	Volumen (cm ³)	Peso tentativo (g)
Tipo 1	4	4	16	256	300
PROCEDIMIENTO					
Para el desarrollo de este ensayo se deberá medir el espesor de cada probeta antes y después de ser sumergida en el agua con temperatura ambiente, durante un tiempo de 2 y 24 horas, según lo establece la norma INEN 899. Luego de realizar el respectivo barrido de información antes de ser sumergidas en agua, en el mismo lugar que se realizó la medida antes de la prueba, procedemos a determinar el porcentaje de hinchamiento de cada probeta aplicando.					
OBSERVACIONES					
Para obtener buenos resultados en el desarrollo de este ensayo, se debe respetar los tiempos que las probetas van a estar sumergidas en agua y realizar una correcta medición.					

RESISTENCIA AL HINCHAMIENTO YC 4 x 4 x 16					
CÓDIGO	ESPESOR PREVIO	ESPESOR 2 horas	HINCHAMIENTO 2 horas	ESPESOR 24 horas	HINCHAMIENTO 24 horas
YC1 1.1	4,02	4,09	1,74	4,12	2,49
YC1 1.2	4,05	4,12	1,73	4,15	2,47
YC2 2.1	4,09	4,15	1,47	4,17	1,96
YC2 2.2	4	4,08	2,00	4,11	2,75
YC3 3.1	3,95	4,06	2,78	4,09	3,54
YC3 3.2	3,98	4,07	2,26	4,09	2,76
YC4 4.1	3,99	4,11	3,01	4,13	3,51
YC4 4.2	4,01	4,15	3,49	4,16	3,74
YC5 5.1	4	4,09	2,25	4,12	3,00
YC5 5.2	3,99	4,12	3,26	4,15	4,01
YC6 6.1	4	4,14	3,50	4,16	4,00
YC6 6.2	4	4,13	3,25	4,15	3,75

FÓRMULAS APLICADAS.-

HINCHAMIENTO.- Se determina mediante la siguiente ecuación:

$$Ht = \frac{t2 - t1}{t1} \times 100$$

Dónde:

H = hinchamiento

$T1$ = espesor de probeta previo a inmersión

$T2$ = espesor de probeta luego de la inmersión

RESULTADOS.-

El porcentaje (%), de hinchamiento total o máximo de los materiales compuestos ensayados perteneciente a YC 16cm x 4cm x 4cm es de 4.01%, resultando óptimos, ya que responde a la Norma INEN 899. Tomando en cuenta que la Norma establece un porcentaje total o máximo de 20% de hinchamiento, resultando factibles las probetas ensayadas para ser aplicados en la construcción.

2.2.1.6. Procedimiento fotográfico.

Tabla 34: Procedimiento fotográfico ensayo a la resistencia al hinchamiento



Lote de probetas



Equipo a utilizar



Probetas saturadas en agua



Medición de probetas ensayadas



Medición y registro de resultados del ensayo

CAPITULO III.- APLICACIÓN DEL MORTERO EN MAMPOSTERÍA DE LADRILLO

3.1. Experimentación y aplicación del mortero de revestimiento

El desarrollo de nuevos materiales para la construcción a base de fibras naturales, se caracterizan por presentar elevadas prestaciones físicas, mecánicas y no requerir en su elaboración ni los elevados consumos energéticos, ni las elevadas emisiones de productos contaminantes que son inherentes al proceso de fabricación de este tipo de mortero de revestimiento que se plantea.

Esta experimentación y aplicación del mortero de revestimiento, en mampostería de ladrillo, es evaluada de acuerdo a su finalidad, respetando y cumpliendo a cabalidad las normas.

3.1.1. Resumen de los mejores resultados.

De todos los ensayos realizados para determinar las propiedades físicas y mecánicas de las probetas, se obtuvo:

Las probetas de mortero de revestimiento a base de yeso, cal, fibra de sisal y cola natural, los mismos que cumplieron las pruebas físico-mecánicas cuyo código es YC5 – YC6, con dimensiones de 16cm x 4cm x 4cm, son las que cumplen las exigencias de la Norma.

Con diferente dosificación, cantidad de líquido y porcentaje de fibra de sisal hemos logrado obtener excelentes resultados, siendo nuestro punto de partida y nuestra mejor opción para la propuesta y elaboración de mortero de revestimiento a base de fibra de sisal, estas son opciones naturales, amables con el medio, calificada, de calidad y con excelentes acabados lo cual permitirá tener mucha más variedad al momento de proyectar y concebir la Arquitectura.

Estas son las probetas base que se tomarán para la aplicación en obra del mortero de revestimiento los mismos que obtuvieron una resistencia mayor a 15 kg/cm², lo que sobrepasa la norma establecida, UNE 13279.

Las características de este mortero son:

Velocidad.- Todas las obras tienen restricciones en las fechas, las cuales deben cumplirse, en caso contrario se puede terminar con multas y costos indeseados. El

sistema de revocado y acabado de nuestro acorta los plazos de ejecución y terminación en tiempos considerables.

Calidad.- Garantizamos la calidad y presentación final del mortero de revestimiento, trabajando con técnicas y procesos calificados que cumplen y satisfacen la norma de pruebas y ensayos físicos de los materiales.

Versátil.- El producto es muy flexible lo que permite desarrollar cualquier tipo de proyecto arquitectónico, ya sea volúmenes especiales o cualquier tipo de mampostería.

Térmico.- Le permite mantener cada ambiente con su propia temperatura, evitando pérdidas de energía en lugares con aire acondicionado o calefacción gracias a su conductibilidad térmica de 0.38 Kcal/mh^oc.

