

Universidad Técnica Particular de Loja
BIBLIOTECA GENERAL



Revisado el II-3-88

Valor 9.200⁰⁰

Nº Clasificación 1988 C314 IC.97.



620
Morteros CAD
Cemento

620.135

620

620 X 1676



Universidad Técnica Particular de Loja
Facultad de Ingeniería Civil

***“Estudio Comparativo de los
Morteros de Cal y Cemento”***

AUTORA:

Sonia L. Carrera Medina

Loja - Ecuador

- 1987 -



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>

2017

Loja, agosto de 1987

Señores

Miembros del Honorable Consejo de Facultad de Ingeniería Civil
de la Universidad Técnica Particular de Loja,
Ciudad.-

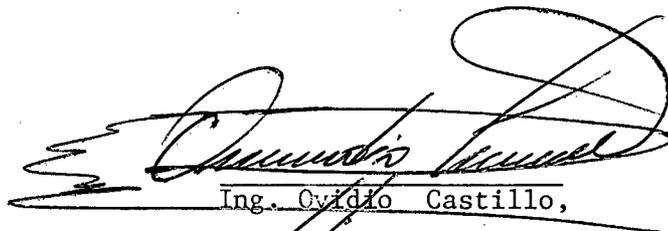
De nuestras consideraciones:

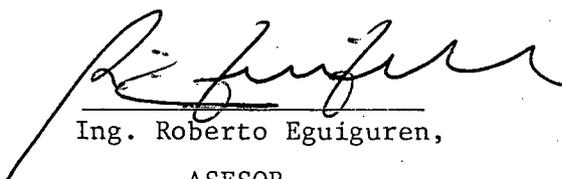
Nosotros: Director y Asesores de la Tesis de Grado realizada por
la Srta. Sonia Carrera Medina, que versa sobre el tema "ESTUDIO COMPARA-
TIVO DE LOS MORTEROS DE CAL Y CEMENTO",

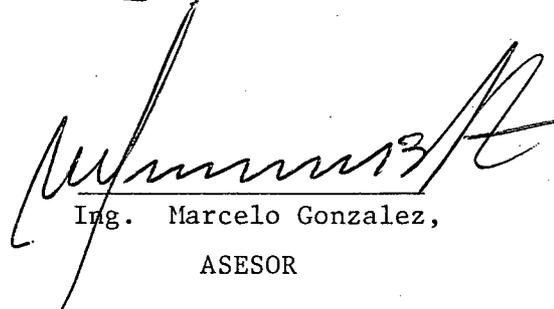
CERTIFICAMOS:

Que el trabajo ha sido efectuado bajo nuestra dirección y asesoría, y luego de una minuciosa revisión de borradores, y cumplidas las exigencias y observaciones hechas, autorizamos su presentación ante el Honorable Consejo de Facultad, por considerar que se trata de un estudio que reúne suficiente validez técnica y profundidad investigativa.

De Uds. muy atentamente,


Ing. Ovidio Castillo,
DIRECTOR


Ing. Roberto Eguiguren,
ASESOR


Ing. Marcelo Gonzalez,
ASESOR

"Triunfar es encontrar plenamente satisfechos
nuestros ideales"

Con profundo amor dedico este triunfo

A mis abnegados Padres:

José Leoncio y Sara Herminia.

A mis hermanos:

Roberto y Mauricio.

A mis hermanas:

Nelly, Ruth, Sandra y Susana.

Quienes con su ayuda material y moral
me han permitido culminar mi carrera
profesional.

Sonia Leonor.

AGRADECIMIENTO:

Deseo expresar mi agradecimiento muy especial a los Ingenieros Ovidio Castillo, Roberto Eguiguren y Marcelo González, por sus valiosos conocimientos e ideas vertidas en el adelanto de la presente tesis.

Al Ing. José Songor, responsable del Laboratorio de Resistencia de Materiales, por haber puesto de manifiesto todo su conocimiento en pos de conseguir la culminación del presente estudio.

A las Autoridades y Profesores de la U.T.P.L. que forjaron en mí una profesión para servicio de todos los que me rodean.

A todos mis compañeros y amigos que de una u otra forma colaboraron para llevar a feliz término esta investigación.

LA AUTORA

La originalidad de la investigación,
cálculos, conclusiones y recomenda-
ciones, corresponden a su autora.

Sonia L. Carrera Medina

INDICE GENERAL

	Págs.
Certificación	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimiento	iv
Autoría	v
CAPITULO I	
ESTUDIO COMPARATIVO DE LOSMORTEROS DE CAL Y CEMENTO	1
1.1. Importancia	1
1.2. Consideraciones generales	5
1.3. Objetivos	5
CAPITULO II	
ESTUDIO DE LA CAL	
2.1. Introduucción	7
2.1.1. Estudio de la estructura molecular de la cal	8
2.1.2. Clasificación de las cales	10
2.1.2.a. Cales ordinarias o aéreas	12
2.1.2.b. Cal hidráulica	15
2.1.3. Propiedades físicas de la cal	18
2.1.4. Propiedades químicas	20
2.1.5. Fabricación de la cal	23
2.1.5.a. Extracción y selección de la piedra caliza	23
2.1.5.b. Calcinación de la piedra caliza	25
2.1.5.c. Apagado de la cal	33
2.1.6. Usos comunes de la cal	40
2.1.7. Cernido, envase y conservación de la cal	41
2.2. Ensayos efectuados con cal	43

2.2.1. Densidad aparente	43
2.2.2. Densidad absoluta o real	44
2.2.3. Consistencia normal y tiempo de fraguado de la cal	47
2.2.4. Cálculos y resultados	51
2.3. Estudio del cemento	60
2.3.1. Introducción	60
2.3.2. Estudio de la estructura molecular del cemento	60
2.3.3. Clasificación de los cementos	63
2.3.4. Propiedades físicas del cemento	70
2.3.5. Fabricación del cemento Portland	84
2.3.5.a. Proceso por vía húmeda	84
2.3.5.b. Proceso por vía seca	87
2.3.6. Usos comunes del cemento	92
2.3.7. Factores de costo en la fabricación de cemento	93
2.4. Ensayos físicos efectuados con el cemento	94
2.4.1. Densidad aparente	96
2.4.2. Densidad absoluta o real	96
2.4.3. Determinación de la consistencia normal, método de Vicat	97
2.4.4. Determinación del tiempo de fraguado	98
2.5. Estudio del agua	99
2.5.1. Estructura molecular del agua	99
2.5.2. Agua de amasado: calidad, cantidad y temperatura	100

CAPITULO III

ESTUDIO DE ARIDOS FINOS

3.1. Arena. Generalidades	104
3.2. Clasificación	104
3.2.1. Por su composición	104

3.2.2. Por su origen	105
3.3. Propiedades de las arenas	106
3.3.1. Ideas generales	106
3.4. Ensayos físicos a realizarse	108
3.4.1. Determinación de la densidad y absorción de agua	108
3.4.2. Determinación de la porosidad real	112
3.4.3. Determinación de la porosidad aparente	112
3.4.4. Determinación del contenido total de humedad	113
3.4.5. Determinación del % de partículas en suspensión después de una hora de sedimentación	115
3.4.6. Determinación de impurezas orgánicas en las arenas	117
3.5. Análisis granulométrico	119
3.5.1. Determinación de la granulometría	119
3.5.2. Diámetro efectivo	121
3.5.3. Diámetro máximo	121
3.5.4. Cantidad de finos	122
3.5.5. Coeficiente de uniformidad	122
3.5.6. Determinación de las curvas granulométricas	122
3.5.7. Triángulo de Feret	123
3.6. Cálculos y resultados	124
3.6.1. Arena de Lucarqui	124

CAPITULO IV

ESTUDIO DE LOS MORTEROS DE CAL Y CEMENTO

4.1. Introducción	133
4.1.1. Clasificación	134
4.1.2. Propiedades	134
4.1.3. Tipos de morteros	135
4.1.3.a. Morteros de cal	135

4.1.3.b. Morteros de cemento	135
4.1.3.c. Morteros de cemento, cal, arena	135
4.1.3.d. Morteros aditivos	136
4.1.3.e. Morteros de cemento especiales	136
4.1.3.f. Morteros de cemento de adición	136
4.1.4. Materias primas	137
4.1.5. Fabricación	137
4.1.6. Dosificación de morteros	139
4.1.7. Fórmulas de clasificación de morteros	140
4.1.7.a. Dosificación en volumen	141
4.1.7.b. Dosificación en peso	141
4.1.8. Porosidad y permeabilidad de los morteros	142
4.1.9. Dosificación de los morteros de cal	143
4.1.10. Dosificación de los morteros de cemento	145
4.1.11. Morteros mixtos o bastardos. Dosificación	147
4.1.12. Amasado del mortero	148
4.1.13. Trabajabilidad del mortero fresco	150
4.1.13.a. Consistencia	150
4.1.13.b. Retención de agua	153
4.1.13.c. Segregación de agua	154
4.1.13.d. Peso del mortero	155
4.2. Resistencia del mortero endurecido	156
4.2.1. Determinación de la resistencia de morteros sometidos a tracción pura	157
4.2.2. Determinación de la resistencia a compresión	161
4.2.3. Contenido de aire en los morteros	165
4.3. ADHERENCIA	166
4.3.1. Mortero fresco	166
4.3.2. Mortero endurecido	167

4.4. Durabilidad	168
4.4.1. Retracción	168
4.4.2. Penetración de humedad	170
4.4.3. Eflorescencias	171
4.4.4. Ataque por agentes externos	172
4.4.5. Choque térmico	174
4.5. Pastas de cal	177
4.6. Pastas de cemento	177
4.6.1. Procedimiento normal	178
4.6.2. Procedimiento mecánico	179
4.7. Pastas de cal y cemento	180
4.8. Uso de aditivos en los morteros	180
4.8.1. Clasificación de los aditivos	180
4.8.1.a. Aceleradores de fraguado y endurecimiento	181
4.8.1.b. Retardadores de fraguado	181
4.8.1.c. Plastificantes	181
4.8.1.d. Hidrófugos	181
4.8.1.e. Aireantes	181
4.8.1.f. Anticongelantes	181
4.9. Cálculos y resultados	184
4.9.1. Resistencia de los morteros de cemento a los 7 y 28 días. Morteros de cemento en peso (1:3) (1:4) (1:5) (1:6) (1:7) (1:8) (1:9) (1:10)	187
4.9.2. Resistencia de los morteros de cal de Loja a los 2 meses, dosificados en Morteros de cal en peso (1:2) (1:3) (1:4)	206
Morteros dosificados en volumen (1:2) (1:3) (1:4)	214
4.9.3. Resistencia de los morteros de cal de alto horno a los dos meses. Morteros dosificados en peso (1:2) -	



(1:3 (1:4)	222
Morteros dosificados en volumen (1:2) (1:3) (1:4)	230
4.9.4. Resistencia del mortero bastardo a los 28 días, cal apagada de Loja. Morteros diseñados en peso (1:1:4) (1:1:6) (1:1:8) (1:2:6) (1:2:8) (1:2:10)	238
4.9.5. Resistencia de mortero bastardo a los 21 días, cal de alto horno. Mortero diseñado en peso (1:1:4) (1:1:6) (1:2:8) (1:2:10)	253
4.9.6. Resumen de resistencias	268
4.9.6.1. Morteros comunes	268
4.9.6.2. Morteros bastardos	269
4.9.7. Fórmulas consideradas para las diferentes dosificaciones	270
4.9.7.1. Dosificación en peso	270
4.9.7.2. Dosificación en volumen	272
4.10. Observaciones	273
CAPITULO V	
GENERALIDADES Y ANALISIS DE COSTO	
5.1. Generalidades	275
5.2. Análisis del costo en la construcción	276
5.2.1. Costo directo	276
5.2.2. Costo indirecto	278
5.3. Análisis básicos	279
5.3.1. Costos primarios	279
5.4. Análisis de costo considerado en el presente estudio	280
5.4.1. Costo base de materiales utilizados para la fabricación en obra	280
5.4.2. Ejemplo de cálculo de costo unitario parcial - por m ³ de mortero	281

5.4.3. Resultados	282
5.4.3.1. Costo unitario por m ³ de morteros de cemento	283
5.4.3.2. Costo unitario por m ³ de morteros de cal apagada de Loja, dosificación en peso	285
5.4.3.3. Costo unitario por m ³ de morteros de cal apagada de Loja, dosificación en volumen	286
5.4.3.4. Costo unitario por m ³ de cal de alto horno, dosificación en peso	287
5.4.3.5. Costo unitario por m ³ de cal de alto horno, dosificación en volumen	288
5.4.3.6. Costo unitario por m ³ de morteros <u>bastardos</u> , cal apagada de Loja	289
5.4.3.7. Costo unitario por m ³ de morteros <u>bastardos</u> , cal de alto horno	291
5.5. Diagrama de relación costo-dosificación	293
CAPITULO VI	
6.1. Resistencia de los morteros de igual costo	299
6.2. Aplicación de los morteros	300
6.2.1. Determinación de costo unitario de mampostería	300
6.3. Determinación de costo unitario de revestimiento de <u>paredes</u>	305
CAPITULO VII	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
7.1. Generalidades	307
7.2. Conclusiones	307
7.3. Recomendaciones	310
Bibliografía	313

CAPITULO I

ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS MORTEROS DE CAL Y CEMENTO

1.1. IMPORTANCIA

En la construcción se da el nombre de mortero a una mezcla de uno o dos conglomerantes y arena, éste se adhiere a superficies más o menos irregulares dando al conjunto cierta compacidad y resistencia a la compresión.

Los morteros se denominan según el conglomerante utilizado: - mortero de cal, de cemento, de yeso. Aquellos en los que intervienen dos conglomerantes reciben el nombre de morteros bastardos.

Los morteros se emplean en primer término para reunir materiales pétreos; en la construcción de fábricas de albañilería, para la ejecución de revoquetes y en determinadas circunstancias para enlucidos y trabajos análogos. Extendidos en forma de pastas plásticas los morteros se mantienen adheridos físicamente y según su naturaleza se endurecen debido a posteriores procesos químicos o por acciones físicas, formando con los materiales utilizados un conjunto **sólido**.

Si bien en muchos casos, especialmente en los morteros de cal, la resistencia a la compresión de las probetas cúbicas es muy inferior a la de los materiales pétreos que con ellos se toman a causa del desarro-

llo de rozamiento y tensiones secundarias, la resistencia a la compresión de los aglomerantes resulta notablemente elevada.

Según los morteros empleados en las proporciones adecuadas ; se emplean en la construcción de muros elevados, enlucidos exteriores, cimientos, paredes entramadas.

Las primeras materias necesarias para preparar los morteros de cal y cemento son: cal, cemento, arena y agua respectivamente, Las propiedades de esta argamasa depende tanto de la buena calidad de los materiales y de su correcta preparación. Su adición obedece a tres razones - fundamentales:

- a.- Aumentar el volumen del mortero y por ende abaratarlo.
- b.- Comunicar mayor dureza al aglomerante.
- c.- Asegurar la porosidad del material, sobre todo en atención al ulterior proceso de fraguado.

En la cuenca de Loja, encontramos formaciones sedimentarias de cal, cuya edad geológica ha sido atribuída entre el Plioceno - Mioceno; y en gran parte esta formación se encuentra representada por lutitas claras de grano fino y finamente estratificadas.

Su constitución general Feldespato. Minerales de hábito micáceo y muy poco cuarzo. Entre los estratos de estas rocas se encuentran - alternando los mantos calizos y en algunos lugares se puede observar hasta tres mantos separados entre sí ~~de~~ 30 cm. a 50 cm.

La mineralización se encuentra en forma de estratos o mantos

de tipo sedimentario, los cuales han venido siendo explotados por algunos años pero a nivel rudimentario. Las zonas de afloramiento de este material son: Chinguilanche, Chorrillos, Villonaco y Plateado.

GENERALIDADES DE CADA SECTOR

En Chinguilanche, se presenta tres mantos separados entre sí a 30 cm. y 40 cm. Rumbo N 40°E. Buzamiento de 14°W y 2075 m.a.m. Las características de este material indican una calidad aceptable, en todo caso serán los análisis del laboratorio los que nos aclaren este particular.

Existe otro sector que está explotándose, así como el anterior presenta tres mantos, cuyo rumbo es N 25°W. Busamiento 35°E, 2100 m.a.m. Se trata del mismo material que el de la zona anterior.

Chorrillos, este lugar está localizado al Sur Este de la ciudad siguiendo el curso del Río Zamora. Las características geológicas y mineralógicas son similares a las anteriores. Se encuentra a 2030 m.a.m. Rumbo N 10°E con un buzamiento de 66°E.

Villonaco, estos lugares están localizados al Noroeste de la ciudad más o menos a 5 Km. Su geología pertenece a la misma de los sitios anteriores. Rumbo N 65°W. Buzamiento 15°NE. Se encuentran a 2160 m.a.m

Plateado, se encuentra a poca distancia de la ciudad con rumbo N 35°W. Buzamiento 5°NE a 2220 m.a.m. Presenta en algunas partes fuerte meteorización y como consecuencia existen sectores con una acentuada contaminación calcárea.

La zona de Chinguilauche se encuentra en activa explotación y producción. Las otras zonas ya no son explotadas debido a su poca producción.

En nuestro medio la obtención de los morteros es totalmente empírico; por cuanto la resistencia de los mismos no se la predetermina en función de la calidad de los materiales.

En el presente trabajo, se pretende obtener el mortero en obra con la utilización de las dosificaciones propuestas que reúnan las suficientes garantías de seguridad en sus resultados; además contribuir a la correcta utilización tanto del proceso de fabricación como de las proporciones de los componentes del mortero adquiriendo resistencias a compresión mucho mayores a las empleadas cotidianamente.

La división de capítulos se ha realizado teniendo en cuenta - las fases que comprende la fabricación del mortero a estudiarse.

En el capítulo I, estudia las consideraciones generales de los morteros y los componentes utilizados en la elaboración de la presente investigación.

El capítulo II, trata del estudio de la cal y cemento, con sus respectivas determinaciones de las características físicas, químicas y mecánicas.

El capítulo III, se refiere al estudio del árido fino, sus características, ensayos físicos y análisis granulométrico.

El capítulo IV estudia la resistencia de los morteros de cal y cemento a diferentes edades, diseñados en volumen y en peso. Además el estudio de aditivos en la ejecución de los mismos.

En los capítulos V, VI y VII se hace el análisis del costo comparativo de los morteros de igual resistencia, la resistencia de los morteros de igual costo y las recomendaciones para la elaboración de los morteros.

Por lo tanto es de vital importancia el conocer la forma en que se comporten los morteros analizados con los materiales utilizados en la presente investigación, ya que de sus resultados dependen las futuras aplicaciones en los diferentes elementos constructivos en la provincia de Loja.

1.2. CONSIDERACIONES GENERALES

La presente investigación se efectúa bajo un punto de vista - útil, práctico y económico, en el cual se realiza un estudio crítico sobre las proporciones de los materiales y comprobación de la resistencia a compresión y tracción de probetas cilíndricas y cúbicas a diferentes edades, confeccionadas con Cemento Rocafuerte y cal de la cantera de Chinguilanche y de la fábrica de cemento Guapán, las mismas que constituyen las principales fuentes de abastecimiento para las ciudades de Loja y Cuenca, respectivamente.