Costos.- Debemos combinar el ahorro que se obtiene en la disminución de tiempos, simplificación en el acabado de superficies, el ahorro de mano de obra, la reducción de precio con respecto al proceso constructivo tradicional. Todos estos factores inciden positivamente en su obra obteniendo mejores resultados y proyectos terminados antes de fecha y de calidad.

Tabla 35: Probetas que cumplen las exigencias de la norma

PROBETA YC 5 5.1 / 5.2	MATERIALES	PESO	DENSIDAD	PESO + TARA	PESO / DENSIDAD	Fracción volumétrica (%)
	FIBRA de SISAL 5cm	12 g = 3%	1,4 g/cm ³	52 g	8,57	1,084
	COLA NATURAL	25 g	1,15 g/cm ³	65 g	21,74	2,749
	YESO	300 g	2,6 g/cm ³	472 g	115,38	14,588
	CAL	100 g	2,21 g/cm ³	272 g	45,25	5,721
	AGUA	600 ml/g	1 ml/g	660 ml/g	600	75,859
					Σ = 790,94 g/cm³	Σ = 100,000
VOLUMEN	16 x 4 x 4		256 cm ³			

PROBETA YC 6 6.1 / 6.2	MATERIALES	PESO	DENSIDAD	PESO + TARA	PESO / DENSIDAD	Fracción volumétrica (%)
	FIBRA de SISAL 5cm	25 g = 6%	1,4 g/cm ³	65 g	17,85	2,116
	COLA NATURAL	75 g	1,15 g/cm ³	115 g	65,21	7,729
	YESO	300 g	2,6 g/cm ³	472 g	115,38	13,676
	CAL	100 g	2,21 g/cm ³	272 g	45,25	5,363
	AGUA	600 ml/g	1 ml/g	660 ml/g	600	71,116
					Σ = 843,69 g/cm³	Σ = 100,000
VOLUMEN	16 x 4 x 4		256 cm ³			

3.1.2. Análisis económico.

Tabla 36: Análisis económico

ANÁLISIS ECONÓMICO					
RUBRO.- Mortero de revestimiento a base de fibra de sisal					
UNIDAD.- m2					
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO (\$)
HERRAMIENTA MENOR (5% M.O.)					0,20
EQUIPOS DE PROTECCIÓN	1,00	0,05	0,05	0,6000	0,03
ANDAMIOS	1,00	0,70	0,70	0,6000	0,42
SUBTOTAL					0,65
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO (\$)
PEÓN ALBAÑIL	1,00	1,5	0,60000	0,4000	0,24
ALBAÑIL	1,00	3,22	1,25000	0,4000	0,5
SUBTOTAL					0,74
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO (\$)	
YESO	kg	0,085	6,00	0,51	
CAL (25)KG	saco	0,06	0,73	0,0438	
AGUA	m ³	0,0042	2,50	0,0105	
FIBRA DE SISAL	kg	6,75	0,55	3,7125	
COLA NATURAL	kg	0,8750	1,75	1,53125	
SUBTOTAL					5,80805
Total de costos directos (m+n+o):		0,65 + 0,74 + 5,80805			7,19805
Indirectos %:					
Utilidades %					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					7,20

3.1.3. Costes y beneficios.

Tabla 37: Comparación de costos y beneficios

COMPARACIÓN DE COSTES Y BENEFICIOS	MORTERO DE CAL AÉREA	MORTERO DE CEMENTO	MORTERO DE ARCILLA	MORTERO DE YESO A BASE DE FIBRA DE SISAL
DESCRIPCIÓN	Cal aérea, dosificación 1-3 / 4-5 con arena mezclada	Arena y cemento	Arcilla y cola	Yeso, cal, fibra de sisal y cola natural
RIESGOS	Fuertemente alcalino	Aditivos tóxicos del cemento	NINGUNO	NINGUNO
RESISTENCIA MECÁNICA A COMPRESIÓN	15,296 kg/cm ²	101,97 kg/cm ²	44,818 kg/cm ²	15,00 kg/cm ²
RECURSOS NATURALES	SUFICIENTE	SUFICIENTE	SUFICIENTE	SUFICIENTE
CONSUMO ENERGÉTICO	1,03 MJ/kg 1,3 MJ/kg 515 KW/m ³ 647 KW/m ³	Cemento 3,3-4,8 MJ/kg	0,5 MJ/kg = 236 KW/m ³	1,94 MJ/kg = 592 KW/m ³
CAPACIDAD DE RECICLAJE	NO	NO	SI	SI
EMISIONES DE CO2 POR COMPONENTE BÁSICO DEL MATERIAL	46,80 kgCO2/m ²	12,09 kgCO2/m ²	14,02 kgCO2/m ²	10,64 kgCO2/m ²
PRECIO M2 Y MANO DE OBRA	14,58 \$	10,75 \$	7,75 \$	7,20 \$

3.1.4. Conclusiones generales.

Ventajas

- El mortero propuesto a base de fibra de sisal no causa daño en el medio ambiente, es más reduce considerablemente esta acción.
- La producción del mortero nos arroja precios menos elevados que de los sistemas y materiales constructivos que se utilizan en la actualidad.
- La fibra de sisal es un elemento natural que tiene la finalidad de amarrarse entre sí, para formar un conjunto sólido y así evitar la presencia de fisuras.
- Los materiales utilizados son de excelente compatibilidad y costos, por lo que lo hace más rentable al momento de construir.

3.1.5. Vinculación con la patología constructiva no estructural.

El revestimiento a base de fibra de sisal, se convierte en un mortero mejorado con fibra textil de alta calidad, la cual protege y aísla la superficie de la mampostería de ladrillo, con una pequeña sección transversal y una elevada relación longitud-anchura.