1.3. OBJETIVOS

El principal objetivo de este estudio es la determinación expe

rimental de las características físicas de los conglomerantes y la arena, para en base a éstas efectuar la dosificación de los morteros, pongo en consideración los siguientes requerimientos:

1.- Establecer un rango de granulometría confiable que permita una dosificación adecuada para la obtención de los diferentes morteros.

2.- Investigar la proporción más económica de cada uno de los materiales, con la finalidad de obtener dosificaciones prácticas, que optimicen la resistencia del mortero.

3.- Contribuir a la optimización de futuros trabajos en obras de ingeniería, en las que se utilice morteros, tomando en cuenta técnicas y normas INEN.

4.- Motivar e incentivar el uso de mortero bastardo en la construcción como una manera de abaratar la misma.

La puesta en práctica del contenido del presente trabajo, contribuye en una forma real al perfeccionamiento de la dosificación en obra de los materiales de nuestro medio.

CAPITULO II

ESTUDIO DE LA CAL

2.1. INTRODUCCION

Uno de los materiales de construcción más usado y más útil hasta épocas relativamente recientes ha sido la cal, es decir, el Oxido de Calcio, que durante un largo período de la Historia, sirvió al hombre para la mayor parte de sus obras de construcción.

En nuestro país, la cal se utilizó comunmente como aglomerante para morteros en la mampostería de piedra y de ladrillo con resultados satisfactorios. Sin embargo, el empleo del cemento cada vez más extendido, ha reducido al mínimo y ha llegado casi a proscribir el uso de la cal.

Han contribuído a esta situación, por una parte, las indudables ventajas del cemento, en cuanto se refiere a resistencia mecánica y a la humedad; y, por otro lado, la calidad muy deficiente de la cal disponible en el mercado local de materiales de construcción.

La tendencia actual, en la mayoría de las construcciones, es la de emplear cemento, no solamente en obras de hormigón armado, sino también en usos en que antes se empleaba exclusivamente la cal, incluso en la preparación de pinturas.



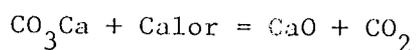
Podemos citar los casos de países altamente industrializados, como los Estados Unidos y México, en donde el cemento es de buena calidad abundante y barato, pero a pesar de esta circunstancia, se utiliza la cal en gran escala en obras de mampostería y acabados, consiguiéndose una rebaja provechosa en el costo de la construcción.

Estas razones han impulsado a recomendar el empleo de la cal en las obras en que este aglomerante pueda sustituir sin ningún peligro - ni perjuicio al cemento. Para cumplir este objetivo, un paso importante es la divulgación de conocimientos básicos sobre la fabricación y el empleo de la Cal, conocimientos que, o han sido olvidados por los constructores, o han sido ignorados anteriormente por los fabricantes; pero que, en cualquier caso, y especialmente en la emergencia creada por la escasez del cemento, pueden todavía ser muy útiles a los profesionales constructores, a los proveedores de materiales y al público en general.

2.1.1. ESTUDIO DE LA ESTRUCTURA MOLECULAR DE LA CAL

Cal es el nombre común del compuesto químico conocido - como Oxido de Calcio.

El Oxido de Calcio no existe en estado natural. Se extrae de la piedra caliza, calcinándola a una temperatura aproximada de 900°C. A esta temperatura la piedra caliza, compuesta de Carbonato de Calcio, se descompone en Oxido de Calcio y Dióxido de Carbono.



El Dióxido de Carbono es gaseoso y se desprende junto con los

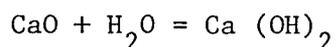
humos del combustible; el Oxido de Calcio es un cuerpo sólido, blanco, amorfo e inestable, conocido en su estado de pureza con el nombre de Cal Viva.

CAL VIVA U OXIDO DE CALCIO

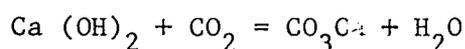
Tiene un alto poder higroscópico, o sea una tendencia a combinarse con el agua, no solamente en contacto directo con ésta, sino aún con la humedad ambiente. Absorbe, incluso, el agua de las sustancias orgánicas, por lo que, en contacto con la piel humana, puede producirse quemaduras. Por esto se dice que la cal viva es cáustica.

CAL HIDRATADA O CAL APAGADA

Al combinarse el Oxido de Calcio con el agua se produce el Hidróxido de Calcio conocido como Cal Hidratada o Apagada. Es un cuerpo sólido, blanco, amorfo, pulverulento, soluble en el agua, 1,23 gr por litro a 20°C; a la que comunica un color blanco (agua de cal o lechada), y en mayor cantidad forma con ella una pasta muy tratada, fluída y untuosa.



La Cal Apagada en pasta tiene la propiedad de endurecerse lentamente en el aire, enlazando los cuerpos sólidos, por lo que se emplea como aglomerante. Este endurecimiento recibe el nombre de Fraguado, y es debido primeramente a una desecación por evaporación del agua con la que se formó la pasta, y después, a una carbonatación por absorción del anhídrido carbónico del aire.



formándose carbonato cálcico y agua, reconstituyendo la caliza de que se partió.

Esta reacción es muy lenta, pues empieza a las veinticuatro horas de amasar la pasta y termina al cabo de los seis meses, por lo que es necesario mezclarla con una cantidad de arena para trabajar o unir piedras o ladrillos en una construcción. La arena, a más de constituir por sí misma un material duro e inerte, permite la aireación más intensa de la cal apagada y acelera el fraguado.

2.1.2. CLASIFICACION DE LAS CALES

Las calizas naturales casi nunca son la especie química carbonato de calcio, pues la acompañan otros cuerpos como la arcilla, magnesia, hierro, azufre, álcalis y materias orgánicas, las cuales al calcinarse, de no volatizarse, comunican a la cal propiedades que dependan de la proporción en que entran a formar parte en la piedra caliza y se dividen por su composición química y sus propiedades físicas en tres distintas clases: Cal Ordinaria o Aérea, Cal Hidráulica y Cemento.

A su vez cada una de estas categorías se subdivide en las clases que indica el cuadro 1.

1.- CLASIFICACION DE LAS CALES
EN RELACION A LA COMPOSICION DE LA CALIZA

Producto	Indice de hidraulicidad	Por 100 partes/caliza	
		Arcilla	carbonato de cal
1. Cal grasa	0,00 a 0,05	0,00 a 5,00	100 a 95,0
2. Cal fuerte	0,05 0,10	5,00 5,30	95 94,7
3. Cal débilmente hidráulica	0,10 a 0,15	5,30 a 8,20	94,7 91,8
4. Cal medianamente hidráulica	0,16 0,31	8,20 14,80	91,8 85,2
5. Cal propiamente hidráulica	0,31 0,42	14,80 19,10	85,2 80,9
6. Cal eminentemente hidráulica	0,42 0,50	19,10 21,80	80,9 78,2
7. Cal límite o ce- mento de fragua- do lento	0,50 0,65	21,80 26,70	78,2 73,3
8. Cemento de fra- guado rápido	0,65 1,20	26,70 40,00	73,3 60,0
9. Cemento árido	1,20 3,00	40,00 62,60	60,0 37,4
10. Puzolana	más de 3,00	más de 62,60	menos 37,4

La clasificación anterior se refiere únicamente a la composición íntima, no aparente, de la caliza. Respecto a las propiedades manifestadas para la cal, resulta que la clasificación está hecha con relación al medio y al tiempo necesarios para que frague una cierta pasta de cal.

Teniendo en cuenta el medio apto para el fraguado y el tiempo

de duración de éste, las cales se clasifican del modo siguiente:

2.- CLASIFICACION DE LAS CALES

EN RELACION CON EL MEDIO EN QUE FRAGUAN Y CON EL TIEMPO DE DURACION DEL FRAGUADO

CLASES DE PRODUCTOS	Tiempo necesario para el fraguado en el agua	Observaciones
Cales grasas Ordinarias	No fraguan en el agua	Sólo fraguan en aire seco
Cales hidráulicas débilmente hidráulicas	15 a 30 días	
Cales hidráulicas medianamente hidráulicas	10 a 15 días	
Cales hidráulicas propiamente hidráulicas	5 a 9 días	fraguan lo mismo
Cales eminentemente hidráulicas lentas (portland)	2 a 4 días	en el aire que -
Cementos de alta resistencia inicial	6 a 12 horas	en el agua
Cementos de fraguado rápido	3 a 7 horas	
	5 a 15 minutos	

El tiempo de duración del fraguado aquí expuesto no debe tomarse de un modo absoluto; pues, pueden sufrir variaciones bastante mayores que las indicadas en el cuadro anterior.

2.1.2.a. CALES ORDINARIAS O AEREAS

Dentro de estas cales se consideran: Cal grasa, Cal fuerte y Cal árida o magra.

Cal Grasa, es una sustancia cáustica de reacción fuertemente al calina, constituída por más de 90 % de óxido de calcio. Su Peso Específico es: 2,20 y es soluble en el agua en relación de 1/800; absorbe del aire el vapor acuoso y con menor avidez el anhídrido carbónico.

En el estado anhidro se llama Cal Viva. En este estado, humede cida con la cantidad suficiente de agua y fragmentada convenientemente, co mienza pronto el apagado con desprendimiento de una gran cantidad de vapor elevándose la temperatura a más de 150°C; transformándose en Cal Hidratada o Cal Apagada. Con la adición de unas tres veces su propio peso de agua, forma una pasta finísima, completamente blanca, que se presenta casi untuosa al tacto.

En general, 100 Kg de Cal Viva dan de 0.200 a 0.25 metros cúbicos de cal en pasta; el volumen alcanzado, que aumenta con el grado de fuerza de la cal, puede llegar a ser tres veces y media el primitivo, es por lo que en las construcciones ordinarias la cal grasa es aún la preferida - por los constructores en lugar de las cales hidráulicas.

La pasta de cal no se endurece nunca cuando se la priva del con tacto con el aire o se encuentra en ambientes húmedos. Puede endurecerse en el aire sólo por desecación o por absorción lenta del anhídrido carbónico; en este caso no se adhiere a los materiales con que está en contacto, - se deshace fácilmente entre los dedos.

En el agua, el mortero de cal grasa, y más rápidamente la cal, se disuelve en poco tiempo sin ningún resultado.

El uso de la cal grasa debe reservarse únicamente para los revoso

ques y enlucidos de los muros interiores bien resguardados; y en este caso es menester que el apagamiento y formación de la pasta de dicha cal se haga lo menos con tres meses de anticipación, y esto si se quiere impedir que se desarrollen después sopladuras procedentes de las partículas imperfectamente apagadas y que requieren para su extinción completa un tiempo muy largo.

Desde el punto de vista constructivo el mortero de cal grasa no permite en absoluto que los trabajos vayan muy rápidamente, puesto que su fraguado es muy lento y se tendría terminada la obra antes de que la fábrica hubiese adquirido alguna consistencia, obteniéndose con esto asientos importantes y desiguales con las grietas consiguientes, desplomes, y con frecuencia derrumbamientos, especialmente si se trabaja con cantos rodados o mampuesto.

Cal Fuerte, es una cal débilmente hidráulica. Procede de las calizas que contienen un 10% de arcilla. La cal fuerte reacciona con el agua con menor intensidad que la cal grasa; el desprendimiento de calor para la hidratación tarda algunos minutos en manifestarse y la temperatura que se obtiene es inferior a la que se desarrolla al hidratar la cal grasa. Su rendimiento en pasta su plasticidad y finura, son inferiores a los de la cal grasa; por el contrario, las cales fuertes son aptas para fraguar en condiciones de humedad donde no podría hacerlo el mortero de cal grasa.

Cal Arida, llámase cales áridas a las procedentes de la calcinación de las calizas magnesianas. Pueden contener hasta el 50 % de magnesia, pero, en general, basta el 10% para hacer árida una cal.

También las cales áridas reaccionan menos fácilmente que las grasas bajo la acción del agua, y la temperatura que se obtiene en la reacción, es, a su vez, menos elevada; su rendimiento en pasta resulta tanto menor cuanto más elevada sea la proporción de magnesia.

2.1.2.b. CAL HIDRAULICA

Es la cal parcialmente hidratada o apagada en polvo que, además de solidificarse o fraguar en el aire, lo hace debajo del agua.

VICAT, a principios del siglo XIX, descubrió las cales hidráulicas al observar que, si la caliza primitiva contiene arcilla o se le añade artificialmente en la proporción del 8 al 20 %, el producto resultante de la cocción, reducido a polvo, por extinción, tiene propiedades hidráulicas.

Esto es debido a que en la cocción, en primer lugar, se produce una evaporación del agua de cantera hasta 110°C ; hacia los 700°C empiezan a descomponerse los silicatos que forman las arcillas, y a los 900°C se descompone el carbonato cálcico. A temperaturas más elevadas reaccionan los productos resultantes: óxido de cal CaO , anhídrido silícico SiO_2 , y alumina Al_2O_3 formándose silicatos y aluminatos, y junto con el hidróxido cálcico constituyen el aglomerante llamado cal hidráulica.

Índice Hidráulico, de un aglomerante es la relación en peso entre la sílice, más la alúmina, más el hierro a la cal, más la magnesia:

$$I = \frac{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3}{\text{CaO} + \text{MgO}}$$

La relación inversa del índice hidráulico se llama módulo hidráulico:

$$M = \frac{\text{CaO} + \text{MgO}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3}$$

El fraguado de estos materiales se verifica no sólo bajo el aspecto físico de la solidificación, sino también bajo el químico de las combinaciones.

Es necesario advertir que el fraguado está influido por muchas circunstancias, las cuales hay que tenerlas en cuenta en el acto de realizar los ensayos. Estas circunstancias son: la temperatura ambiente y la del agua; la cantidad y calidad de ésta; el tiempo transcurrido desde la fabricación del aglomerante, el estado de conservación y el grado de finura del material hidráulico; la calidad, cantidad y tamaño de la arena y, finalmente, el modo de hacer la pasta y el medio en que ésta se ha puesto a endurecer.

Para el fraguado es menester que la pasta esté en perfecto reposo, puesto que las oscilaciones perturban el proceso de endurecimiento, retardándolo y perjudicando el fraguado.

Cales débil y medianamente hidráulicas, lo mismo que la cal gruesa, se apagan con el agua aunque estén en pedazos o terrones que procedan directamente de los hornos. Sin embargo, el apagamiento completo requiere cierto período de tiempo, de veinte minutos a una hora, porque los compuestos de la sílice con la cal reaccionan más lentamente con el agua.

Es posible el apagamiento inmediato de estas cales, porque con tienen muchas partículas de cal libre mezcladas íntimamente con los silicatos y aluminatos de cal. Estas partículas de cal libre, al entumecerse en contacto con el agua, provocan la disgregación y pulverización de los terrones, con lo cual toda la masa se transforma en una pasta plástica, ligeramente amarillenta, en cuyo estado se emplea para confeccionar los morteros.

Cales propia y eminentemente hidráulicas, no reaccionan con el agua más que parcialmente; para apagarlas es menester reducir las a polvo muy fino después de la calcinación. Pulverizadas de este modo forman, mediante la adición de agua, morteros que se endurecen rápidamente y que, - por tanto, también pueden emplearse en las obras hidráulicas.

Cal Límite, contiene arcilla en el límite máximo que puede - existir en una cal eminentemente hidráulica.

Estas cales se apagan difícilmente con el agua; pero puede resultar que se manifiesten en ellas los fenómenos de la extinción después de su aplicación y cuando ya estén endurecidas, provocando entonces, por el consiguiente aumento de volumen, las grietas tan temibles en la construcción.

Estas cales, pulverizadas y amasadas sólo con agua fraguan bastante rápido, desarrollando calor; pero expuestas después al aire, al cabo de uno o dos días se disgregan y el agua se reduce.

Por lo tanto la cal límite tratada como las cales hidráulicas, no podría emplearse útilmente en ninguna clase de construcciones, y sería

tan peligrosa como una cal ordinaria; pero tratada de un modo particular y calcinada a alta temperatura hasta un principio de fusión, suministra un material excelente que es el Cemento Lento, del que se hablará más adelante.

2.1.3. PROPIEDADES FISICAS DE LA CAL

COLOR.- Las cales comerciales tienen color blanco o débilmente gris; a veces muestran un color rojizo debido al óxido de hierro.

RESISTENCIA.- Como piedra de cantería, la resistencia de la caliza es una propiedad importante. La resistencia de la caliza a la compresión o al aplastamiento oscila entre 98,4 y 583,5 Kg/cm². Esta resistencia excede mucho de la necesaria para la seguridad, pues 25Kg/cm² suele ser la carga máxima a la compresión a que se someten las piedras.- La resistencia a la Tracción no es tan importante y es más difícil de determinar, varía entre 25 y 63 Kg por cm².

DENSIDAD.- La densidad de las cales, además de estar estrechamente relacionada con el origen, la estructura y la porosidad del material, depende de la temperatura de calcinación. Cuanto más alta es la temperatura de calcinación, tanto mayor es la densidad de la cal viva producida.

La densidad real de la CAL VIVA, varía entre:

3.18 a 3.40 gr/cc

La densidad aparente fluctúa entre:

0,6 a 0,8 gr/cc

La densidad real de la CAL APAGADA, es de:

2.25 a 2,3 gr/cc

La densidad aparente está entre los siguientes valores:

0,4 a 0,8 gr/cc

TEXTURA.- En cuanto a la textura se suponía que tienen estructura amorfa. Sin embargo, el análisis de la microestructura ha de mostrado que tanto la cal viva como la cal apagada o hidratada son crip-tocristalinas con una imagen de difracción de los rayos X.

Los óxidos de calcio y magnesio se adaptan a la red cristali-na cúbica, semejante a la del cloruro de sodio; sus hidróxidos cristali-zan en la disposición hexagonal del yoduro o el hidróxido de cadmio.

DUREZA.- La dureza de las cales varía entre cales muy blandas y cales de una dureza que se aproxima a la de la piedra con la que le hicieron. La dureza de la cal viva depende de la pureza de la piedra original y de la temperatura de calcinación; una caliza impura da una cal dura varía entre 2 y 4 de la escala de Mohs; la cal hidratada posee una dureza comprendida entre 2 y 3.

POROSIDAD.- Depende del origen de la caliza y de las condiciones en que se verifica la calcinación. Una calcinación suave - produce una cal con poros abiertos que comprenden hasta 55% del volumen del fragmento. A temperaturas más altas, los fragmentos de cal disminu-

yen de tamaño y el resultado es una cal más densa y menos porosa.

La cal quemada tiene una porosidad muy baja. La porosidad de la cal viva es una propiedad importante que influye en la actividad química de la sustancia.

PLASTICIDAD.- Es la capacidad de una masa de cal para cambiar su forma cuando se la somete a presión sin que se produzca la ruptura y para retener la forma alterada. La plasticidad es análoga a la laborabilidad o facilidad con la que puede trabajarse una pasta de cal, pero no debe confundirse con ella. Las cales que tienen una plasticidad mayor de 200 medida en el plasticómetro de Emley sirven para la mayoría de las aplicaciones de la construcción. Sin embargo, hay algunas cales con valores de plasticidad inferiores a 200 que se usan con éxito en la construcción.

2.1.4. PROPIEDADES QUÍMICAS

IMPUREZAS.- La composición química y las propiedades de la cal dependen de la naturaleza y cantidad de las impurezas de la piedra original.