La función principal de la fibra de sisal es amarrar o unir todos los materiales sobre la mampostería de ladrillo, lo que genera un sólido relativamente flexible. El mortero mejorado nos permite conocer y experimentar nuevos métodos de construcción, de fabricación y confirmar que la fibra de sisal puede exitosamente cubrir, aislar y reforzar la mampostería de ladrillo. La fusión de materiales y la fibra de sisal con sus características controla notablemente el agrietamiento por encogimiento plástico, fisuras, la resistencia al impacto y la tenacidad o ductilidad, la resistencia a flexión, la resistencia a la fatiga y cortante y la capacidad para resistir agrietamiento o desprendimiento.

Aparte de estas propiedades también ofrece un aislamiento acústico y en casos concretos una gran resistencia ignífuga lo cual los hacen idóneos para ser utilizados en la construcción, como una opción nueva, amable con el medio y lo primordial solo con componentes naturales, no tóxicos para los seres vivos.

3.1.6. Dosificación.

Tabla 38: Dosificación mortero de revestimiento

OBJETIVO.- Aplicación del mortero de revestimiento en obra			
DATOS GENERALES			
APLICACIÓN DEL MORTERO DE REVESTIMIENTO			
Lugar:	Vivienda Cdla. Chofer las Pitas	Fecha:	20 / 03 / 2015
Responsable:	Giovanni Quituisaca	Hora:	09 : 00
Código espécimen:	YC 5 / YC 6	Referencia:	UNE 13279 - 2
Ensayo #:	10	Temperatura:	22 °C
MATERIALES			
Yeso, Cal, Fibra de sisal (longitud 5 cm) , Cola plástica natural y Agua			
DOSIFICACION.- 1 : 3 (una parte de cal y 3 partes de yeso) / Pruebas de laboratorio			
COMPONENTES	Peso (g) (%) YC 5	Peso (g) (%) YC 6	Densidad
Fibra de sisal 5 cm	12 g = 3 %	25 g = 6 %	1.4 g/cm ³
Cola natural	25 g	75 g	1.15 g/cm ³
Yeso	300 g	300 g	2.6 g/cm ³
Cal	100 g	100 g	2.21 g/cm ³
Agua	600 ml/g	600 ml/g	1 ml/g
DOSIFICACION.- 1 : 3 (una parte de cal y 3 partes de yeso) / En obra			
COMPONENTES	MATERIAL		DESPERDICIO
Fibra de sisal 5 cm	2.5 Kg = 3% / 4.5 Kg = 6%		5 %
Cola natural	5 lt		
Yeso	50 Kg		
Cal	25 Kg		
Agua	10 %		
Las cantidades cubren una pared de 3.50m x 3.00m dando como resultado 10 m ²			
PROCEDIMIENTO			
<p>La aplicación de este revoque natural, busca consolidar la obra, darle un giro al sistema constructivo, otorgando protección contra los ataques de elementos agresivos (patología constructiva), dándole mayor resistencia y realzando el valor estético de las edificaciones. Para obtener un buen producto se procede a pesar los componentes para poder realizar una buena dosificación que cumpla con las exigencias de la Norma. Utilizando: Fibra de sisal 5 cm, Cola natural, Yeso, Cal y Agua.</p> <p>Limpiar y corregir la presencia de patologías en la mampostería, curar la mampostería es decir dejarla secar a temperatura ambiente por dos semanas para que haya uniformidad, impermeabilizar la parte exterior de la mampostería con una lona plástica negra y aislar la zona a tratar de los factores ambientales. Luego si procedemos con el desarrollo y aplicación de nuestro mortero respetando los porcentajes y tiempos de los componentes.</p>			
OBSERVACIONES			
Se realizó la mezcla de los materiales de forma manual teniendo mejor control sobre los materiales, respetando sus propiedades y tiempos para obtener buenos resultados.			