Cuando está en cantidades apreciables, la arcilla convierte una caliza rica en calcio en margá o en una piedra arcillosa, que por calcinación dan cales hidráulicas.

Las calizas que contienen 5 - 10% de materia arcillosa dan cales hidráulicas débiles; las que contienen 15 - 30 % producen cales altamente hidráulicas.

En los procesos metalúrgicos que exigen cal y caliza relativamente pura para fundente, reducen las impurezas de la cal cribando y seleccionando la piedra antes de calcinarla. Puesto que 1000 Kg de caliza sólo producen 560 Kg de cal viva, el porcentaje de impurezas en una cal viva es casi doble del de la piedra original.

SOLUBILIDAD y pH.- La solubilidad de las cales comerciales en agua no varía más de 7 % comparada con la solubilidad del hidróxido cálcico puro. Las diferencias se deben probablemente a la presencia de vestigios de hidróxidos de sodio y potasio. La presencia de magnesia, sílice y carbonato de calcio o magnesio no influye en la solubilidad de la cal ordinaria, pero puede tener notable efecto sobre la rapidez con que se disuelve.

El tamaño de las partículas influye mucho en la solubilidad. - La cal recientemente apagada, cuyas partículas son de pequeño tamaño, es aproximadamente 10% más soluble que la cal apagada vieja. Esto se debe al crecimiento de las partículas de cal seca durante el almacenamiento.

Las soluciones de hidróxido de calcio manifiestan un pH elevado, y el pH de las soluciones saturadas de cal es más bajo a temperaturas altas.

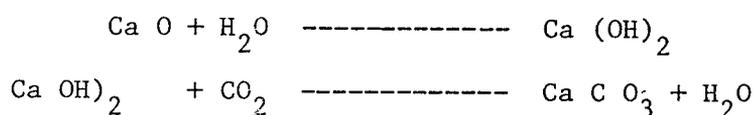
REACCION DE LA CAL CON EL AGUA.- El agua reacciona vigorosamente con la cal viva con desprendimiento de calor.

Este proceso se llama hidratación o apagado de la cal. Con la cantidad exacta de agua necesaria para la hidratación, el producto es la cal hidratada seca. El óxido magnésico reacciona también exotérmicamente

con el agua, pero la reacción es menos rápida a la presión atmosférica.

El calor y la presión aceleran la hidratación del oxígeno de magnesio. Si hay más agua de la necesaria, se produce pasta de cal o lechada de cal. El óxido de calcio reacciona lentamente con la humedad de la atmósfera cuando se deja expuesta a ella, y produce la cal apagada en el aire. A 25°C los calores de reacción de los óxidos de calcio y magnesio con el agua son, respectivamente: 15300, 8000 y 10000 cal/mol.

RECARBONATACION.- La recarbonatación de la cal viva a la temperatura ordinaria no se produce en condiciones anhidras. La humedad del aire cataliza la reacción entre el óxido de calcio y el dióxido de carbono del aire. La reacción general se produce mediante la formación del hidróxido, que después reacciona con el dióxido de carbono regenerando el agua.



La recarbonatación atmosférica del óxido de magnesio es muy lenta, pero el óxido de calcio se recarbonata con una rapidez relativamente grande.

A temperaturas ligeramente inferiores a la de disociación del carbonato de calcio, el óxido de calcio se recarbonata fácilmente en atmósfera de dióxido de carbono. El óxido de magnesio se recarbonata con gran facilidad a temperaturas bajas y con gran dificultad, si es que llega a recarbonatarse a temperatura elevada cuando se expone al contacto del gas carbónico. Las soluciones de dióxido de calcio y magnesio ab



sorben gas carbónico y precipitan los carbonatos. Si continúa el paso del gas se disuelven los precipitados de carbonatos con la formación de bicarbonatos de calcio y magnesio.

NEUTRALIZACION.- Industrialmente, la cal se usa más que la caliza para la neutralización, en virtud de su mayor alcalinidad disponible y la mayor velocidad de las reacciones y porque la efervescencia del dióxido de carbono desprendido de la caliza es a veces engorrosa. Sobre la base del valor neutralizante, las cales vivas e hidratadas son bases más fuertes que el carbonato de sodio y el hidróxido de sodio. A pesar de la escasa solubilidad neutraliza rápidamente los ácidos. A medida que se elimina cal de la solución por la acción química, se disuelve una parte de la cal en suspensión y el efecto neutralizante es el mismo que si toda la cal se hubiese disuelto originalmente.

2.1.5. FABRICACION DE LA CAL

2.1.5.a. EXTRACCION Y SELECCION DE LA PIEDRA CALIZA.

La caliza se obtiene mediante operaciones de su superficie y subterráneas. Aunque las canteras superficiales pueden explotarse con costos más bajos que las minas subterráneas, las condiciones no siempre son favorables para su aprovechamiento.

Los principales factores que favorecen la explotación de minas de caliza son:

- 1.- Una capa gruesa de tierra y roca sobre la caliza;

2.- Una capa de piedra fuertemente inclinada que da como resultado una profundidad creciente de material inerte en la dirección de la veta;

3.- Agotamiento de los yacimientos superficiales.

La extracción de minas subterráneas posee las siguientes ventajas sobre la explotación a cielo abierto: Se evita tener que desmontar todo el material superpuesto a la piedra; producción de una piedra más limpia no contaminada con tierra; protección del personal contra las inclemencias atmosféricas, que permite una explotación más uniforme durante todo el año. Sus inconvenientes son: más costosa, la cantidad de piedra menuda es proporcionalmente mayor, y 20-25% de la roca tiene que dejarse sin extraer para soportar el techo. Se emplean métodos de explotación muy variados tanto en las minas como en las canteras y se utiliza maquinaria de varios tipos. Para obtener piedra partida de canteras o de minas, es necesario realizar las siguientes operaciones:

- 1.- Hacer perforaciones para los explosivos;
- 2.- Volar barrenos para soltar la caliza;
- 3.- Cargar la piedra en vagones o vagonetas;
- 4.- Transportarla hasta las máquinas quebrantadoras.

PREPARACION.- El grado de preparación a que es sometida una caliza depende del uso a que se destina. Para la piedra suelta no es necesaria ninguna preparación; pero la mayoría de las aplicaciones de la caliza exige preparar la piedra conforme a especificaciones rígidas: la caliza pulverizada se usa en aplicaciones que exigen una finura de 65-100% a través de un tamiz de 200 malas por pulgada, y la piedra para hacer hormi

gón y para carreteras tiene que quebrantarse, limpiarse y clasificarse por tamaños especificados.

El 99% de la caliza consumida exige alguna forma de preparación después de su extracción de la mina o la cantera y antes de usarla.

Preparación de la Piedra Quebrantada.— La preparación de productos de piedra partida implica una serie de operaciones de quebrantamiento, cribado y clasificación. Las quebrantadoras primarias normalmente empleadas son del tipo de quijada y giratorio, si la piedra es blanda y friable, se emplea a veces quebrantadores de cilindros y martillos. Es práctica común colocar la quebrantadora primaria en la cantera o la mina y transportar por medio de una banda de piedra quebrantada hasta un montón situado fuera de la zona de producción. Un transportador de túnel situado debajo de este depósito permite retirar material con toda clase de tiempo y durante las interrupciones de trabajo en la cantera o la mina. La trituración secundaria de la piedra a tamaños inferiores a una pulgada se realiza en trituradoras de cono y en trituradoras giratorias de gran velocidad. Se usan también machacadoras de martillos con las piedras menos abrasivas.

La elección de la maquinaria trituradora se basa en los caracteres de la piedra y el grado de finura específico.

2.1.5.b. CALCINACION DE LA PIEDRA CALIZA.

Se precipita de distintas formas, según los medios y materiales de que se dispone.

La temperatura que hay que alcanzar es superior a: 900°C y es conveniente que las piedras no sean voluminosas ni pierdan el agua de cantera, e incluso humedecerlas, pues se acelera su descomposición. El gas carbónico debe eliminarse rápidamente del horno, pues la reacción de descomposición es reversible:



y corre el peligro de que se carbonate la cal viva.

La calcinación puede hacerse en hornos caseros, hornos verticales de diferente tipo, y hornos rotatorios.

HORNOS CASEROS.- Estos son hechos de ladrillo de construcción, abiertos en el techo y con una parrilla en la parte baja del horno. Sobre la parrilla se coloca una capa de leña de bastante espesor luego otra de carbón pulverizado, o coque de unos 12 a 15 cm. sobre esta capa una de caliza chancada, de 10 a 15 cm., y después, alternadamente, capas de carbón y caliza hasta llenar el horno.

La cal ya calcinada se saca por la parte baja de la parrilla, de tiempo en tiempo, generalmente 2 veces en 24 horas. Tan pronto como aparecen piedras en estado incandescente se interrumpe la extracción y se completa la carga del horno.

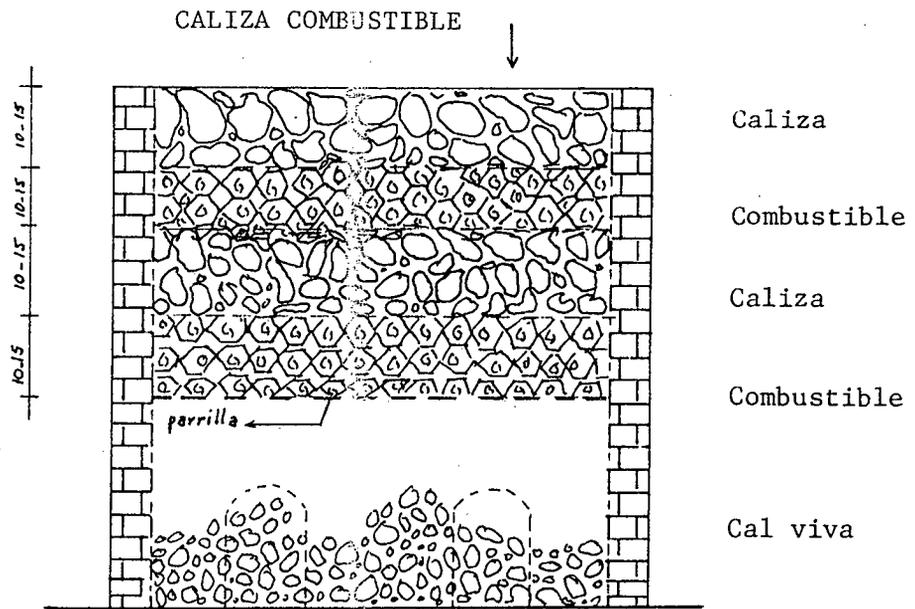
El producto calcinado se escoge, más tarde a mano, para separar los crudos y las escorias. Parte de la cal viva se vende como tal y parte se muele en molinos de martillo a menos de 60 mallas. Con este sistema de fabricar cal los costos son por lo general muy elevados, especialmente en mano de obra y costo de combustible. Por otro lado la cali

dad del producto terminado es muy variable y de baja calidad.

Este método presenta inconvenientes como los siguientes: a) desperdicio de calor; y, b) falta de uniformidad en la calcinación.

La falta de uniformidad en la calcinación hace que algunos trozos de caliza, deficientemente calcinados, mantengan su composición química de Carbonato de Calcio y no tengan capacidad de fraguar.

HORNO CASERO



Combustible leña
 Carbón
 Coque

Tiempo : 24 horas

HORNOS VERTICALES.- Hay numerosos tipos y muchas modalidades de hornos verticales. El más empleado consiste en un casco de acero revestido interiormente de material refractario de 3 a 7 m de diámetro y de 10 a 20 m de altura.

Una rampa equipada con vagonetas transporta la caliza hasta la boca del horno. En el hogar de la parte inferior se introduce el combustible, generalmente carbón. Los hornos más modernos usan gas o petróleo como combustible. Hay varios tipos de hornos verticales, dependiendo del combustible a usarse, del tamaño de la caliza a calcinarse, y de la capacidad de fabricación.

Estos pueden variar entre 6 a 80 ton, por día. Los hornos verticales tienen las siguientes ventajas:

- a) Bajo capital de inversión
- b) Menor costo de combustible
- c) Mayor flexibilidad

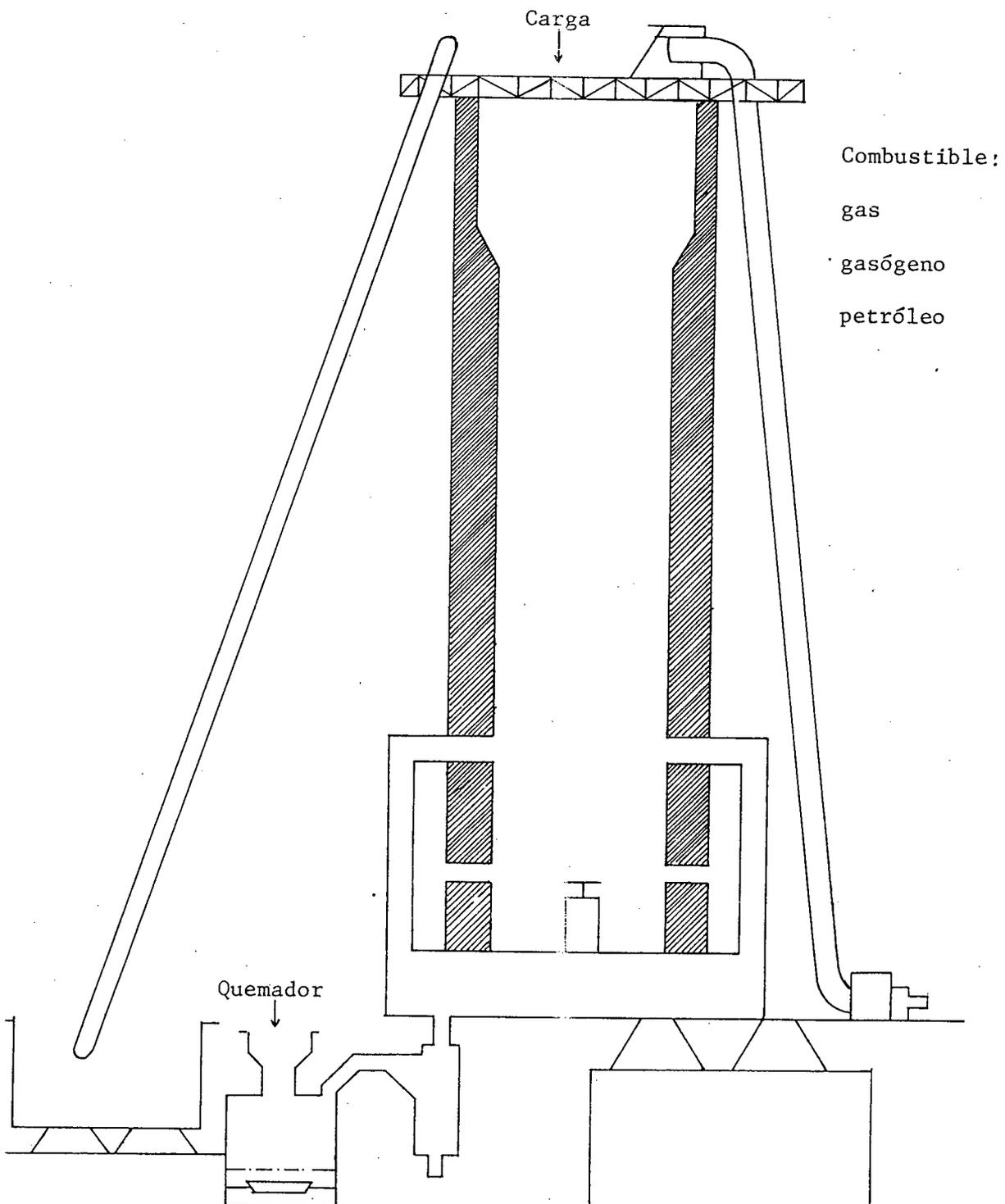
La desventaja más grande es el gran consumo de mano de obra.

HORNOS ROTATORIOS.- Los hornos rotatorios son iguales a los que se emplea en la fabricación del cemento pero más cortos. En estos procedimientos existe un control planificado de la combustión, temperatura y residuos no calcáreos. Algunos han alcanzado la capacidad máxima de 300 ton. por día.

La mayoría de los hornos rotatorios están equipados con calentadores y enfriadores, lo que ha permitido una mayor eficiencia en el em-

pleo de combustible. En estos hornos se pueden calcinar calizas más pequeñas hasta 6 a 60 mm de diámetro.

HORNOS VERTICALES



La calcinación se obtiene por medio de los hornos ya estudiados, por lo general el de hogar continuo alimentado por hulla. Entre los 150 y los 450° se verifica únicamente la evaporación del agua higroscópica; entre los 450° y 600° tiene lugar la descomposición del carbonato de cal; y únicamente entre los 800° y los 900° comienza la descomposición de la arcilla. Las cales hidráulicas, sin embargo, no deben someterse a temperaturas superiores a los 800°C.

Con la calcinación, una caliza arcillosa se modifica en sus caracteres físicos, es decir, en el color, densidad, estructura y dureza.

En cuanto al color no hay regla fija, pues depende especialmente de algunos óxidos metálicos que contiene la caliza. Referente a la dureza y densidad, se verifica que tanto una como otra primero disminuyen y después aumentan al elevarse la temperatura. En cuanto a la estructura, se observa al principio un aumento de porosidad, después una contracción, que hace la materia más compacta, lo que concuerda con lo dicho respecto a la densidad.

Con la calcinación la masa de caliza existente en el horno pierde peso, por el agua y los gases que se han evaporado. Llámase RENDIMIENTO de una piedra caliza el peso de producto mercantil, que se obtiene de la calcinación de 1 m³ o mejor de una tonelada de dicha piedra.

La pérdida de peso o merma producida por la calcinación, disminuye con el índice de la caliza. (tabla I, pág. 11). Así, el calor necesario para la calcinación de una piedra caliza será tanto menor cuanto mayor sea su índice.

La calcinación de los materiales hidráulicos es punto importan
tísimo para la calidad del producto, por lo que debe tratarse especialmente.

PRODUCTOS DE LA CALCINACION

CAL VIVA.- El producto inicial derivado de la calcinación de la caliza es la cal viva, en forma de terrones 15 a 20 cm. en los hornos verticales y en forma de guijas en los hornos rotativos, de 6 a 60 mm. De ordinario, la cal viva se vende en una de esas dos formas. Sin embargo, se expende también cal viva molida o pulverizada. Un tamaño típico de cal viva molida es la que pasa totalmente por un tamiz de 8 mallas y 40 - 60% de ella por un tamiz de 100 mallas; la cal viva pulverizada pasa 100% por un tamiz de 20 mallas y 85 - 95% por un tamiz de 100 mallas.

La cal viva, cualquiera que sea el tipo de horno empleado para producirla, tiene que inspeccionarse detenidamente para separar la piedra que no está debidamente calcinada. El método más moderno de inspección - es la separación a mano de los trozos de cal imperfectamente calcinados a medida que el producto va pasando sobre un transportador de banda entre los operarios encargados de realizar la operación. Después de la inspección, la cal viva está lista para transportarla, pulverizarla o hidratarla.

Casi toda la cal viva se transporta en granel, por lo general, en vagones con fondo de tolva cubiertos. También se transporta alguna - cal en sacos de papel. El transporte de cal viva en barricas ha desaparecido.

CAL REFRACTARIA.- El procedimiento para producir cal refractaria o dolomita inerte es muy semejante al empleado para producir la cal comercial, salvo que las temperaturas de calcinación son más altas, 1540°C o más, y que el tiempo de calcinación es más largo. Sólo puede usarse una caliza dolomítica verdadera, ya que las cales magnesianas y las cales ricas en calcio cuando se calcinan hasta hacerles inertes no son tan insensibles a la humedad como cal dolomítica. Para aumentar la estabilidad de la cal refractaria contra la hidratación, se añade a la caliza un pequeño porcentaje de escamas de óxido férrico o desperdicios de hierro. La cal refractaria es granular y se transporta en vagones cerrados. El horno rotativo es el tipo preferido para hacer la cal refractaria.

CAL HIDRATADA.- La cal hidratada normal es un polvo fino y blanco, 95% del cual pasa por el tamiz de 200 mallas; se produce también una cal superfina que se clasifica hasta que 99,5% del producto pasa por un tamiz de 325 mallas. La mayor de la cal hidratada se transporta en sacos de papel de 50 libras.

2.1.5.c. APAGADO DE LA CAL

Se conoce como apagado de la cal, el proceso por el cual el óxido de calcio o cal viva se combina con agua para constituir el hidróxido de calcio, cal hidratada o cal apagada, que es el material empleado directamente en las construcciones de mampostería.

En este proceso se presentan dos fenómenos que requieren tomar ciertas precauciones. El primero de ellos es el aumento de la temperatura a 160°C que puede producir quemaduras a las personas que realizan la operación. El otro fenómeno que también tiene importancia es el peligro



de la exposición de la cal hidratada al aire seco, produciéndose el fraguado.

Se debe también anotar que la cal viva u óxido de calcio es un cuerpo ávido de agua, y tiende a absorberla del aire o del suelo húmedo, por lo cual debe guardarse en locales bien ventilados y sobre un piso seco. Además, debe guardarse solamente el tiempo mínimo anterior a su hidratación controlada.

Si la cal viva se mantiene en depósito por mucho tiempo (más de treinta días), no solamente se hidrata, sino que además, se carbonata es decir, se combina con el dióxido de carbono del aire y vuelve a constituir la caliza original.

PROCEDIMIENTO DE APAGADO.- Los procedimientos tradicionales son dos: apagado por aspersión y apagado por inmersión.

APAGADO POR ASPERSION.- Se colocan los trozos o piedra de cal viva en un espacio cubierto, en una capa de más o menos 20 cm. de espesor; y, con una regadera o manguera se echa sobre ellos una cantidad de agua equivalente en peso al 50% del volumen de la cal. Se revuelve los trozos de cal formando un montón y se deja enfriar la mezcla.

APAGADO POR INMERSION.- Se colocan los trozos de cal viva dentro de canastas de mimbre o carrizo. Se tapan las canastas y se introducen en un estanque de agua hasta que se produzca una especie de efervescencia. Se extrae entonces la cal de las canastas y se colocan en fosas practicadas en el suelo. Este método da mejores resultados, pues

el hidróxido formado es más homogéneo y se lo puede conservar durante algún tiempo.

Existe un procedimiento que suele emplearse a pie de obra, denominado:

APAGADO POR FUSION.- Cuando la cal se va a emplear poco tiempo después de apagada en la preparación de morteros, conviene transportar la cal viva al sitio de la obra y apagarla empleando el método conocido como apagado por fusión.

De acuerdo a este método se construye un depósito de madera rústica, por medio de la cual se comunica con el depósito B que está excavado en el suelo.

Una vez contruidos estos depósitos, se llena el depósito A con los trozos y piedras de cal viva, y se echa en el agua con un peso igual al del volumen de cal. Se remueve la mezcla y se añade otro tanto igual de agua. Se sigue removiendo la mezcla, y cuando se precipitan las sustancias más densas de la cal, se abre la compuerta C y se deja pasar la lechada de cal al depósito de B, en el cual se absorbe el exceso de agua y las sales en disolución que contenga.

Las ventajas principales que se consiguen con este método son las siguientes:

- 1.- En el depósito A se sedimentan y quedan todas las sustancias extrañas al hidróxido de calcio.

- 2.- En el depósito B se absorbe el exceso de agua y las sales en disolución que contenga la mezcla;
- 3.- La mezcla del depósito B se presenta en forma de una pasta uniforme que queda acentada y se la puede conservar por mucho tiempo; y,
- 4.- Al emplear esta pasta en los trabajos de construcción no se producen grietas ni huecos por la explosión de partículas de cal no apagada.

En caso de estrechez de espacio o imposibilidad de escavar la fosa en el terreno, este método puede modificarse de la siguiente manera: sobre una superficie de terreno plana, limpia y seca, se disponen dos secciones rectangulares y contiguas, limitadas por bordos de arena húmeda de más o menos 20 cm de altura. En la primera de estas secciones se colocan las piedras de cal viva, y se vierte poco a poco la cantidad de agua necesaria, removiendo constantemente las piedras con un ladrillo para lograr que se disgreguen.

Una vez desintegrados los trozos de cal, se hace pasar la solución a la sección contigua, en donde se deja reposar hasta que se forme una masa gelatinosa en la que aparezcan grietas de aproximadamente un centímetro de anchura.

Esta pasta de cal apagada sirve para preparar los morteros y debe protegerse de la intemperie para que no se seque y se endurezca. Para este objeto se recubre con una capa de arena húmeda.

PROCEDIMIENTOS INDUSTRIALES DE APAGADO.- Dentro del proceso industrial de fabricación de la cal hidratada para la construcción,

luego de calcinar la caliza en hornos giratorios, se hidrata o se apaga la cal en depósitos adecuados, utilizando agua caliente y vapor de agua, en proporciones controladas, para que el material no se convierta en pasta.

Una vez obtenida la hidratación de la cal, el material es molido y cernido en tamices normalizados. El polvo de la cal hidratada se coloca en bolsas de papel semejantes a las de cemento. El empleo de estas bolsas tiene por objeto mantener la cal hidratada en su estado de polvo, impidiendo una nueva exposición a la humedad y el fraguado completo del material.

La cal hidratada se expende en el comercio en la forma indicada, el costo de su fabricación es muy alto.

El apagamiento es un proceso sencillo pero de mucha importancia. Un apagamiento insuficiente puede dar también un producto de fraguado rápido, pero de dudoso éxito final, porque sería de fácil disgregación, aún después del fraguado, con peligro para la obra que se ejecute.

De los hornos, la caliza calcinada pasa a cámaras especiales de apagamiento en que la masa se baña por cualquier método ya mencionado, con una cantidad de agua que corresponde aproximadamente a 1/10 del peso efectivo de la cal.

Las cales débilmente hidráulicas, amontonadas y regadas de este modo, se reducen a polvo en poco tiempo; lo que no sucede con las fuertemente hidráulicas, las cuales necesitan de diez a veinte días para una eflorescencia completa.

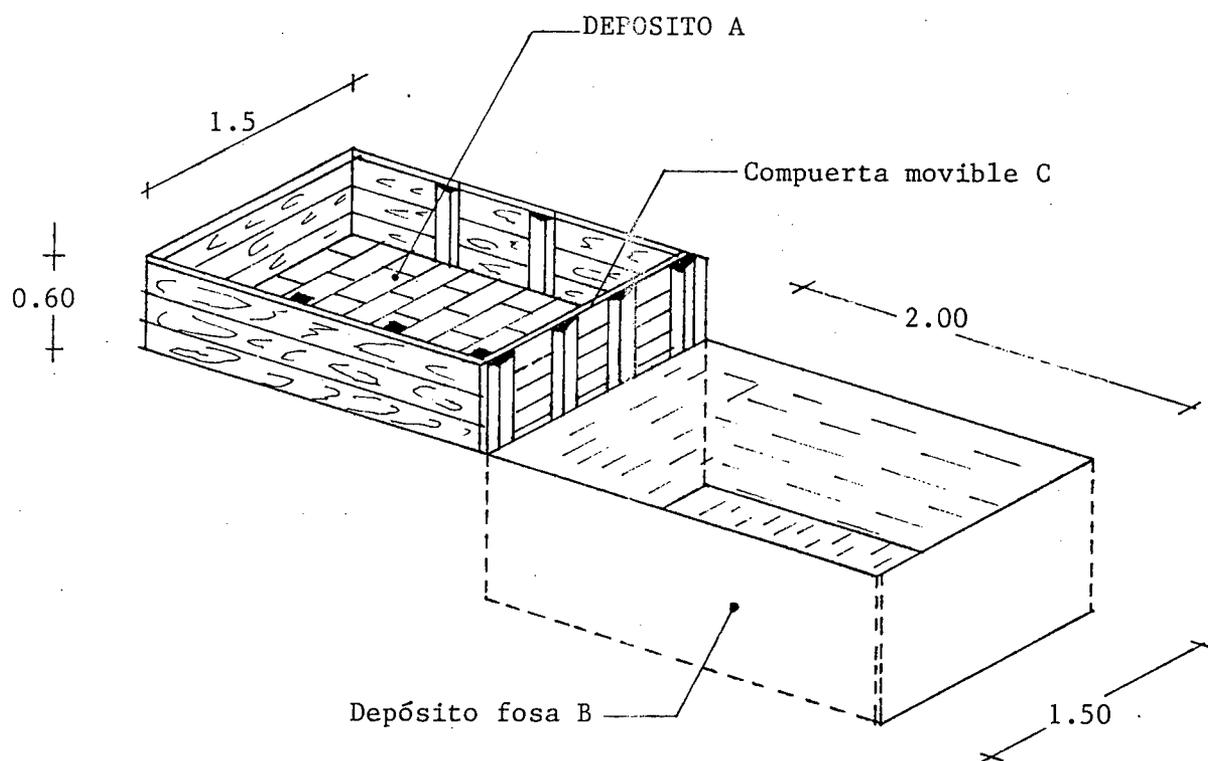
Apagada ya, la cal se echa en los tamices, que la separan en dos partes: una que pasa a través de las mallas de tela metálica y que se denomina flor de cal, y otra que es retenida por la tela y recibe el nombre de grappiers.

Esta última se vuelve a triturar y después se mezcla con la flor de cal, de la que resultó separada sólo por el mayor tamaño de los granos.

La flor de cal es un polvo fino, ligero y generalmente no muy hidráulico. Su peso aparente varía entre 0,5 y 0,6 Kg por litro, y su índice de hidráulicidad resulta apenas comprendido entre 0.20 y 0,25, de modo que su fraguado en el agua es más bien lento.

Los grappiers triturados de nuevo dan un producto de gran resistencia, tanta que puede ser comparada por su energía con un verdadero portland, del que algunas veces no difiere más que en su composición de la arcilla, ya que los grappiers son esencialmente silíceos.

APAGADO DE LA CAL



Instalación para apagado por Fusión

2.1.6. USOS COMUNES DE LA CAL

La cal tiene varios usos dentro de la construcción corriente:

1.- Como mortero para mampostería.- En este caso, es necesaria una resistencia satisfactoria del mortero a la compresión. Se recomienda prepararlo con una parte de cal por tres de arena y con el agua necesaria para la mezcla. El mortero puede utilizarse en la construcción de muros de piedra y ladrillo.

2.- Para enlucidos o aplanados exteriores de las paredes de la drillo. Se preparará un mortero de menor resistencia, que contenga una parte de cal por cuatro o cinco de arena. En el caso de los enlucidos, se debe cuidar que la cal se encuentre totalmente hidratada, por lo cual con viene usar la pasta de cal más o menos después de unos quince días de apa gada en obra.

3.- Como base para la pintura de los muros de ladrillo. La pin tura de cal hidratada, agua, sal, alumbre y si se desea, colorante para cemento, es muy efectiva.

La proporción tradicional es: 25 Kg de cal, 30 litros de agua, 4 Kg de sal, 2 Kg de alumbre, y uno o dos de colorante, según la intensidad deseada. Con las cantidades indicadas se produce 50 litros de pintura que puede cubrir una superficie de 50 metros cuadrados, a una mano, y 30 metros cuadrados a dos manos.

Esta pintura puede aplicarse sobre el enlucido de cal o direc

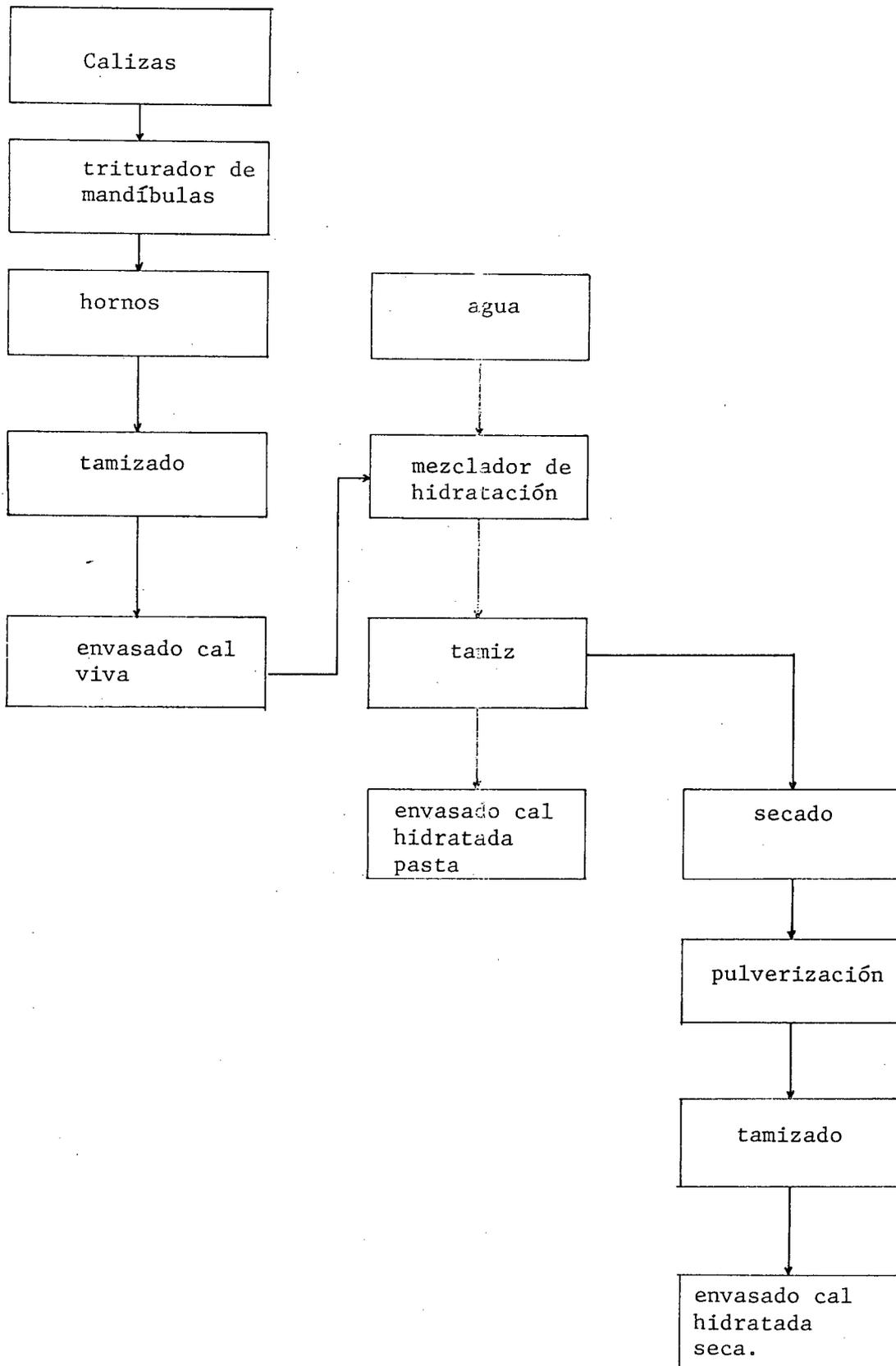
tamente sobre el muro de ladrillo.

2.1.7. CERNIDO, ENVASE Y CONSERVACION DE LA CAL

La cal suele tamizarse en cedazos cilíndricos con la tela metálica de mallas pequeñas, o sea del número 40 al 50. Los cedazos se colocan en una tolva que termina en forma de embudo, en donde se aplica la boca del saco que se quiere llenar. De esta forma se expende al comercio o a su almacenaje.

La cal viva y la cal hidratada no deben guardarse mucho tiempo, porque pierden actividad a consecuencia de la carbonatación. Almacenada en buenas condiciones, con sacos de paredes múltiples e impermeabilizados, puede conservarse la cal viva hasta seis meses, pero en general no debe guardarse más de tres meses. La cal hidratada, que almacenada en seco se carbonata con menos rapidez que la cal viva, puede conservarse hasta un año sin que sufra alteración importante. En lugar de mantener una reserva de material inactivo, la cal debe usarse en el mismo orden en que se compra. En todos los casos debe guardarse la cal en sitios bien secos.

PROCESOS DE FABRICACION DE LA CAL



2.2. ENSAYOS EFECTUADOS CON LA CAL.

Dentro de los ensayos físicos mencionaremos los siguientes:

2.2.1. DENSIDAD APARENTE.-

Es la relación que existe entre el peso de una muestra de cal, sobre su volumen aparente.

a.- Instrumental.

Recipiente de acero inoxidable,
placa de vidrio de 10 x 10 cm.,
balanza electrónica, sensible a 0,005 gr.,
embudo metálico y placa metálica,
agua.

b.- Procedimiento.

b.1. Pesar el recipiente de acero más la placa de vidrio completamente vacío, obteniendo P1.

b.2. Determinar el volumen del recipiente, llenando el recipiente completamente de agua y enrrazando con la placa de vidrio, realizar el pesaje obteniendo P2.

b.3. REstar P2 de P1 y obtener el peso del agua.

b.4. Pesar la muestra de cal que previamente es pasado por un embudo con malla y colocado en el recipiente siendo enrrazado por una -

placa metálica sin que se apelmase. Realizamos este procedimiento por n veces, y obtendremos P3.

b.5. Determinar el peso del material restando P3 de P1, obteniendo P4, que será el valor utilizado para el cálculo de dicha densidad.

b.6. La densidad aparente será el resultado del peso de material relacionado con el peso del agua. Es adimensional.

2.2.2. DENSIDAD ABSOLUTA O REAL

Es la relación existente entre el peso de una muestra de cal y su volumen real.

a.- Instrumental.

Frasco de Le Chatelier,

Termómetro, graduado con divisiones de 0,1°C.

Balanza electrónica, sensible a 0,005 g.