3.1.6.1. Aplicación procedimiento fotográfico.

Tabla 39: Estado actual



Sitio, mampostería afectada



Patología constructiva humedad



Humedad en la base de la pared



Humedad en la base de la pared



Desprendimiento de la pintura



Desprendimiento del mortero



Cortes, fisuras y grietas



Humedad y presencia de moho

Tabla 40: Procedimiento, intervención



Extracción del mortero dañado



Daño por humedad



Picar y extraer la parte afectada



La mampostería afectada en gran parte



Parte afectada y parte sana



Extracción total del mortero



Secado y curado de la mampostería



Mampostería sana



Colocación de impermeabilizante



Impermeabilizante zona afectada



Curado exterior mampostería



Impermeabilización zona exterior



Yeso y cal a utilizar



Fibra de sisal 5 cm



Mezclado en seco



Composición del mortero de revestimiento



Aplicación en la mampostería



Aplicación con llana metálica



Lechado



Finalización del proceso



Acabado final



Acabado final



Acabado final



Acabado final



Acabado final

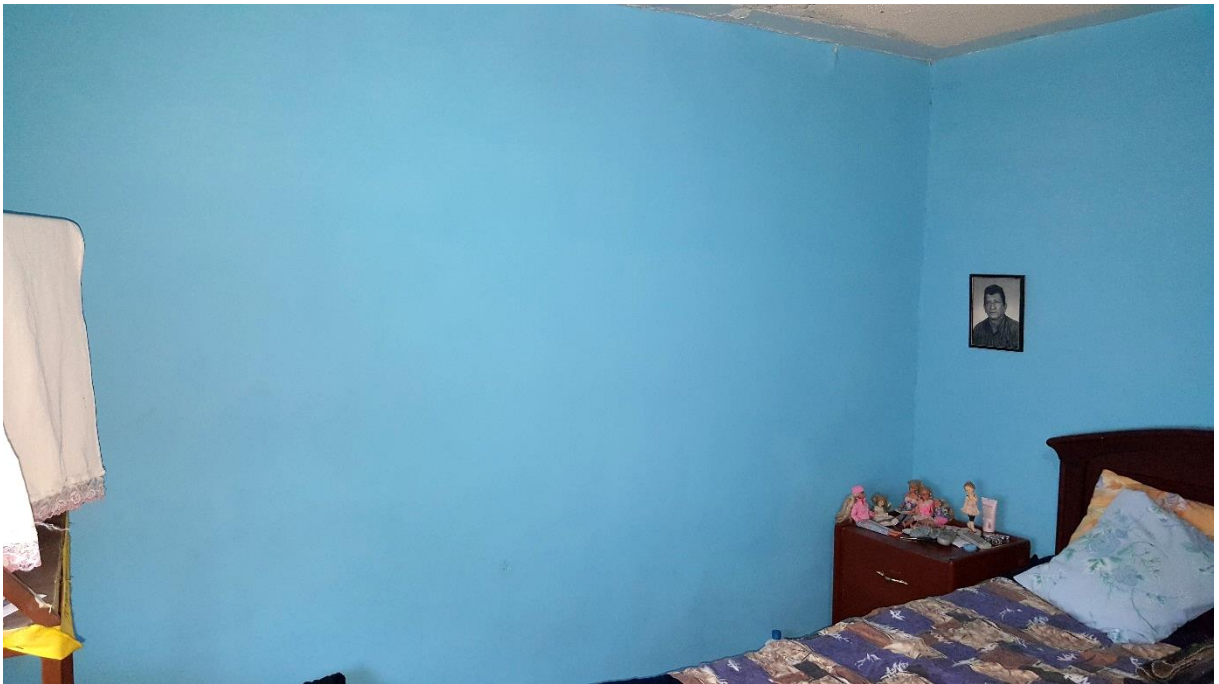


Acabado final



3.1.7. Evaluación y seguimiento luego de 6 meses.

Tabla 41: Evaluación y seguimiento luego de 6 meses



Este seguimiento y evaluación del comportamiento del mortero de yeso a base de fibra de sisal, por el tiempo de 6 meses, nos brinda la satisfacción de que se cumplieron los objetivos planteados y la finalidad que se buscaba para el mortero en el campo de la construcción, ya que no existen alteraciones o anomalías como la presencia del fisuramiento, desprendimientos, humedad o decoloración. Lo que representa una nueva opción, amigable con el medio ambiente, con costos reducidos y con resultados óptimos.

COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Al inicio de esta investigación se planteó como hipótesis: A través del desarrollo de un mortero de revestimiento mejorado a base de fibra de sisal y sustentado con el cumplimiento de las normas, se puede alcanzar un elemento de propiedades físicas y mecánicas óptimas que brinden estabilidad y durabilidad.

La cual cumple a cabalidad, esto se puede observar en los resultados, en la aplicación y experimentación de este proceso investigativo, resultando positivo en cuanto a la estabilización, resistencia física y mecánica obtenidas siendo la fibra de sisal la protagonista de esta investigación y que cumple las exigencias de la norma y lo que se ve reflejado en la aplicación en la vivienda de ensayo y que hasta la actualidad no presenta anomalías.

CONCLUSIONES

Las conclusiones se derivan del análisis y de los resultados obtenidos a lo largo de este trabajo investigativo, estas responden al cumplimiento de los objetivos principales que han guiado el desarrollo de este trabajo, dirigido al mejoramiento del mortero de revestimiento a través de la fibra de sisal.

- El mejoramiento de un mortero de revestimiento, un mortero natural, flexible capaz de reconfigurarse de forma continua, para mejorar el acabado de las paredes que brindaran mejorar el confort en los espacios de las viviendas. Tiene una característica especial, de que todo el material por el que está compuesto es natural esto permite repararse y sustituirse, alargando al máximo su ciclo de vida, además son 100% biodegradables y renovables por excelencia.
- La resistencia a flexión de las probetas de códigos YC5 / YC6 lograda es mayor a lo establecido en la norma INEN de 15 kg/cm².
- La resistencia a compresión de las probetas de códigos YC5 / YC6 lograda es mayor a lo establecido en la norma INEN de 20 kg/cm².
- La fibra de sisal es saludable, un material de calidad y de alta tecnología, hay que saber aprovecharla ya que existe en nuestra medio, con lo cual se puede generar nuevas alternativas constructivas.
- La investigación, le hace frente a los problemas actuales de mayor impacto ambiental que existen en la construcción, por tal razón incentiva a seguir investigando y desarrollando distintos tipos de morteros de revestimiento e introducirlos al campo constructivo y así reducir la huella ecológica, basándose en principios naturales.
- Se analizó la composición y función del mortero de cemento, como punto de partida para iniciar e introducirnos en el desarrollo de un mortero nuevo, natural y que a futuro reemplace o compita con el mortero de cemento.
- El acabado y presentación final del es de alta calidad, tiene una textura, un color y una exposición de calidad, lo que tranquilamente reduce y elimina los rubros de revestimiento, empastado y pintura, convirtiéndolo en un material de bajo costo.
- La experimentación es la mejor forma de que uno como profesional en formación pueda entender cómo trabajan los materiales y si los fusionamos podemos obtener nuevos compuestos que puedan solucionar muchos problemas que existen en nuestro medio en el ámbito de la construcción.