Kérex, exento de agua, con densidad no menor de 0,8016 g/cc a 18°C.

b.- Procedimiento.

b.1. Llenar el frasco de Le Chatelier con kérex hasta enra-
zar en una división comprendida entre las marcas correspondientes a 0
cm.³ y 1 cm.³.

b.2. Secar la parte inferior del frasco que queda sobre el nivel del líquido.

b.3. Sumergir el frasco en un baño de agua a: $20^{\circ}\text{C} \pm 0,2^{\circ}\text{C}$, y mantenerlo allí, en posición vertical, hasta que su contenido haya alcanzado la temperatura del baño.

b.4. Registrar una primera lectura V_1 , que corresponde al volumen ocupado por el líquido contenido en el frasco.

b.5. Pesar, con aproximación de 0,01 g, 50 g de cal previamente desecada a $105^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e introducir esta porción en el frasco, cuidando que no se produzcan salpicaduras hasta constancia de peso del líquido y evitando que la cal se adhiriera a las paredes interiores sobre el nivel del líquido.

b.6. Tapar el frasco y, tomándolo por su parte superior, girarlo en posición inclinada o suavemente en círculos horizontales, hasta que colocado en posición vertical, no ascienda burbujas de aire a la superficie del líquido.

b.7. Repetir la operación descrita en b.3.

b.8. Registrar una segunda lectura V_2 , que corresponde al volumen del líquido más el volumen de la cal contenido en el frasco.

b.9. La densidad absoluta de la cal se calcula mediante la expresión siguiente:

$$= \frac{m}{V_2 - V_1} = \text{g/cm}^3$$

La máxima diferencia entre los resultados de la determinación efectuada por triplicado no debe exceder de $0,01 \text{ g/cm}^3$.

b.10. Como resultado final se indicará la media aritmética de los tres resultados redondeando a tres cifras significativas.

2.2.3. CONSISTENCIA NORMAL Y TIEMPO DE FRAGUADO DE LA CAL

a.- Instrumental

Aparato de Vicat.- Consta de una varilla movable de 300 gr. de contrapeso, en su extremo inferior se fija una aguja metálica de 1 mm^2 de sección y 50 mm de longitud.

El penetrador tiene 10 mm de diámetro sobre una distancia de por lo menos 50 mm. La penetración se lee mediante un indicador ajustable que se mueve a lo largo de una escala graduada de 0 a 50 mm.

Anillo cónico.- Su forma es de un cono truncado cuya base es de $70 \text{ mm} \pm 0.3 \text{ mm}$; base menor $60 \text{ mm} \pm 0.3 \text{ mm}$ y su altura de $40 \text{ mm} \pm 0.1 \text{ mm}$

Mezcladora mecánica.- De capacidad 6 lt. con brazo ajustador de distancias, que permiten una distancia de $2.5 \text{ mm} \pm 0.5 \text{ mm}$ entre el fondo del recipiente del mezclador y la paleta mezcladora.

Probetas graduadas de 100 y 200 ml.

Espátulas

Balanza electrónica, sensible a 0,005 g.

b.- Procedimiento

Preparación de la muestra.

b.1. La pasta se prepara tomando 500 gr. de cal y colocándolos

sobre una superficie plana y no absorbente.

Se hace una especie de cráter en la mitad del material y se vierte dentro de él una cantidad previamente determinada de agua limpia.

b.2. Se mezcla el agua con la cal por medio de un palustre por espacio de 30 segundos. Se deja luego reposar la muestra otros 30 segundos, cubriendo la pasta con el material sobrante con el fin de disminuir las pérdidas por evaporación.

b.3. Luego por espacio de $1\frac{1}{2}$ minutos se comprime la mezcla y se compacta con las manos, debidamente protegidos con guantes de caucho.

b.4. Con la pasta preparada como se indica anteriormente se forma una bola, se pasa 6 veces de una mano a otra que para esta operación deben encontrarse unos 20 cm. la una de la otra.

b.5. La bola de la pasta se coloca dentro del molde del aparato de Vicat, a través de la base mayor. La pasta que sobra después de ser presionada se deja eliminar con un movimiento de la palma de la mano.

El molde es luego colocado sobre una placa de vidrio de 10 x 10 cm. que es parte del aparato de Vicat. La parte superior se empareja por medio de una espátula teniendo cuidado de no comprimir la pasta en el molde.

Determinación de la Consistencia.

Se efectúa por medio del aparato de Vicat. El molde se cen-

tra bajo la varilla del aparato y luego se baja ésta que quede en contacto con la pasta. Se ajusta el tornillo que permite el movimiento vertical de la varilla del aparato de modo que ésta quede fija. El indicador de la posición de la varilla es entonces colocado en cero. Se deja luego caer la varilla aflojando el tornillo y se observa que tanto penetra la pasta. Se considera que la pasta de cal tiene una consistencia normal - cuando la varilla penetra 6 mm en 30 seg. Se debe ensayar varias mezclas variando la cantidad de agua hasta obtener la consistencia normal. La can tidad de agua necesaria para obtener la consistencia normal se expresa co mo un porcentaje, en peso de la cal seca.

Tiempo de fraguado.

La muestra se prepara de igual manera que para el ensayo de con sistencia. Para la determinación del tiempo de fraguado, la penetración de la muestra se determina por medio de una aguja que puede adaptarse a la varilla del aparato de Vicat. La aguja se deja caer hasta que esté en contacto con uno de los extremos de la placa de vidrio que sobresalga del molde. El indicador se coloca en cero y el pistón se sube hasta que la aguja esté en contacto con la muestra. Luego se deja caer la aguja aflojando el tornillo y se observa la penetración en la muestra.

Se considera que ha ocurrido el fraguado inicial de la muestra cuando la aguja no pasa de un punto situado a: 5 mm sobre la placa de vidrio en 30 seg.

Se considera que ha ocurrido el fraguado final, cuando no se observa penetración visible de la aguja en la muestra.

Precauciones.

Las muestras deben conservarse a temperatura ambiente durante el ensayo. Se debe tener cuidado de conservar la aguja limpia, ya que de lo contrario la penetración sería retardada por el material adherido a ella.

El tiempo que toma la muestra en fraguar depende de la temperatura y de la cantidad de agua que se use, lo mismo que del tiempo que se ocupe amasando la muestra y de la temperatura y humedad del ambiente. Debido a esto, la determinación del tiempo de fraguado de la muestra, es sólo aproximada.

UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

Muestra: Cal apagada

Norma: 858 INEN - INEN 156

Origen: Loja

Fecha Muestreo: 1986-06-25

1986-06-26

DENSIDAD APARENTE

Ensayo Número	1	2	3	4
Masa Recipiente + Placa (P1)	415,34	415,34	415,34	415,34
Masa Recipiente	264,02	264,02	264,02	264,02
Peso Agua + P1	1478,30	1478,30	1478,30	1478,30
Volumen Aparente = peso agua	1062,96	1062,96	1062,96	1062,96
Masa Muestra + Masa Recip.	916,10	914,00	916,10	915,10
Masa Muestra	652,08	649,98	652,08	650,98
Densidad Aparente = m/v	0,613	0,611	0,613	0,612
VALORES PROMEDIOS: $\rho_{ap} = 0,612$				

DENSIDAD REAL

Ensayo Número	1	2	3	4
Masa Muestra (gr)	50	50	50	50
Volumen líquido V ₁ (cc)	0,7	0,6	0,6	0,7
Vol. Líquido + Vol. Muestra (V ₂)	19,8	19,7	19,7	19,8
Densidad Real = m/V ₂ - V ₁	2,618	2,618	2,618	2,618
VALORES PROMEDIOS: $\rho_R = 2,618$ gr/cc				

OBSERVACIONES: Para la determinación de la densidad Real, la temperatura del agua es 20°C.

UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

Muestra : Cal apagada

Norma: INEN 157

Origen: Loja

Fecha de muestreo: 1986-06-20
1986-06-21

CONSISTENCIA NORMAL

Ensayo Número	1	2	3
Masa Muestra	500	500	500
Porcentaje de Agua	51,30	51,30	51,30
Agua en cc	256,50	256,50	256,50
Penetración (mm)	9	9	9
Tiempo de Penetración	30 seg.	30	30
VALOR PROMEDIO: 9 mm.			

OBSERVACIONES: Temperaturas: Ambiente 18°C, Agua 24°C.



UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

Muestra: Cal apagada

Norma: INEN 158

Origen: Loja

Fecha Muestreo: 1986-06-20

Descripción:

Fecha de Ensayo: 1986-07-24

TIEMPO DE FRAGUADO

Ensayo Número	1	2
Tiempo Inicio de Ensayo	15h 23' 20"	15h 30' 48"
Fecha fraguado inicial	07-25	07-25
Tiempo Fraguado Inicial	7h 53' 37"	10h 20' 35"
Fecha Fraguado Final	07-30	07-30
Tiempo Fraguado Final	14h 52' 37"	14h 55' 50"

OBSERVACIONES: Temperatura de ensayo 18°C, temperatura agua 24°C.

UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

Muestra: Cal viva

Norma: INEN 858 - INEN 156

Origen: Loja

Fecha Muestreo: 1986-06-20

Descripción:

Fecha de ensayo: 1986-06-25
1986-07-03

DENSIDAD APARENTE

Ensayo Número	1	2	3	4
Masa Recipiente + Placa (P_1)	415,34	415,34	415,34	415,34
Masa Recipiente	264,02	264,02	264,02	264,02
Volumen Aparente	1062,96	1062,96	1062,96	1062,96
Peso Agua + P_1	1478,30	1478,30	1478,30	1478,30
Masa Muestra + Masa Recip.	800,90	800,30	801,00	801,60
Masa Muestra	536,88	536,28	536,98	537,58
Densidad Aparente	0,505	0,505	0,505	0,505
VALORES PROMEDIOS: $\bar{\rho}_{ap} : 0,505$				

DENSIDAD REAL

Ensayo Número	1	2	3	4
Masa Muestra	50	50	50	50
Volumen Líquido V_1	1,20	1,10	1,20	1,10
Vol. Líquido + Vol. Muest. V_2	19,40	19,30	19,40	19,30
Densidad Real = $m/V_2 - V_1$	2,747	2,747	2,747	2,747
VALORES PROMEDIOS: $\bar{\rho}_R = 2,747 \text{ gr/cm}^3$				

OBSERVACIONES:

UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

Muestra: Cal viva

Norma: INEN 157

Origen: Loja

Fecha Muestreo: 1986-06-20

Descripción:

Fecha de Ensayo: 1986-07-15

CONSISTENCIA NORMAL

Ensayo Número	1	2	3
Masa Muestra	500	500	500
Porcentaje de agua	51,8	51,3	51,3
Agua en cc.	256,5	256,5	256,5
Penetración (mm)	10,8	10,8	9,5
Tiempo de Penetración	30 Seg.	30	30
VALOR PROMEDIO:		10,4 mm	

OBSERVACIONES: Temperaturas: Ambiente 18°C, Agua 24°C.

UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

Muestra: Cal viva

Norma: INEN 158

Origen: Loja

Fecha Muestreo: 1986-06-20

Descripción:

Fecha de Ensayo: 1986-07-24

TIEMPO DE FRAGUADO

Ensayo Número	1	2
Tiempo de Inicio de Ensayo	9h 07' 05"	9h 16' 20"
Fecha Fraguado Inicial	07-24	07-24
Tiempo Fraguado Inicial	18h 17' 08"	19h 49' 15"
Fecha Fraguado Final	07-29	07-29
Tiempo Fraguado Final	8h 50' 50"	8h 55' 10"

OBSERVACIONES: Temperaturas : Ensayo 18°C, Agua 24°C.

UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

Muestra: Cal de alto horno

Norma: INEN 858 - INEN 156

Origen: Azogues

Fecha Muestreo: 1986-06-26

Descripción:

Fecha de ensayo: 1986-06-27
1986-07-04

DENSIDAD APARENTE

Ensayo Número	1	2	3	4
Masa Recipiente + Placa (P_1)	415,34	415,34	415,34	415,34
Masa Recipiente	264,02	264,02	264,02	264,02
Volumen Aparente	1062,96	1062,96	1062,96	1062,96
Peso Agua + P_1	1478,30	1478,30	1478,30	1478,30
Masa Muestra + Masa Recip.	1021,40	1022,10	1021,50	1022,90
Masa Muestra	757,38	758,08	757,48	758,88
Densidad Aparente	0,713	0,713	0,713	0,713
VALORES PROMEDIOS: $\rho_{ap} = 0,713$				

DENSIDAD REAL

Ensayo Número	1	2	3	4
Masa Muestra	50	50	50	50
Volumen Líquido V_1	1,10	1,15	1,25	1,25
Volumen Líquido + Vol. Mues. V_2	19,15	19,20	19,30	19,30
Densidad Real = $m/V_2 - V_1$	2,770	2,770	2,770	2,770
VALORES PROMEDIOS: $\rho_R = 2,770 \text{ gr/cm}^3$				

OBSERVACIONES:

UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

Muestra: Cal Alto Horno

Norma: INEN 157

Origen: Loja

Fecha Muestreo: 1986-06-26

Descripción:

Fecha de Ensayo: 1986-07-14

CONSISTENCIA NORMAL

Ensayo Número	1	2	3
Masa Muestra	500	500	500
Porcentaje de Agua	38,40	38,40	38,40
Agua en cc.	192	192	192
Penetración (mm)	11	10,50	9,50
Tiempo de Penetración	30 seg.	30	30
VALOR PROMEDIO:	10,33 mm		

OBSERVACIONES: Temperaturas: Ambiente 18°C; Agua 24°C.

UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

Muestra: Cal de Alto Horno

Norma: INEN 158

Origen: Azogues

Fecha Muestreo: 1986-06-26

Descripción:

Fecha de Ensayo: 1986-07-23

TIEMPO DE FRAGUADO

Ensayo Número	1	2
Tiempo Inicio de Ensayo	8h 49' 21"	8h 51' 03"
Fecha Fraguado Inicial	07-23	07-23
Tiempo de Fraguado Inicial	11h 41' 50"	11h 55' 25"
Fecha Fraguado Final	07-24	07-24
Tiempo Fraguado Final	18h 20' 40"	18h 25' 32"

OBSERVACIONES: Temperaturas: Ensayo 18°C, Agua 24°C.

2.3. ESTUDIO DEL CEMENTO.

2.3.1. INTRODUCCION

El nombre de cemento se deriva de caementum, que en latín significa argamasa. Antiguamente se aplicaba a los morteros en general, y desde el año 1792, en que Parker patentó su cemento natural, a los productos resultantes de la cocción de la caliza y arcilla.

La industria del cemento es una fuente básica para todos los países, las capacidades de producción efectivas son muy importantes para obtener una rentabilidad adecuada en estas instalaciones y al mismo tiempo programar las expansiones de las fábricas de cemento.

Su uso más apropiado es, en combinación de otros materiales, en la confección de conglomerados, especialmente morteros y hormigones.

Amasado con agua, el cemento fragua, y endurece tanto en el aire como sumergido en agua. Se trata, por consiguiente, de un conglomerante hidráulico. En realidad, es el conglomerante hidráulico por excelencia.

2.3.2. ESTUDIO DE LA ESTRUCTURA MOLECULAR DEL CEMENTO

Siendo difícil encontrar en la naturaleza calizas con la cantidad de arcilla precisa para fabricar este producto se recurre a mezclar - rocas calizas y arcillas naturales en proporciones determinadas. Se emplean también productos artificiales calizos, como las escorias de altos

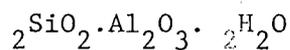


hornos, residuos de la industria de los álcalis, etc. y la arena de residuos de minerales de hierro para la arcilla.

Caliza.- Está formada por carbonato cálcico $\text{CO}_3 \text{Ca}$, en el cual el 56% es de óxido de cal CaO , y el 44%, anhídrido carbónico CO_2 . Se presentan en la naturaleza, cristalizada en el sistema exagonal, en romboedros de peso específico igual a 2,7 - 2,8. Dureza igual a 3 de la escala de Mohs; de color blanco o transparente formando el espato calizo o calcita, y cristalina, formando la roca caliza, que según el agrupamiento de los cristales, recibe los nombres de caliza sacaroides, caliza concrecionada, caliza litográfica, etc.

Las calizas están casi siempre impurificadas por otras sustancias: sílice, alúmina, óxido de hierro, magnesia, etc. y según su proporción las hacen ser útiles, como las que contienen alúmina y sílice (margas) o desechables, aún en pequeña cantidad, como la magnesia (dolomías)

Arcilla.- Está formada por silicatos aluminicos hidratados - amorfos, procedentes de la descomposición de los feldespatos. Cuando está pura, forma el caolín, de color blanco, de cristales muy pequeños.



Si están impurificadas por el hierro, sílice, álcalis, según su proporción, se llaman grasas o magras. El peso específico medio es de 2,25; las mejores son los caolines, cuya única impureza es la arena, siendo pobres en fundentes.

Las arcillas grasas son plásticas, y como tienen impurezas, son más fusibles. Aproximadamente tienen la siguiente composición:

Sílice 60%, alúmina 20%, óxido de hierro 8%, cal 6%, magnesia 3% y álcalis 2%.

La roca caliza se suele extraer a cielo abierto, por voladuras con dinamita. La arcilla se extrae con picos o palas excavadoras. Se practica la trituración con machacadoras de mandíbulas, trituradores de martillo, de rodillo.

FORMULAS DE DOSIFICACION

Existen varias fórmulas, propuestas por los investigadores que las han aplicado, para dosificar las mezclas crudas, basadas en las relaciones estequiométricas de combinación de los óxidos que forman el cemento.

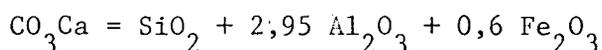
Le Chatelier propuso considerando que el cemento estaba formado por compuestos tricálcicos, que el límite superior de cal admisible es el que da la relación:

$$\frac{\text{CaO} + \text{MgO}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3} = 3$$

Michaelis indicó la siguiente:

$$1,8 \frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3} 2,2$$

El Dr. Vian Ortuño aplica:



Estos constituyen los índices hidráulicos del cemento. Generalmente los cementos que son ricos en SiO_2 son lentos en fraguado, y los que tienen Al_2O_3 son de fraguado rápido.

2.3.3. CLASIFICACION DE LOS CEMENTOS

En los cuadros que se presentan a continuación se ha dividido - los tipos de cemento de acuerdo a 3 clasificaciones internacionales, la ASTM - American Society For Testing Materials; INDITECNOR - Instituto de Investigaciones Tecnológicas y de Normalización (Chile); B.S.I. British - Standards Institution.

La clasificación de los cementos que se presenta se ha hecho de acuerdo a las composiciones, empezando desde las composiciones más simples hasta las más complejas y al mismo tiempo de los cementos originales hasta los cementos que se usan por lo general más frecuentemente, o sea los cementos Portland.

Como se puede apreciar, las clasificaciones de cemento por la ASTM corresponden mas bien dicho a una clasificación hecha por los usos - que el cemento debe tener, mientras que la clasificación del INDITECNOR se basa más en las materias primas y los procesos que entran en la fabricación de los cementos.