RECOMENDACIONES

- Para realizar un proyecto amable con el medio, es recomendable interpretar la teoría como características, propiedades, reacciones y efectos que estos van a generar al momento de formar parte de un sistema constructivo, desde el punto de vista económico, social y cultural.
- La elaboración de un mortero mejorado tiene sus ventajas y desventajas por tal motivo se debe hacer conciencia al momento de la utilización de la materia prima, con el fin de evitar y causar daño al medio.
- Tener cuidado cuando trabajamos con yeso, ya que debido a su propiedad de fraguado rápido, se debe tomar decisiones inmediatas para no echar a perder recursos.
- Utilizar una fibra sana en un 100 %, ya que de esto dependerá las función y vida útil de nuestro mortero, esto se puede comprobar en el color, textura, olor y debe estar completamente libre de humedad.
- Usar pigmentos naturales es una opción muy buena para brindar distintos colores a nuestro mortero de revestimiento y así se puede dar un acabado diferente y evitar en un futuro inmediato el pintado de paredes.
- Al ser utilizado en un mortero de revestimiento se debe tomar en cuenta la trabajabilidad y el tiempo de fraguado del mortero para que al momento de aplicarlo no exista inconvenientes.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, D. (2010). *Arquitectura y construcción sostenible*.
- AFAM. (2005). *Asociación nacional de fabricantes de mortero*.
- Alderton, C. (2001). *BIOCONSTRUCCIÓN*. Paris.
- ASTM C 128-01. *Ensayo Normalizado para Determinar Densidad y la Absorción de los Áridos Finos*.
- Cabrera R, Carlos. (2008-2009). *Uso de fibras vegetales en la edificación sostenible*
- Carrió M, Juan. Arquitecto. (1997). *Patología de Acabados Arquitectónicos*, España/Madrid.
- Elguero, A. M. (2004). *Patologías Elementales*. Nobuko: Juan O´Gorman.
- Fiol O, Francisco. (2014). *Manual de Patología y Rehabilitación de Edificios*.
- Florentín, M. (2009). *Patologías Constructivas*. Asunción: UNA .
- Granada, R. (2009). *Patologías Constructuras*. Asunción: UNA San Lorenzo.
- Hernández O, Francisco. 21(10) (2007), 1918-1927. "Fatigue Behaviour of Recycled Tyre Rubber-Filled Concrete and its implications in the Design of Rigid Pavements" *Construction and Building Materials*.
- Hernández O, Francisco. (2011 - 2012). *Manual de Prácticas: Materiales de construcción código: 35001303*
- Hernández O, Francisco. (2013 - 2014). *Composites de Yeso – Fibra de Lino y Sisal*
- INEN. (2012). *Cemento para mortero*. Quito.
- INEN 488. *Cemento Hidráulico, Determinación de la Resistencia a la Compresión*.
- INEN 518. *Morteros para Unidades de Mampostería*.
- INEN 536. *Áridos para uso en Morteros para mampostería*.
- INEN 573. *Cemento Portland*.
- INEN 696. *Análisis Granulométrico en los Áridos, Fino y Grueso*.
- Instituto del concreto. (1997). *Tecnología y propiedades* (2da ed., vols. 958 – 96709-1-1). Colombia: Printed in Colombia

IUCC. (2002). *HISTORIA, CARACTERIZACIÓN Y RESTAURACIÓN DE MORTEROS*. SEVILLA : Pedro Cid. S.A.

Madurgas S, Daniel. (2014). *Humedades en las Edificaciones*.

Mata, F. (2010). *La selección sostenible de los materiales de construcción*. Madrid: Revista Tecnológí@ y desarrollo.

Monjo, J. (1997). *Patología de cerramientos y acabados arquitectonicos*. Madrid: Munilla-Leira.

Pérez, A., & Quitanilla. (2002). *La patología constructiva* . Santiago de chile : ARQ Editores.

R. Amhein, E. L. (1978). *La forma visual de la arquitectura*. España: Barcelona: Gili, 1978.

Sánchez, D. (2001). *Tecnología del concreto y mortero*. Bogotá: Quebecor World Bogotá.

Sistema Internacional de Unidades. (s.f.). *Wikipedia, La enciclopedia libre*.

Tratado de Rehabilitación. (1998).

TESIS

OSORIO Alexander, HERRERA Varón. (2007). Comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibras de bagazo de caña de azúcar. Universidad Nacional de Colombia.

PEÑALOZA G, Willian F. (2012). Aplicación del barro en revestimiento de paredes en el cantón Cuenca. Universidad de Cuenca, Facultad de artes, Escuela de diseño.

REYES Sergio, (2013). Paneles de fibras vegetales. Universidad Técnica Particular de Loja. Ecuador.

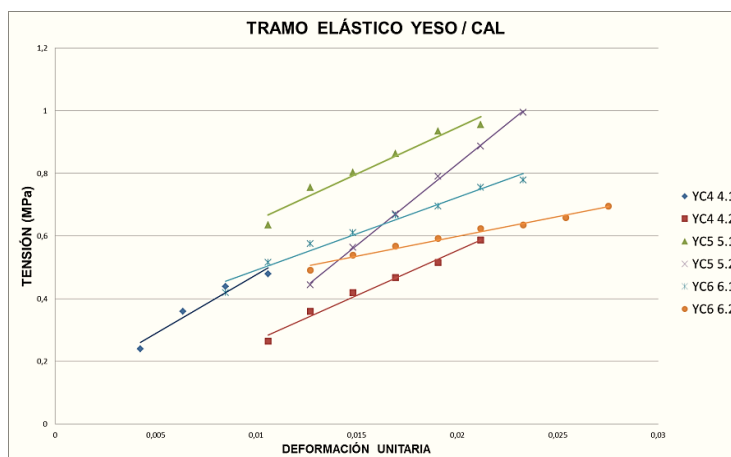
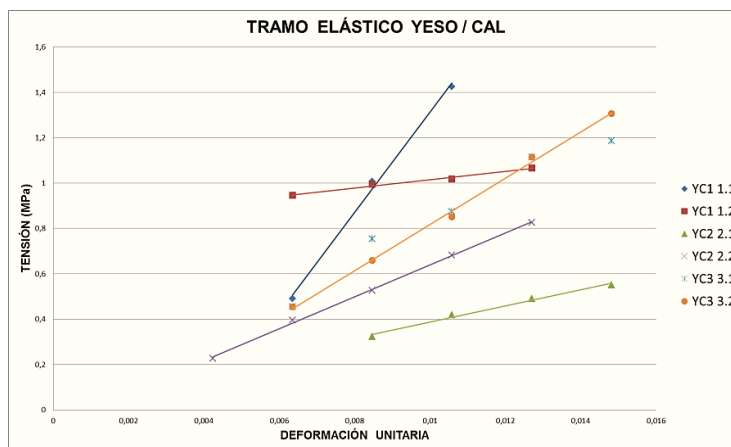
SANZ A, David. (2009). Análisis del yeso empleado en revestimientos exteriores mediante técnicas geológicas. Universidad Politécnica de Madrid.

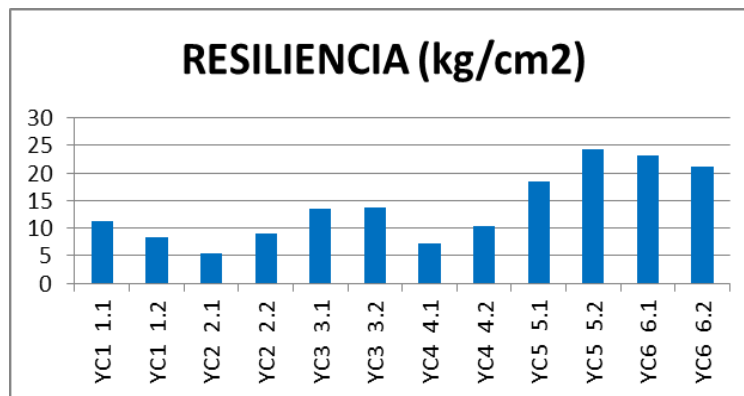
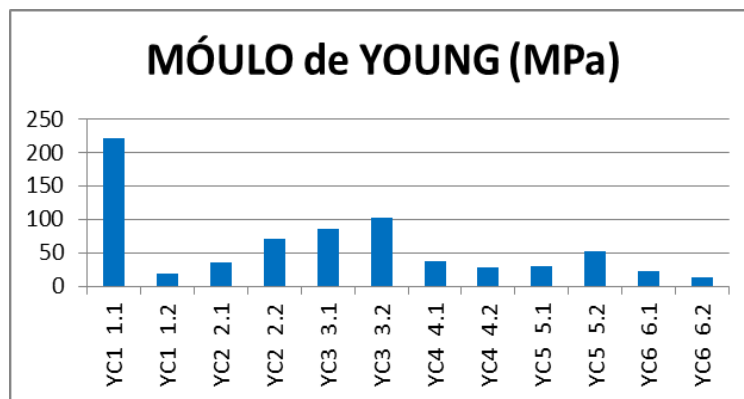
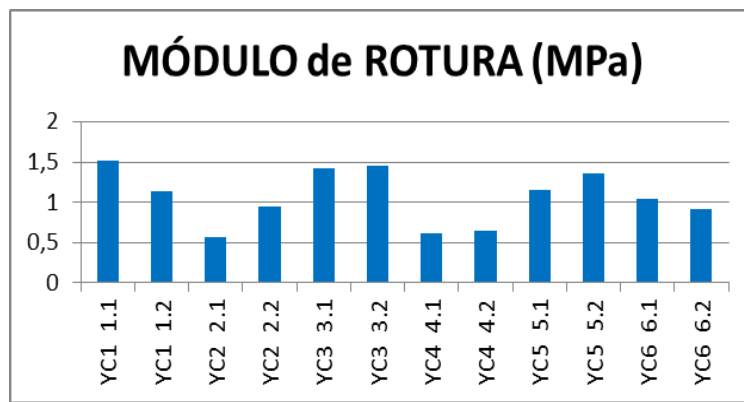
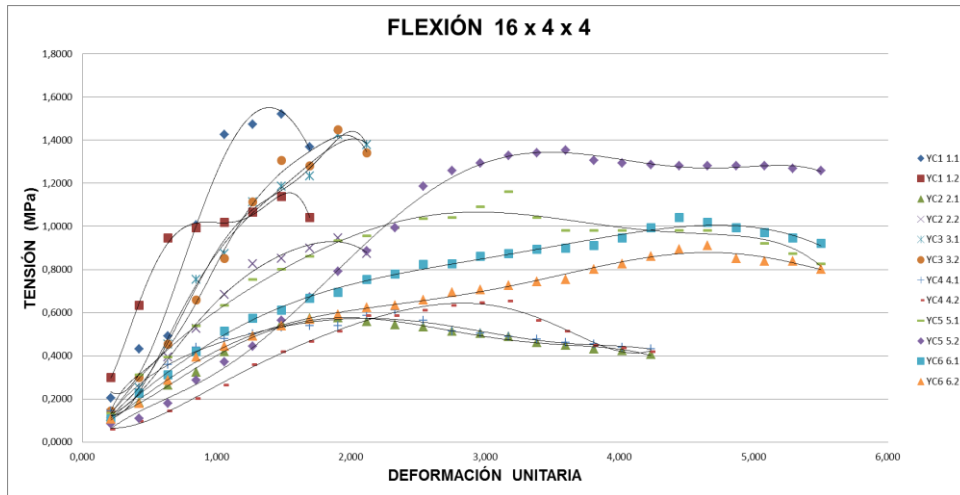
ANEXO

ANEXO 1.- ENSAYO A FLEXIÓN PROBETAS 16 x 4 x 4cm.