CLASIFICACION DE LOS CEMENTOS DE ACUERDO A NORMAS INTERNACIONALES

Tipos de Cemento	ASTM	INDITECNOR	BSI
Cemento Natural	N-Cem. Nat. + Portl. Na-Idem Aereado	Tipo IV Clase PA Clase A	No hay
Cemento Puzolánico Portland	Clink + Puz. IP Portland + Puuzol. IP-A Idem aereado Puzolana varía 15-50%	Tipo III - Clase P -Clase PP	-Puz-40%208 -Puz-20%207
Cemento de Escorias.	S - Corriente AS - Aereado a) Cem. Portl.+ escorias refri. en agua, secas y molidas. b) Cal hidrat.+ escorias refrig. en agua secas y molidas.	Tipo II Clase S	204 - bajo calor de - hidratac. 50-90% Esc.
Cemento Portl. de escorias	IS - Corriente IS - A Aereado Moler Clinker,	Clase P.S.	----- 6 categorías

	<p>cemento portl. con escoria <u>gra</u> nulada. Contenido esco- ria 25-65%</p>		<p>dependiendo del contenido de <u>es</u> corias.</p>
<p>Cemento Portl. Aereado.</p>	<p>IA = Corriente IIA = para const. pero que requiere moderada <u>resisten</u> cia a los sulfatos y moderado color hidrat. III A = Resist. - Temprana elevada</p>	-----	-----
<p>Cemento Portl.</p>	<p>I - Corriente II-Para const. expuesta a modera- da acción de <u>sulfa</u> tos y con moderado calor de hidratac. III - Resist. tem- prana elevada IV-Para usos de <u>ba</u> jo calor hidrat. V-para usos con - gran resistencia a los sulfatos.</p>	<p>Tipo I Clase C Tipo I Clase P:A.R.</p>	<p>BS - 12 BS - 12 Resis. Temp. Elev. BS-1370 BS - 4027</p>

En el caso de las normas ASTM y del INDITECNOR, no se ha considerado en las clasificaciones generales de los cementos, cementos especiales como para usos en pozos petrolíferos, cementos aluminosos que se usan generalmente en refractarios, y cementos blancos que se usan principalmente en estucos o pinturas en la construcción de edificios. Tanto en la construcción de edificios y obras civiles se utilizan los siguientes cementos:

- a.- CEMENTO NATURAL - Estos se fabrican a partir de calizas arcillosas que se encuentran en la naturaleza y que tienen los porcentajes adecuados de óxido de calcio, sílice, alúmina y óxido férrico. Estas calizas después de trituradas y molidas se calcinan a una temperatura de aproximadamente 900°C a 1000°C, con un porcentaje de arcilla que varía desde 30% a 40%; hasta liberar totalmente su agua de cristalización y el ácido carbónico, con lo cual se produce un cemento natural que tiene ciertas propiedades hidráulicas. Estos cementos naturales se clasifican en:
- Cemento Natural Rápido, su fraguado finaliza antes de los 30 minutos.
 - Cemento Natural Lento, el fraguado se inicia a los 30 minutos y termina antes de las 12 horas.
 - Cemento Zumaya, es todo cemento natural resistente al agua de mar, de fraguado rápido, análogo al fabricado en la región cementera de Zumaya. Su fraguado finaliza entre los 5 y 25 minutos.

b.- CEMENTOS DE CAL HIDRAULICA.- En el cuadro anterior no se ha incluido este tipo de cemento, poseen gran contenido de caliza mezclada con cal viva. Al igual que el cemento natural, éste es muy variable en su composición.

c.- CEMENTO PUZOLANICO.- Se llama puzolana al producto natural de origen volcánico capaz de fijar cal a la temperatura ambiente y formar propiedades de hidraulicidad capaces de resistir a las sales marinas y a las aguas salobres.

Estos cementos suelen fabricarse por 2 procesos diferentes:

- Usando calizas, arcillas y óxido férrico, los que se calcinan en hornos rotatorios a temperaturas sobre 1400°C para formar un clinker, éste se somete a un proceso de molienda agregándole puzolana, en cantidades que varían entre 15 a 50% del peso del producto terminado.

Para controlar la fragua de este cemento se le agrega yeso-roca en el molido final.

- Usando cemento Portland, el que se muele en conjunto con las puzolanas y yeso.

d.- CEMENTOS DE ESCORIAS.- Suelen fabricarse estos cementos en dos formas:

- Mezclando escorias de los altos hornos, las que se refrigeran a la salida del alto horno en agua fría, secadas y molidas, y finalmente molidas con cemento Portland y roca de yeso. Esta última para control de fraguado.

- Mezclando escorias de los altos hornos, secadas y molidas con cal hidratada y roca de yeso.

e.- CEMENTOS PORTLAND DE ESCORIAS.- Estos cementos se hacen utilizando clinker de cemento Portland y moliéndolos con escorias secas de altos hornos, incluyendo roca de yeso en los molinos para el fraguado.

f.- CEMENTOS PORTLAND AEREADOS O CON INCORPORADORES DE AIRE. Estos cementos consisten en moler clinker de cemento Portland con yeso y agentes formadores de espumas. Estos cementos se usan especialmente para la fabricación de concretos livianos y tienen gran resistencia a las heladas, deshielos y a la aplicación de sal para deshielar las carreteras.

g.- CEMENTO PORTLAND.- Estos se fabrican a través de minerales, tales como las calizas, arcillas, caolines y óxido férrico, los que una vez molidos se calcinan en hornos rotatorios hasta formar el clinker. Una vez enfriado el clinker, éste se muele junto con roca de yeso a finuras deseadas, dependiendo de los usos que se quieran dar.

Se distinguen dos clases de cemento Portland:

- Corriente o Normal.
- Resistente a las aguas selenitosas.

Ambos se obtienen mediante la pulverización conjunta del material básico o clinker. Se llama clinker al producto resultante de la calcinación hasta un principio de fusión, de mezclas muy íntimas de materias calizas y arcillosas en unas proporciones exactas.

El cemento Portland resistente a las aguas selenitosas, pre-



senta con respecto al portland corriente, un bajo contenido de aluminato tricálcico, siendo capaz de resistir la acción del sulfato de calcio.

Del cemento Portland Corriente o Normal se fabrican tres categorías o calidades que son: fabricados en función de sus resistencias mecánicas, y se fijan según la resistencia mínima a compresión exigida en mortero normal a los 28 días.

TIPOS DE CEMENTO PORTLAND

TIPO I.- Cementos Corrientes para usos generales se emplea para fines estructurales. Su fraguado inicia después de los 45 minutos y termina antes de las 12 horas.

TIPO II.- Cemento modificado para usos generales, se emplea cuando se prevee una exposición moderada al ataque por sulfatos o cuando requieren un calor moderado de hidratación.

Estas características hacen que su fraguado inicie después de los 30 minutos y finalice antes de las 10 horas.

TIPO III.- Cemento de alta resistencia inicial, recomendable cuando se necesita una resistencia temprana en una situación particular de construcción.

El concreto elaborado con este tipo de cemento desarrolla una resistencia a los 3 días, igual a la desarrollada a los 28 días por concretos realizados con cementos de tipo I y II. La resistencia alta se

logra al aumentar el contenido de C_3S y de C_3A . El tiempo de fraguado es igual que la del tipo II.

TIPO IV.- Cemento de bajo calor de hidratación, se logra este bajo calor limitando los compuestos que más influyen en la formación del calor por hidratación, éstos son, C_3A y C_3S dado que estos compuestos - también producen la resistencia inicial de la mezcla de cemento.

El calor de hidratación del cemento tipo IV suele ser de más o menos 80% del tipo II; 65% del tipo I y 55% del tipo III. Los porcentajes son mayores después de más o menos un año.

TIPO V.- Cemento resistente a sulfatos, se aplica en estructuras hidráulicas expuestas a aguas con alto contenido de álcalis y en estructuras expuestas al agua de mar.

CEMENTO PORTLAND AEREO.- Es un cemento que al ser fabricado se le agrega un agente como inclusor de aire. Se los usa para la producción de concreto expuesto a heladas severas.

2.3.4. PROPIEDADES FISICAS DEL CEMENTO

ANALISIS QUIMICO.- Las características y propiedades del Cemento Portland están íntimamente ligadas a su composición química y a su - constitución potencial. La primera se determina por análisis y viene expresada en forma de óxidos. Según la composición tenemos los siguientes:

Cal combinada	CaO	62,5%
Sílice	SiO ₂	21,0%

Alúmina	Al_2O_3	6,5%
Hierro	Fe_2O_3	2,5%
Azufre	SO_3	2,0%
Cal libre	CaO	0,0%
Magnesio	MgO	2,0%
Pérdida al fuego	PF	2,0%
Residuo insoluble	R.I.	1,0%
Alcalis	$Na_2O + K_2O$	0,5%

Los cuatro primeros componentes son los principales del cemento, de carácter básico la cal y de carácter ácido los otros tres. Los demás componentes son de baja importancia para la fabricación misma del cemento.

A continuación se hará un estudio breve de cada componente:

a.- Oxido Cálcico Libre, CaO.- La cal libre y el hidróxido cálcico coexisten normalmente en la pasta de cemento. Una parte de la primera se hidrata y pasa a la segunda durante el amasado, pero si el contenido en CaO libre de cemento es superior al 1,5 o 2%, queda otra parte capaz de hidratarse en el transcurso del endurecimiento, es decir, a edades medias o largas, lo que puede producir fenómenos expansivos.

b.- Oxido Magnésico, MgO.- La magnesia puede producirse en el clínker en estado vítreo o en estado cristalizado, siendo esta última forma realmente peligrosa, debido a su lenta hidratación para pasar a hidróxido magnésico, $Mg(OH)_2$ en un proceso de carácter expansivo. Por ello se limita al contenido en magnesio a un 5% como máximo.

c.- Trióxido de Azufre, SO_3 .- El azufre proviene de la adición de piedra de yeso que se hace al clinker durante la molienda para regular su fraguado, pudiendo también provenir del combustible empleado en el horno. Un exceso de SO_3 puede conducir al fenómeno de falso fraguado, el porcentaje aceptable de SO_3 no debe ser inferior al 3%.

d.- Pérdida de Calcinación.- Cuando su valor es apreciable, la pérdida de calcinación proviene de la presencia de adiciones de naturaleza caliza o similar, la cual no suele ser conveniente. Si el cemento ha experimentado un prolongado almacenamiento, la pérdida de calcinación puede provenir del valor del agua o del CO_2 proveniente de los conglomerantes.

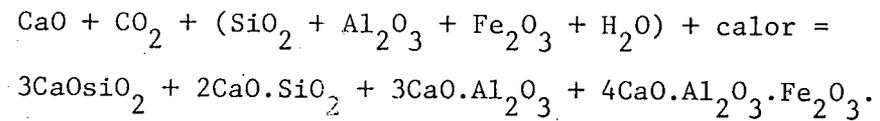
e.- Residuo Insoluble.- Proviene de la presencia de adiciones de naturaleza silíceas. No debe superar el 3%.

f.- Alcalis.- Proviene en general de las materias primas y se volatilizan en buena parte, encontrándose luego en el polvo de los humos de las fábricas de cemento, no suelen superar el 0,8%.

En cuanto a la composición potencial debemos indicar que los cuatro componentes principales citados anteriormente: cal, sílice, alúmina, y hierro, no se encuentran libremente en el cemento, sino combinados, formando silicatos, aluminatos y férricos cálcicos, que son los constituyentes hidráulicos del mismo. Entre los compuestos esenciales tenemos:

caliza + dióxido de carbono + sílice + alúmina + óxido férrico + agua + calor = silicato tricálcico + silicato dicálcico + aluminato tricálcico (cemento) + aluminio ferrita tetracálcica.

Compuestos que constituyen más del 90% del peso del cemento.



a.- Silicato Tricálcico, C_3S .- Es el que produce la alta resistencia inicial del cemento portland hidratado.

La rapidez de endurecimiento de la pasta de cemento está en relación directa con el calor de hidratación. Cuanto más rápido sea el fraguado, tanto mayor será la exotermia, alcanza su mayor resistencia en 7 días.

b.- Silicato Dicálcico, C_2S .- Se encuentra entre formas designadas Alfa-Beta y Gama. Dado que la fase Alfa es inestable a la temperatura y la fase Gama no muestra endurecimiento al hidratarla. Sólo la fase Beta es importante en el cemento portland.

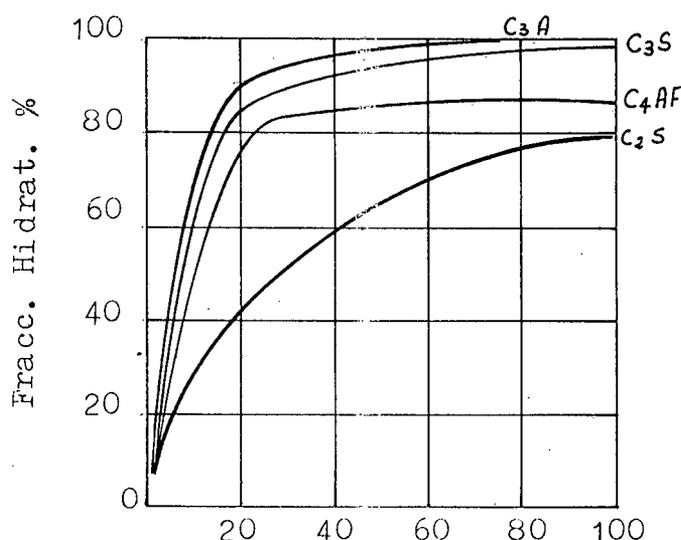
El C_2S beta requiere algunos días para fraguar, es el causante principal de la resistencia posterior de la pasta de cemento, produce poca resistencia durante 28 días; pero la resistencia final de este compuesto equivale a la del C_3S .

c.- Aluminato Tricálcico.- C_3A . Exhibe fraguado instantáneo al hidratarlo, es el causante primario del fraguado inicial del cemento y desprende grandes cantidades de calor durante la hidratación. El yeso agregado al cemento durante la trituración o molienda en el proceso de fabricación se combina con el C_3A para controlar el tiempo de fraguado.

La presencia de aluminato tricálcico en el cemento Portland hidratado produce efectos más deseables, un aumento en la cantidad de C_3A ocasiona un fraguado más rápido y también disminuye la resistencia del producto final al ataque de los sulfatos.

d.- Aluminio Ferrita Tetracálcico C_4AF .- Es semejante al C_3A porque se hidrata con rapidez y sólo desarrolla baja resistencia. Al contrario del C_3A no muestra fraguado instantáneo.

HIDRATACION DE LOS COMPUESTOS PRINCIPALES EN EL CEMENTO PORTLAND



FINURA DEL CEMENTO.- Es una característica íntimamente ligada al valor hidráulico del cemento, ya que influye decisivamente en la velocidad de las reacciones químicas que tienen lugar durante su fraguado y primer endurecimiento.

Al entrar en contacto con el agua, los granos de cemento se hidratan sólo en una profundidad de 0,01 mm, por lo que, si dichos granos fuesen muy gruesos, su rendimiento sería muy pequeño al quedar en su

interior un núcleo prácticamente inerte.

La finura del cemento se mide por sus residuos en dos tamices tipo de 900 y 4900 mallas por cm^2 respectivamente, o bien determinando su superficie específica por algún procedimiento adecuado, siendo el método Blaine el que se emplea más comunmente.

El método Blaine es un ensayo por permeabilidad de aire, consistente en poner una cantidad predeterminada de cemento que se va a ensayar en un aparato especialmente diseñado para determinar la finura - del cemento, la que se expresa como la superficie específica o área en centímetros cuadrados por gramos de cemento, y se determina pasando una presión de aire a través de la capa de cemento a ciertos intervalos de tiempo.

Esta es una de las propiedades más importantes de los cementos, pues se puede producir varios tipos de diferente finura o la superficie específica de los granos.

PESO ESPECIFICO.- El peso específico real varía muy poco por la calidad de los cementos, oscilando entre 3 y $3,15 \text{ g/cm}^3$. La limitación establecida por las normas se cumple prácticamente siempre.

EXPANSION EN AUTOCLAVE.- Este consiste en preparar una barra de ensayo mezclando 500 gr de cemento con la suficiente cantidad de - agua para dar la consistencia normal. La barra de ensayo tiene por lo general las siguientes dimensiones: 1" x 1" x 10" de largo. Para preparar esta barra se usa un compactador especial. Después de 24 horas, la

barra de ensayo se saca de la cámara húmeda, se la mide la longitud y se la coloca en el autoclave, de tal manera que los 4 lados de la barra están expuestos al vapor saturado. El autoclave debe ser de capacidad suficiente para producir un vapor saturado cuya presión pueda aumentar hasta 295 libras por pulgada cuadrada, entre una hora a una hora y cuarto - desde el momento en que se le pone a funcionar. Este autoclave debe tener un control automático que sea capaz de mantener la presión a 295 más o menos 10 libras por pulgada cuadrada, por lo menos por tres horas.

Después de este período, el agua debe enfriarse a una velocidad predeterminada y enseguida se mide nuevamente la barra de ensayo. La diferencia de la medida de la barra antes y después del tratamiento en autoclave, se expresa en porcentaje; si es un aumento de longitud, el porcentaje se refiere como expansión en autoclave, y si es en una contracción, se la expresa con signo negativo.

FRAGUADO.- La velocidad de fraguado de un cemento viene limitada por las normas establecidas, distinguiéndose dos períodos:

Principio de Fraguado: que es el tiempo transcurrido desde que se vierte el agua de amasado hasta que la pasta pierde parcialmente la plasticidad; y,

Final de Fraguado: que es el tiempo transcurrido desde que se empezó a amasar hasta que adquiere consistencia para resistir una cierta presión.

Para la determinación del tiempo de fraguado se utilizan los

métodos de Vicat y Gillmore.

Siguiendo el método de Vicat, el principio de fraguado es el tiempo transcurrido desde que se empezó a amasar la pasta normal hasta que la aguja no pase de 5 mm sobre la placa de vidrio; en 30 segundos. Se considera que ha ocurrido el fraguado final, cuando no se observa penetración visible de la aguja en la muestra.

El método de las Agujas de Guillmore consiste en usar un aparato especialmente diseñado que tiene dos agujas de dimensiones standard a las que se les agrega ciertos pesos predeterminados, las que se colocan encima de las pastas de cemento preparadas con anterioridad. El tiempo que se toma desde el momento que la pasta fue hecha hasta el momento en que la aguja más liviana no penetra en la superficie de la muestra de ensayo, se considera como el tiempo inicial; cuando la aguja más pesada no penetra en la superficie de la muestra de ensayo se considera el tiempo final de fraguado.

FACTORES QUE DETERMINAN EL TIEMPO DE FRAGUADO.- Al amasar el cemento con agua, reaccionan sus componentes, formándose una masa plástica que dura un cierto tiempo para poder ser colocada en obra, perdiendo después, primero su plasticidad (principio de fraguado), volviéndose más o menos quebradiza, no pudiendo ser moldeada o reamasada con agua, y después se consolida (fin del fraguado), aumentando su dureza hasta alcanzar aspecto pétreo.

Al primer proceso se le llama fraguado, y al segundo, endurecimiento.

Esto es debido a la hidratación de los constituyentes anhidros del cemento.

Le Chatelier, en 1882, expuso su teoría de que el fraguado y endurecimiento del cemento Portland era debido a que los constituyentes anhidros inestables son más solubles que los hidratados estables, y en presencia del agua se forma una disolución sobresaturada y cristalizan, dando lugar a una masa de cristales entrelazados, como sucede con el yeso.

Freyssinet atribuye el endurecimiento a la soldadura progresiva de los cristales al irse poniendo sus caras en contacto, puesto que considera al cemento fraguado como un pseudosólido, es decir, un cuerpo de apariencia externa de sólido, pero con una red de tubos capilares llenos de agua que es absorvida lentamente.

Las resistencias mecánicas características del endurecimiento, son debidas a la cohesión entre los cuerpos cristalizados en forma de agujas entrecruzadas, aglutinadas por una masa de gel microcristalino que tiene una superficie específica de 2,5 millones de cm^2/gr que se forma y la adherencia entre sí y los agregados arena y grava.