Tabla 42: Modulo de rotura

PROBETAS ENSAYADAS CON FIBRA DE SISAL EN DISTINTAS DOSIFICACIONES 16 x 4 x 4				
CÓDIGO		MÓDULO de ROTURA (MPa)	MÓDULO de YOUNG (MPa)	RESILIENCIA (kg/cm ²)
YC1 1.1		1,5212	220,68	11,2692
YC1 1.2		1,1379	18,107	8,4298
YC2 2.1		0,5774	35,648	5,4993
YC2 2.2		0,9463	70,165	9,013
YC3 3.1		1,4253	86,008	13,5763
YC3 3.2		1,4493	101,85	13,8044
YC4 4.1		0,6109	37,685	7,1118
YC4 4.2		0,654	28,777	10,3824
YC5 5.1		1,1618	29,747	18,4442
YC5 5.2		1,3535	51,896	24,3512
YC6 6.1		1,0421	23,213	23,16
YC6 6.2		0,9103	12,691	21,1953





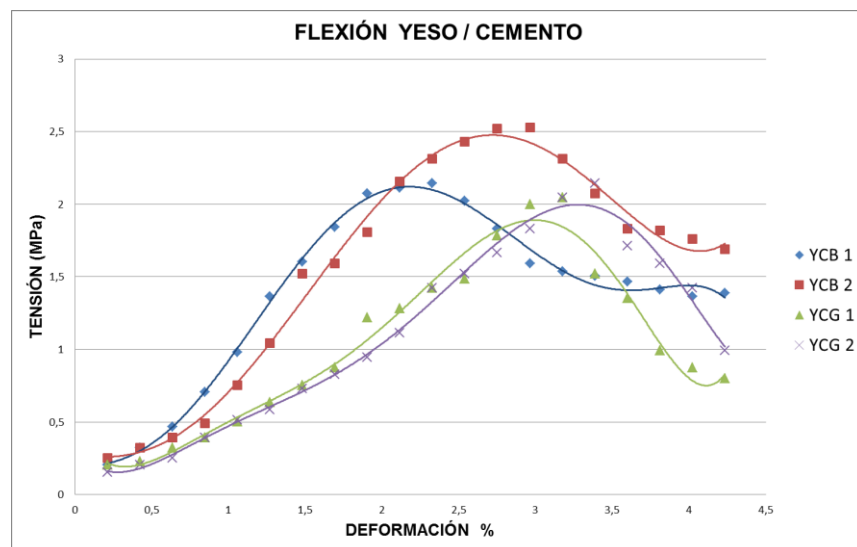
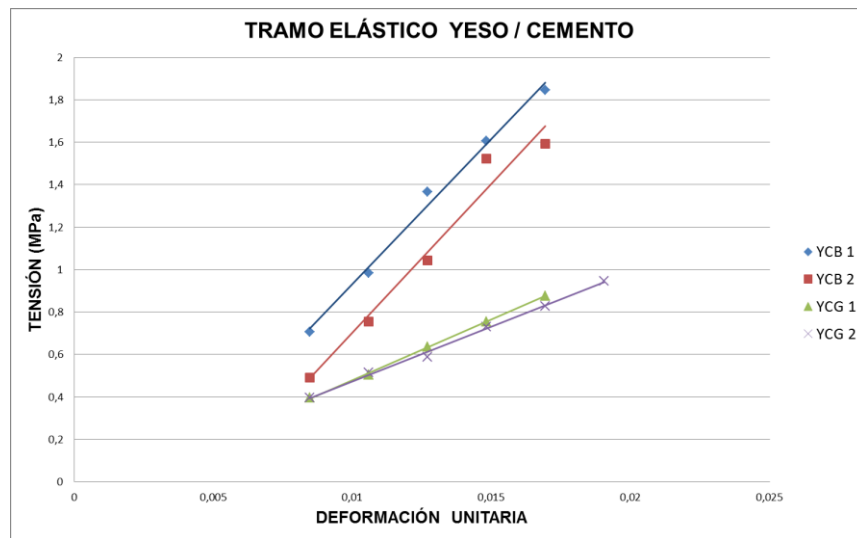
ANEXO 2.- ENSAYO A FLEXIÓN PROBETAS 16 x 4 x 4cm.