La causa de la iniciación del fraguado es distinta del endurecimiento posterior, y debe atribuirse a la hidratación de los compuestos aluminosos y a la formación de sulfoaluminato y aluminato cálcico hidratado, y también de silicato tricálcico. Esta hidratación tiene que durar cierto tiempo, puesto que empieza por la superficie de cada partícula y avanza hasta su interior. El silicato bicálcico se hidrata lenta-



mente al principio y más rápidamente a partir de los 28 días.

El cemento fraguado, al cabo de mucho tiempo, presenta siempre núcleos de granos sin hidratar, puesto que la hidratación sólo penetra al rededor de 10 micras en medio año y debiendo ser aún mucho más lenta la hidratación siguiente. Entre los factores que influyen para la determinación del fraguado podemos citar los siguientes:

Desprendimiento de calor.- La reacción del cemento con el agua es exotérmica, pudiéndose observar una elevación de temperatura colocando la masa en un termo e introduciendo un termómetro. Tiene importancia este fenómeno pues en las grandes masas hechas con este aglomerado, como en los diques o presas, se ha llegado a medir temperaturas de 50°C por encima de las del ambiente, y que persisten durante largo tiempo. Esta elevación de temperatura da lugar a los agrietamientos producidos en las grandes masas de hormigón cuando se enfrían, originando la contracción.

La máxima temperatura alcanzada equivale a 83 calorías por gramo de cemento, y la mínima a 28. Para limitar el desprendimiento de calor, basta reducir a un mínimo el aluminato tricálcico, aumentando el contenido de Fe_2O_3 para convertirlo en aluminio ferrito tetracálcico, que desarrolla menor cantidad de calor.

Se cree que debido a la deshidratación total o parcial del yeso al moler el clinker, en las que se alcanza temperaturas de 150°C no hay desprendimiento de calor produciéndose un falso fraguado; este proceso no altera las propiedades del cemento, siendo por lo tanto inofensivo.

Aireación del cemento.- El aire seco no altera el cemento, pero si está húmedo, absorbe anhídrido carbónico y acelera el fraguado, mientras que la humedad los retrasa y disminuye las resistencias. El cemento envasado en sacos varía su fraguado irregularmente, siendo algunas veces acelerado o retardado.

Si se envasa el cemento en vasijas herméticas, se conserva in definidamente a las temperaturas ordinarias, pero si éstas son elevadas puede adquirir un fraguado relámpago tan pronto como se airee.

Acción de las sales sobre el fraguado.- El sulfato cálcico - en pequeña proporción retarda el tiempo de fraguado. Los cloruros cálcico y sódico, en cantidad menor del 1% retardan el fraguado del cemento portland, y en cantidad mayor lo aceleran al favorecer la disolución de los silicatos y aluminatos a la vez, aumentando la concentración de iones: Ca^{++} . Se atribuye esta acción aceleradora o retardadora, según la concentración, a las reacciones químicas que se producen a expensas de la alúmina, formándose combinaciones complejas que precipitan en forma aceleradora, o en forma gelatinosa que retrasan la hidratación de las partículas de cemento.

Los carbonatos alcalinos lo aceleran en proporción del 1% al 2%; producen el principio del fraguado en algunos minutos. Los sulfatos lo retardan. Los hidróxidos alcalinos y el silicato sódico son notables aceleradores. El azúcar en pequeña proporción paraliza por completo el fraguado.

Substancias perjudiciales al cemento Portland.- Algunas subs

tancias actúan sobre el cemento, fraguado, atacándole y poniendo en peligro la obra ejecutada.

Las aguas puras actúan sobre los componentes que forman el cemento Portland fraguado, disolviendo la cal y arrastrando parte de la alúmina, y si se prolonga la acción, queda un residuo formado por sílice hidratada, óxido de hierro y alúmina, de aspecto gelatinoso, desprovisto de toda cohesión. Los sulfatos, en general atacan los cementos Portland fraguados, por reaccionar con la cal para formar el sulfato cálcico, y con los aluminatos hidratados forma el sulfoaluminato o sal de Candlot, que es insoluble.

Las sustancias grasas atacan a los cementos fraguados, saponificando la cal libre.

Las aguas de mar atacan al cemento como los sulfatos. Los ácidos en general, las lejías, aguas jabonosas, soluciones azucaradas, cloruros, nitratos, algunos abonos, etc. atacan al cemento Portland.

Acción del hielo.- El frío retrasa el fraguado del cemento y le detiene cuando la temperatura desciende algunos grados bajo cero, pero vuelve a fraguar cuando la temperatura aumenta. Como al helarse el agua sufre un aumento de volumen de un 10% aproximadamente, los cristales de hielo disgregan al mortero. Fraguado el cemento Portland, resiste bien las heladas.

Acción del calor.- El calor acelera el fraguado. Una vez fraguado y endurecido el cemento portland, puede aguantar temperaturas su-

periores a 100°C, empezando ya a disminuir su resistencia, puesto que se produce primero una dilatación térmica y después una contracción al evaporarse el agua, y a temperaturas superiores a 300°C, es mayor la contracción que la dilatación, apareciendo grandes grietas en la pasta pura. El fraguado depende también de los agregados según sea de origen igneo o sedimentario, cuyas dilataciones se añaden a la del cemento y cuartean el producto sometido a temperaturas elevadas.

La calidad de un cemento se aprecia por las resistencias que es capaz de desarrollar una vez fraguado el cemento y endurecido. Se debe a la cohesión de los granos de cemento y a la adherencia a los elementos que agreguen: arena, grava, etc. Así, estudiaremos:

Resistencia a la Compresión.- Se practica con cada uno de los trozos resultantes de la rotura a flexión, apoyando las caras laterales sobre unos tacos de acero de 40 x 40 mm y coloca entre los platos de una prensa hidráulica, ejerciendo el esfuerzo a razón de 10 a 20 Kg/seg.

La resistencia a la compresión en Kg/cm^2 varía mucho por la manipulación, temperatura, grado de compresión, agua de amasado, conservación, etc. Es igual a $P/16$. $P =$ carga.

Resistencia a la Flexión.- Se realiza mediante tres cilindros de acero, apoyando las caras laterales de las probetas sobre dos de ellos, situados en un mismo plano y a la distancia de 100 o 106,7 mm; y, el tercero equidista de los anteriores. Se ejerce un esfuerzo de 5 Kg/seg.

La resistencia se expresa en Kg/cm^2 , y es igual a $0,25P$; siendo

P la carga central en Kg, que produce la rotura.

Resistencia a la Tracción.- Se efectúa fabricando briquetas especiales que se las prepara con una cantidad determinada de cemento con arena y agua necesaria para obtener la consistencia normal. Después de cierto tiempo se las ensaya a la tensión en máquinas hidráulicas.

HOMOGENEIDAD.- Este ensayo se practica para ver si ha sufrido adulteración un cemento. Los granos de cemento Portland suelen tener un color verdoso oscuro. Los de sílice son blancos, los de carbón negros; azul obscuro y brillo metálico los de hierro y escoria.

En ensayo se verifica extendiendo sobre un papel negro el residuo del tamiz de 4900 mallas y observando con una lente de 9 diámetros. La cantidad de impurezas se determina vertiendo sobre una disolución de yoduro de metilo de densidad 2,9 el cemento, el cual por tener una densidad superior irá al fondo, flotando las impurezas.

RETRACCION DE FRAGUADO.- Se puede hacer con pasta pura o normal. Se preparan prismas de 4 x 4 x 16 cm., en los cuales se ponen unos topes metálicos en sus extremos y según su eje mayor. Se dejan fraguar en aire húmedo 48h00, se desmoldan y sumergen en agua. A los siete días se sacan, dejan escurrir, se secan sus caras con un paño y se mide la longitud con un aparato medidor. Después se sumergen en agua o se conservan en seco, para lo cual se colocan sobre una parrilla encima de una cubeta con solución saturada de potasa cáustica y encierran en un recipiente herméticamente cerrado.

A los 28 días se vuelven a medir, y la diferencia de lecturas indicarán la contracción.

DILATACION TERMICA.- La pasta dura tiene un coeficiente de dilatación de 12 a 16 x 10⁻⁶ por °C. En los morteros y hormigones varía con la riqueza del aglomerante y la proporción de agregados inertes. Se toma el valor de 10 x 10⁻⁶ por °C; siendo ligeramente mayor para los morteros y hormigones mojados, que secos.

2.3.5. FABRICACION DEL CEMENTO PORTLAND

Comprende una serie de operaciones comunes a todos ellos, que vamos a describir brevemente para el cemento Portland, y después se indicará las variaciones y características de cada proceso a utilizarse.

Los procesos para la fabricación de cemento Portland pueden dividirse en 2 procesos importantes: los por vía húmeda y los por vía seca.

Ambos procesos son iguales en las primeras fases: De nombrado, triturado y pulverizado, y a partir de la molienda estos procesos son diferentes.

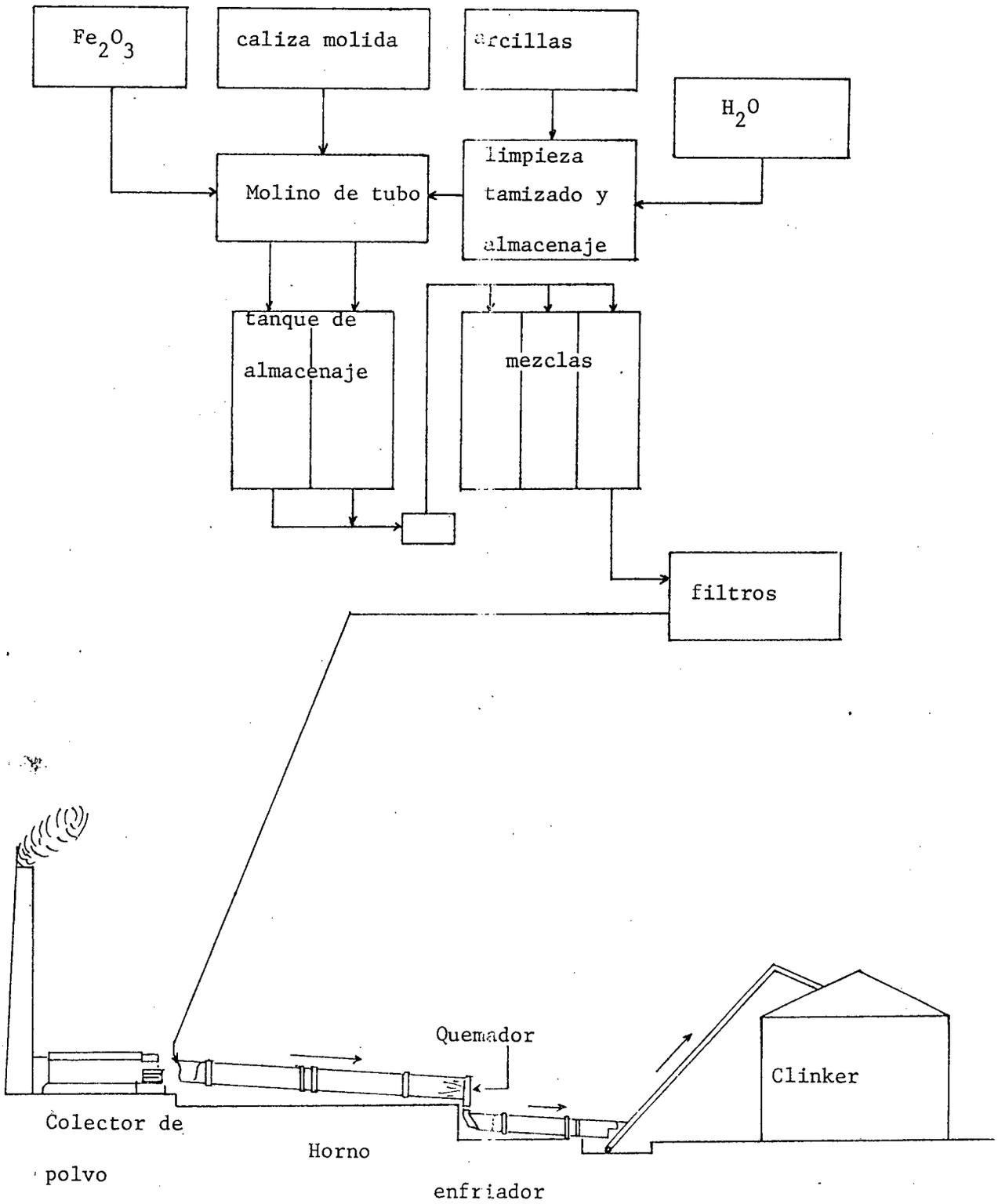
2.3.5.a. PROCESO POR VIA HUMEDA

Fue el primer método empleado, siendo el más conveniente para producir blandos, teniendo muchos partidarios por obtenerse mezclas muy homogéneas, proporcionando por consiguiente, cementos de caracte-

terísticas constantes y de alta calidad. Hay que decantar la arcilla para quitar la arena y piedras que le acompañan, operación que se practica en unos depósitos de forma circular, provistos de agitadores, movidos mecánicamente, existiendo un vertedero con tela metálica, a cierta altura, para que salga la arcilla en forma de papilla muy fluida, y es conducida después de pasar por los dosificadores junto con la caliza triturada, a los molinos, y de estos a unos silos de pasta que se mantienen en agitación continua para que no se sedimente, mediante agitadores de rastrillos o de aire comprimido. La pasta contiene un 50% de agua, siendo impulsada por las bombas a los hornos.

PROCESO PARA FABRICAR CEMENTO PORTLAND

a.- VIA HUMEDA

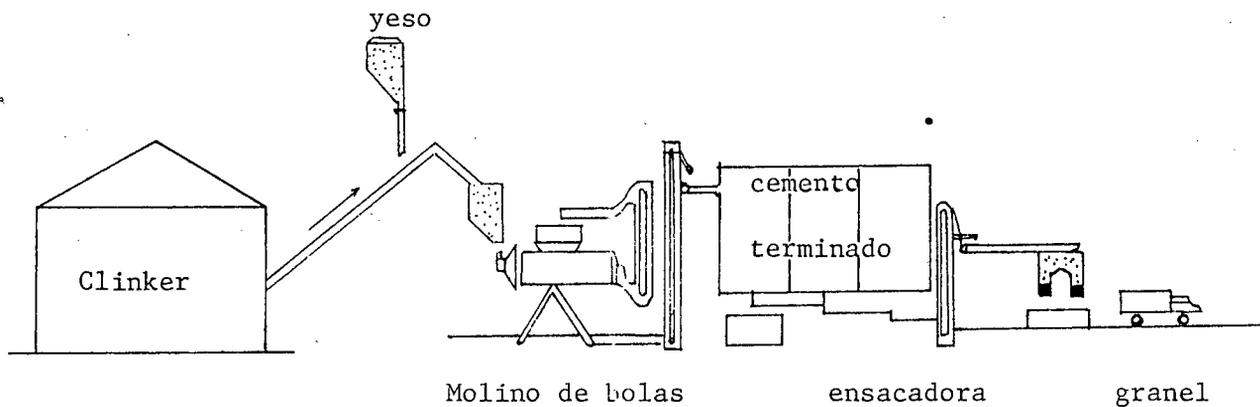
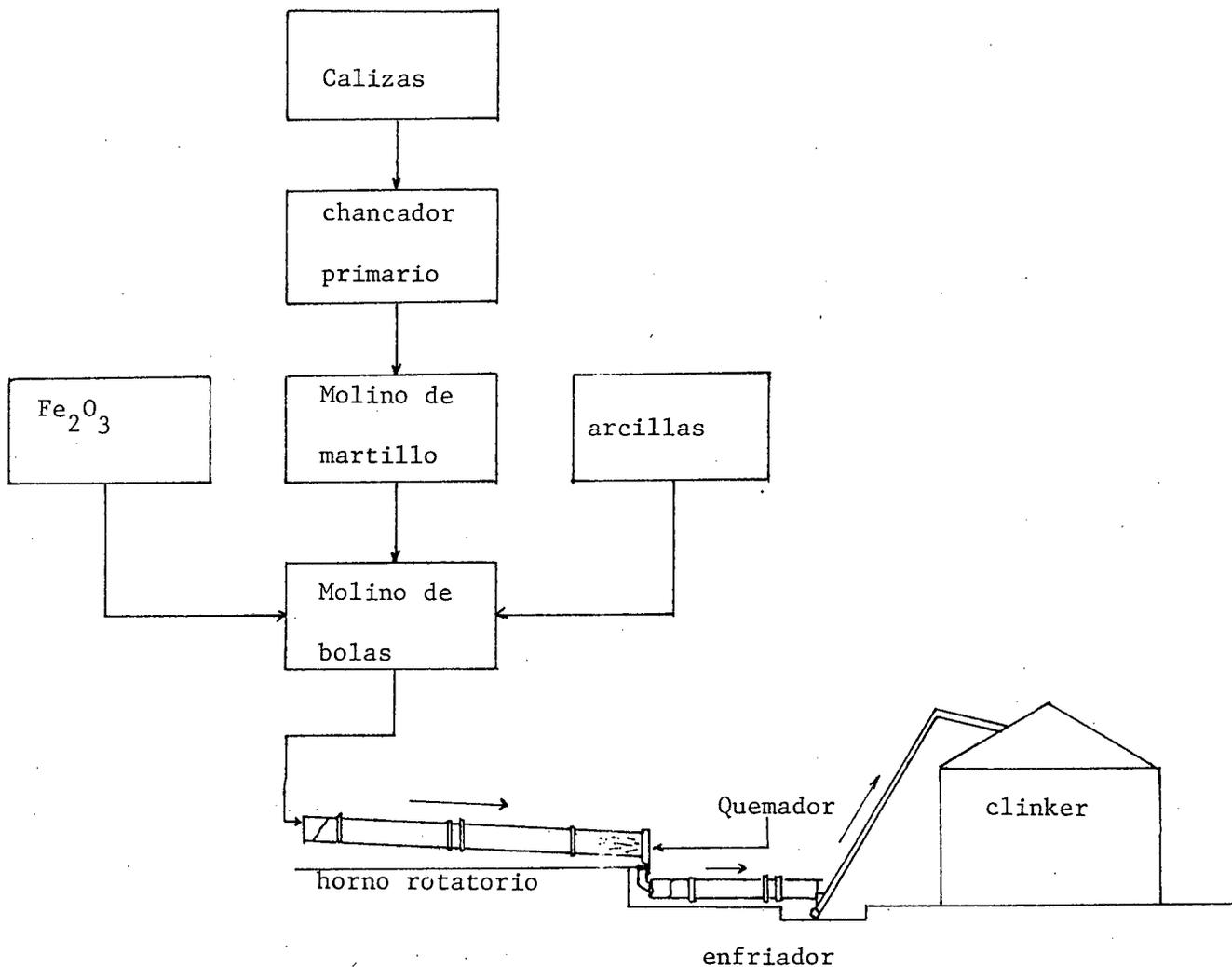


2.3.5.b. PROCESO POR VIA SECA

Se emplea cuando las materias primas son duras y no contienen arena, exigiendo el secado de la humedad de cantera antes de su pulverización. Los secadores están formados por unos cilindros de palastro, de 10 a 20 metros de largo y 2 metros de diámetro, ligeramente inclinados; el eje, horizontal y animado por un movimiento de rotación. Tienen unas paletas en su interior, haciéndose pasar una corriente de aire caliente en sentido contrario a la marcha del crudo, siendo calentado por un hogar situado en un extremo y habiendo en el otro un extractor, el recuperador de polvo y la chimenea. El crudo pasa después a los dosificantes, formados por unas tolvas de capacidad determinada, cerrándose automáticamente cuando se llenan y vuelven su contenido en los alimentadores de los molinos. Existe un dosificador para la caliza y otra para la arcilla, se almacena el crudo en unos silos o grandes depósitos de sección rectangular, terminados por una tolva por su parte inferior, y se cargan por la superior mediante transportadores. De los silos pasa el crudo a los molinos, y después a la otra serie de silos, para poder corregir los crudos antes de la cocción. Por este procedimiento antes de introducirlos en el horno, bien sea giratorio o vertical, hay que humedecerlos ligeramente para mantener su homogeneidad, pues de lo contrario, el tiro de la chimenea los separaría. Esta operación se hace en unos malaxadores constituidos por un cilindro horizontal provisto, según su diámetro, de un árbol con paletas que agitan el polvo humedecido, y en esta forma se introduce en los hornos giratorios.