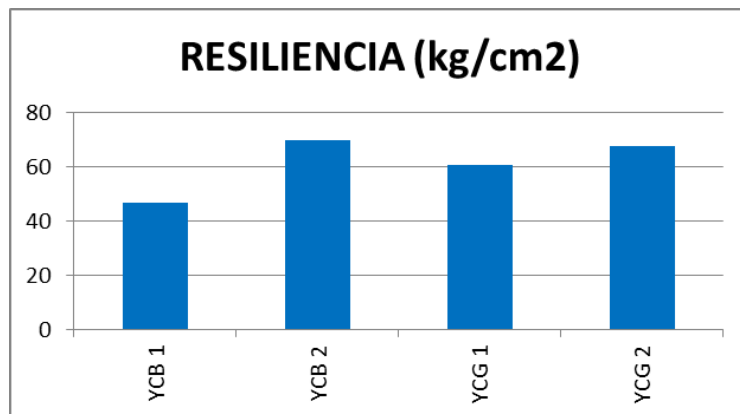
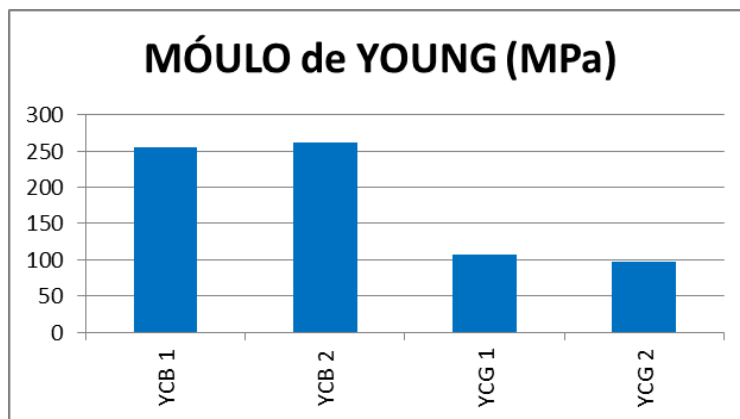
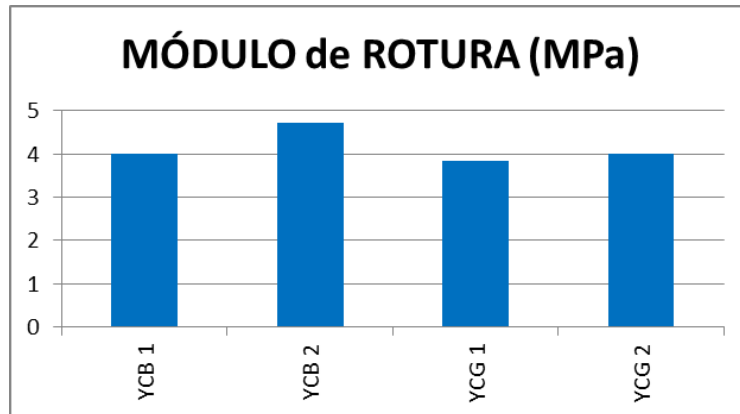
Tabla 43: Ensayo a flexión

OBJETIVO.- Determinación de la resistencia a flexión de las probetas (4 X 4 X 16)					
DATOS GENERALES					
MATERIALES COMPUESTOS "COMPOSITES"					
Laboratorio:	Laboratorio de resistencia de materiales (UTPL)			Fecha:	03 / 03 / 2015
Responsable:	Giovanni Quituisaca			Hora:	09 : 00
Código espécimen:	YC 1 / YC 6			Referencia:	UNE 13279 - 2
Ensayo #:	5			Temperatura:	22 °C
MEDIDAS MOLDE Y PESO TENTATIVO					
MOLDE	alto (cm)	ancho (cm)	largo (cm)	Volumen (cm ³)	Peso tentativo (g)
Tipo 1	4	4	16	256	300
MATERIALES					
Yeso, Cal, Fibra de sisal, Cola plástica natural y Agua					
EQUIPO					
Probeta de 1000 ml, Moldes de 4x4x16, Espátula, Apisonador de hule duro, no absorbente, Taras, Versa Testter (máquina para medir la flexión)					
DOSIFICACION.- 1 : 3 (una parte de cal y 3 partes de yeso)					
COMPONENTES	Peso (g) (%)			Densidad	
Fibra de sisal	12 g = 3 %		25 g = 6 %		1.4 g/cm ³
Cola natural	25 g		75 g		1.15 g/cm ³
Yeso	300 g		300 g		2.6 g/cm ³
Cemento	100 g		100 g		2.21 g/cm ³
Agua	600 ml/g		600 ml/g		1 ml/g
TIEMPOS					
Tiempo de fraguado	30 minutos				
Tiempo de desencofrado	45 minutos				
Tiempo de curado					
EDADES:					
TIEMPO	Meses		Días		Horas
Ensayar en:			15 días		
PROCEDIMIENTO					
Se pesa los componentes: Yeso, cal, fibra de sisal y agua. Luego se mezcla los componentes en seco para obtener una mejor composición, a la mezcla se le agrega agua y fibra de sisal sucesivamente para obtener una masa homogénea. Se coloca la masa en un molde, se nivela y se vibra con golpes suaves.					
OBSERVACIONES					
Se realizó la mezcla de los materiales de forma manual teniendo mejor control sobre los materiales					

PROBETAS ENSAYADAS CON FIBRA DE SISAL EN DISTINTAS DOSIFICACIONES 16 x 4 x 4

CÓDIGO	MÓDULO de ROTURA (MPa)	MÓDULO de YOUNG (MPa)	RESILIENCIA (kg/cm2)
YCB 1	4,0021	255,61	46,5905
YCB 2	4,7175	261,95	69,8973
YCG 1	3,8232	106,68	60,6932
YCG 2	4,0021	96,571	67,7681





RESULTADOS.-

La resistencia a la flexión del molde 4 x 4 x 16 cm, en donde se hizo un mortero bastardo, es decir la mezcla de yeso, obtenida va de un rango de 46.59 kg/cm² a 69.89 kg/cm², por tal razón las probetas satisfacen los parámetros de la Norma, la misma que especifica un valor de 15 kg/cm² que deben cumplir a la resistencia a flexión

ANEXO 3.- Fotografías

Tabla 44: Pruebas



Pigmento natural aplicado en mortero de revestimiento



Inserción del pigmento



Probetas a base de cemento gris y blanco



Ensayo de probetas



Estructura interna



Ensayo por goteo