PROCESO PARA FABRICAR CEMENTO PORTLAND

b.- VIA SECA



MOLIENDA.- Esta operación hay que hacerla con la caliza y arcilla, el carbón y el clinker, practicándose en unos molinos tubulares rotatorios de palastro, dispuestas en departamentos cargados con bolas de distinto diámetro.

Son de funcionamiento continuo, entrando la materia a moler por un extremo y saliendo por el otro. La trituración se produce porque al girar el cilindro arrastra las bolas hasta una cierta altura, venciendo el peso propio de estas a la fuerza centrífuga, originando en su caída choques que acaban por pulverizar el producto a la finura que se quiera.

Esto sucede en unos compartimientos: en otros hay bolas o cilindros que actúan por rozamientos. Suelen llevar también un separador de aire.

COCCION.- Para realizar este proceso se usan hornos verticales, giratorios, etc.

Hornos verticales.- Son hornos de doble cámara. Se introduce el material crudo en forma de briquetas desecadas, colocándose en capas alternadas con el combustible, y a veces este se incorpora en su confección, haciéndose en prensas análogas a la de los ladrillos. Las briquetas sufren en la parte superior una desecación, descomposición de carbonatos y silicatos en la central y enfriamiento en la parte inferior.

Los hornos verticales están formados por un cilindro de 8 a 10 m de alto y 3 m de diámetro, forrados de camisas refractarias y con

cámara concéntrica de aire. La parrilla varía de unas marcas a otras; es una especie de jaula de palastro que sobresale del horno.

En los hornos verticales hay que practicar una selección del clinker, pues unos trozos están poco cocidos, formados por carbonato cálcico y óxido de cal, teniendo color amarillento, y se vuelven a introducir en el horno para su perfecta cocción; otros de color gris aceado, formados por silicatos, que no han alcanzado suficiente basicidad, y que de no ser muy abundantes, no se quitan, y, finalmente los trozos bien cocidos, de color negro o verdoso duros y compactos que deben formar la mayoría, y que constituyen un buen clinker. Esta operación se practica a mano, al pasar el clinker por la cinta transportadora.

Estos tipos de hornos verticales dan un gran rendimiento térmico, resultando más económicos de instalación y de combustible que los rotatorios.

Combustibles.- Se emplean hullas secas o cok, con pocas materias volátiles en forma de menudo.

Hornos giratorios.- Inventados por Ramsome, se han generalizado por su gran capacidad de producción y homogeneidad del producto obtenido. Están formados por un cilindro de palastro de gran longitud, de 60 a 150 m de largo y 3 m de diámetro, y gira alrededor de un eje que forma con la horizontal una pendiente del 4%, a razón de dos vueltas por minuto, estando formado de ladrillo refractario. Por un extremo se introduce el crudo y comunica con la chimenea, y por el otro, un inyec-



tor de carbón pulverizado o petróleo, y se da salida al clinker, que cae incandescente a otro cilindro inferior, de menos longitud e inclinado en sentido contrario al anterior. La cocción está basada en el principio de la contracorriente, entrando los crudos por un extremo y, mediante el giro del horno, se desparraman en forma de espiral, produciéndose primero una deshidratación; luego, la descomposición de la arcilla y la caliza, y, finalmente estas reaccionan, produciéndose un principio de fusión. Se llegan a alcanzar temperaturas de 1500°C mediante la inyección de combustible pulverizado, si es carbón o líquido, formando un dardo que llega hasta la mitad del horno. El aire se hace pasar por el enfriador, caldeándose, y se inyecta después, con lo cual se ahorra combustible.

En el extremo inferior del horno existe una pieza llamada culata que se puede hacer deslizar sobre unos carriles y que, además de llevar el orificio para el paso del inyector, tiene varias mirillas para vigilar la marcha, dando también salida al clinker. Este cae en el enfriador, que es otro cilindro giratorio en cuyo interior existen unas paletas para agitar el clinker, el cual llega a una temperatura de unos 1200°C , y por la corriente de aire se pone a la temperatura ambiente.

El clinker está formado por unas esferitas del tamaño de avellanas, de color gris negruzco, transportándose a unos silos, en los que permanece algunas semanas hasta su enfriamiento total.

Estos hornos tienen la gran ventaja de su gran rendimiento, -exigiendo poca mano de obra.

Combustible.- Es líquido en los países que lo tienen en abundancia, y sólido, pulverizado, en los demás.

Hay que tener en cuenta que no tengan muchas cenizas, pues de lo contrario, incorporan su anhídrido silícico al cemento.

Se suelen emplear hullas grasas con muchas materias volátiles.

MOLIENDA Y ENSILADO.- El clinker una vez enfriado, se muele en molino de bolas, junto con una pequeña cantidad de yeso, el cual incluso conviene éste sin cocer, pues se deshidrata con el calor de sarrollado en los cilindros moledores. Su objeto es retrasar el fraguado. Una vez molido a gran finura, se transporta a los silos, en los cuales debe permanecer el cemento algún tiempo antes de su expedición, con el objeto de que se extinga la poca cal viva o libre que haya podido quedar.

2.3.6. USOS COMUNES DEL CEMENTO

Para las aplicaciones prácticas, se requiere que las mezclas de cemento y agua conserven su fluidez durante algunas horas. Su uso es generalizado en todo medio; podemos citar en el campo de la:

- Albañilería, juegan un papel importante, propiedades tales como la plasticidad, la adherencia y la capacidad de retención del agua. Puede emplearse desde un Portland de bajo tipo resistente hasta una cal hidráulica, pasando por los cementos mixtos.

Se emplean en Hormigón en masa, Hormigón Armado, Prefabricación no resistente, etc. Se debe evitar ambientes muy agresivos, sobre todo con hormigones de baja dosificación.

- En obras hidráulicas, trabajos subterráneos, cimentaciones y obras marítimas con hormigones muy compactos.

- En prefabricación, suele dominar el empleo de los cementos Portland, sobre todo en la prefabricación pretensada.

El empleo del cemento va en relación directa con el tipo de obra a construirse.

2.3.7. FACTORES DE COSTO EN LA FABRICACION DE CEMENTO

La localización de la planta, proximidad a las materias primas, cantidad y cualidad de esas materias primas, mano de obra y costo de servicios afectan el costo de producción de cemento Portland. Sin embargo, y en contraste con muchas industrias, el combustible constituye el costo mayor unitario dentro del costo global de un saco de cemento. Estadísticamente, el costo del combustible constituye de un cuarto a un tercio del costo de manufactura. La materia prima, por otro lado representa comparativamente una parte del costo, estadísticamente desde una porción mínima hasta una máxima de una mitad del costo promedio.

La industria del cemento se caracteriza por su alta mecanización; comprende muchos equipos de gran tamaño e importancia, consecuentemente el mantenimiento constituye un item elevado del costo de opera-

ción.

Estadísticamente el consumo de energía eléctrica se encuentra alrededor de 18 a 25 Kw/h por barril de cemento. En el método por vía húmeda, el consumo de agua es también elevado, a pesar de que puede ser re-usada.

Otro factor importante constituye las bolas de los molinos , los recubrimientos interiores de los mismos y los ladrillos refractarios del horno.

Un factor muy significativo del costo lo constituyen los sacos de embalaje, comparados con la economía del despacho en bulto. - Igualmente el costo del transporte en sacos es mayor que el costo de transporte a granel.

2.4. ENSAYOS FISICOS EFECTUADOS CON EL CEMENTO

2.4.1. DENSIDAD APARENTE

2.4.2. DENSIDAD ABSOLUTA O REAL

2.4.3. DETERMINACION DE LA CONSISTENCIA NORMAL, Método de Vicat

2.4.4. DETERMINACION DEL TIEMPO DE FRAGUADO

Debo indicar que el instrumental utilizado y el procedimiento

es igual al analizado en cada uno de los ensayos efectuados con la Cal, razón por la que no se describe los ensayos antes mencionados.

Todos los ensayos se realizarán con Cemento Rocafuerte puesto que es el aglomerante más utilizado en nuestro medio.

UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

Muestra: Cemento Rocafuerte

Norma: INEN 858 - INEN 156

Origen: Guayaquil

Fecha Muestreo: 1986-06-20

Descripción:

Fecha de ensayo: 1986-06-25
1986-07-07

DENSIDAD APARENTE

Ensayo Número	1	2	3	4
Masa Recipiente + Placa (P_1)	415,34	415,34	415,34	415,34
Masa Recipiente	264,02	264,02	264,02	264,02
Volumen Aparente	1062,96	1062,96	1062,96	1062,96
Peso Agua + P_1	1478,30	1478,30	1478,30	1478,30
Masa Muestra + Masa Recip.	1346,30	1345,00	1346,80	1350,50
Masa Muestra	1082,28	1080,98	1082,78	1086,48
Densidad Aparente	1,020	1,020	1,020	1,020
VALORES PROMEDIOS: $\rho_{ap} = 1,020$				

DENSIDAD REAL

Ensayo Número	1	2	3	4
Masa Muestra	60	60	60	60
Volumen Líquido V_1	1,4	1,4	1,3	1,3
Vol. Líquido + Vol. Muest. V_2	20,45	20,45	20,35	20,35
Densidad Real = $m/V_2 - V_1$	3,149	3,149	3,149	3,149
VALORES PROMEDIOS: $\rho_R = 3,149 \text{ gr/cm}^3$				

OBSERVACIONES:

UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

Muestra: Cemento Rocafuerte

Norma: INEN 157

Origen: Guayaquil

Fecha de Muestreo: 1986-06-20

Descripción:

Fecha de Ensayo: 1986-07-14

CONSISTENCIA NORMAL

Ensayo Número	1	2	3
Masa Muestra	500	500	500
Porcentaje de Agua	23,50	23,50	23,50
Agua en cc.	117,50	117,50	117,50
Penetración (mm)	10,50	10,50	11,00
Tiempo de Penetración	30 Seg.	30	30
VALOR PROMEDIO: 10,67 mm.			

OBSERVACIONES: Temperaturas: Ambiente 18°C; Agua 24°C.

UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

Muestra: Cemento Rocafuerte Norma: INEN 158
 Origen: Guayaquil Fecha Muestreo: 1986-06-20
 Descripción: Fecha de Ensayo: 1986-07-23

TIEMPO DE FRAGUADO

Ensayo Número	1	2
Tiempo Inicio de Ensayo	8h 20' 15"	8h 31' 30"
Fecha Fraguado Inicial	07-23	07-23
Tiempo Fraguado Inicial	11h 35' 40"	11h 47' 00"
Fecha Fraguado Final	07-23	07-23
Tiempo Fraguado Final	16h 30' 25"	16h 44' 50"

OBSERVACIONES: Temperaturas: Ensayo 18°C; Agua 24°C.

2.5. ESTUDIO DEL AGUA

2.5.1. ESTRUCTURA MOLECULAR DEL AGUA

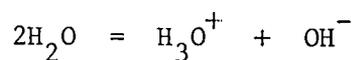
La molécula de agua es fuertemente polar, como consecuencia - de la elevada electronegatividad del oxígeno. El agua tanto líquida como sólida se presenta como una sustancia en que las moléculas individuales quedan asociadas a puentes de hidrógeno.

La naturaleza fuertemente polar del agua, que se pone de manifiesto en el elevado valor de su constante dieléctrica, es responsable de sus excelentes cualidades como disolvente ionizante. El agua no tiene par como disolvente para las sustancias iónicas; no solamente quedan fuertemente débiles las fuerzas entre iones de signos opuestos en el cristal, a consecuencia de la gran constante dieléctrica del agua, sino que además la gran tendencia de las moléculas de agua a solvatase con los iones, proporcionan la energía necesaria para el proceso de disolución.

Las moléculas de agua de solvatación quedan frecuentemente - unidas a las sales cuando estas se separan de la disolución por cristalización o evaporación del disolvente, los compuestos así formados llamados hidratos, suelen contener cantidades estequiométricas de agua.

Cuando las moléculas de agua se unen a cationes es probable - que la solvatación se produzca a través de interacción ion-dipolo. En general la tendencia de tales cationes a hidratarse es tanto más grande cuanto menor es el tamaño y mayor la carga de los mismos.

El agua es un mal conductor de la corriente eléctrica, su conductividad específica es del orden de $4 \times 10^{-8} \text{ ohm}^{-1}$ a 18° y se explica en función del siguiente equilibrio:

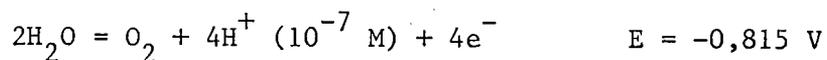
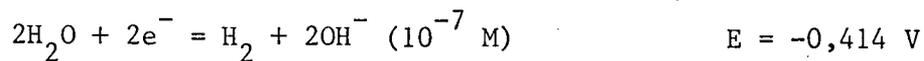


constante de disolución:

$$K = 1 \times 10^{-14} \text{ a } 25^\circ$$

Aún cuando el valor de la constante de disolución es pequeña, este equilibrio tiene gran significación para explicar la naturaleza del agua como disolvente.

El agua es capaz de actuar como agente oxidante y como agente reductor, aún cuando es débil en cualquiera de estos aspectos.



Dados los valores de los potenciales se ve que aquellos agentes reductores que posean un potencial de oxidación más positivo de $0,414 \text{ V}$ deben ser capaces de provocar la liberación del hidrógeno del agua pura, mientras que los agentes oxidantes con potenciales de reducción más positivos de $0,815 \text{ V}$ tienden a liberar oxígeno.

2.5.2. AGUA DE AMASADO: CALIDAD, CANTIDAD Y TEMPERATURA

El agua empleada para el amasado de los aglomerantes debe responder a ciertas cualidades químicas que aseguren la integridad de las mezclas. Las sales disueltas en el agua, de hallarse en exceso, pueden llegar a ser nocivas para los aglomerantes.

Por regla general, el agua potable es apta para la fabricación de los hormigones.

Se rechazarán particularmente las aguas selenitosas (las que contienen yeso, sea por contacto con rocas yesosas o por contacto de yesos procedentes de derribos), pues su acción es particularmente corrosiva.

Las aguas sulfatadas, las aguas ácidas de los terrenos turbosos y de las alcantarillas, así como las aguas corrientes que llevan ácido carbónico son aguas que destruyen los cementos.

El agua de mar, las aguas muy puras, las aguas pluviales o procedentes de terrenos no calizos atacan, disgregan o descomponen los aglomerantes tanto más rápidamente cuanto mayor sea la dosificación en cal de estos últimos.

Las cualidades definitivas de los morteros y hormigones sólo indirectamente dependen de la dosificación. Dependen en cambio, de la relación o factor siguiente:

$$\frac{C}{E} = \frac{\text{peso del aglomerante incorporado}}{\text{peso de la cantidad de agua añadida a la mezcla}}$$

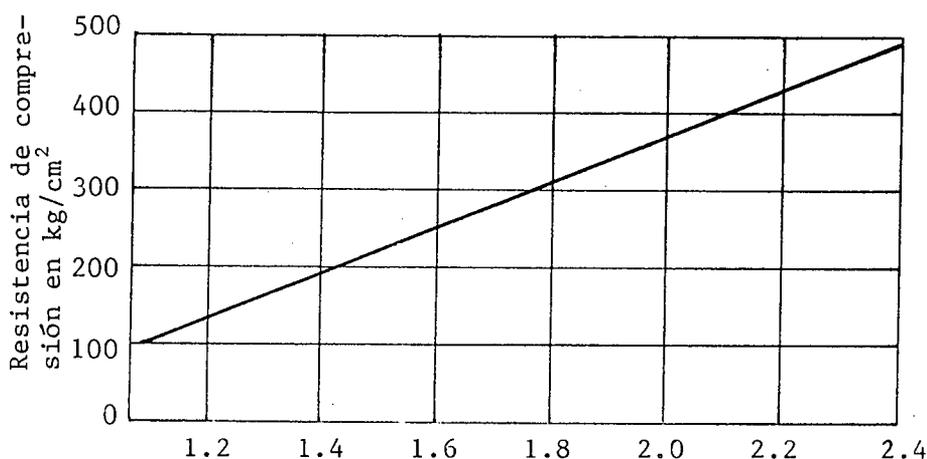
Las cualidades estrechamente ligadas con esta relación son:

- El incremento de la resistencia a la compresión
- La resistencia al desgaste
- Disminución de la retracción y de la fluencia
- Mejor resistencia a las heladas
- Mejor protección de las armaduras

Estas relaciones o mejoras crecen con el aumento del factor citado en tanto que este no exceda de 2,5. Más allá de este límite, las resistencias disminuyen y el hormigón se vuelve demasiado seco.

Cantidad de agua.- Teóricamente, para obtener un buen mortero el agua debe estar sólo en la cantidad necesaria para formar una masa homogénea.

La cantidad de agua de amasado admisible debe, pues, aumentar se en la práctica, aunque sea en detrimento de la resistencia teórica. La variación de la resistencia en función de la cantidad de agua de amasado está indicada en el siguiente gráfico:



Peso de cemento incorporado en 1 m³, en Kg/cantidad de agua de amasado



Diagrama que da la relación entre el factor C/E y las resistencias de Compresión.

TEMPERATURA DEL AGUA.- El agua caliente acelera el fraguado - de los morteros. Para los cementos de temperatura de 30°C parece la más conveniente para obtener un buen mortero; no obstante las temperaturas más bajas no perjudican a los morteros de cemento.

Las heladas son una de las causas de disgregación de los morteros ordinarios; el agua de estos que aún queda libre, al congelarse - aumenta el 5% de su volumen y los pedazos de hielo al deshelarse quitan al mortero parte de su primitiva pastosidad con perjuicio para él y para la obra.

CAPITULO III

ESTUDIO DE ARIDOS FINOS

3.1. ARENA. GENERALIDADES

La arena o árido fino, es el producto de la desintegración natural de las rocas, por procesos mecánicos o químicos y que, arrastradas por las aguas, se acumulan en lugares llamados arenales y playas. Están formados por un conjunto incoherente de granos de diversa forma o composición química y tamaño menor de 5 mm y mayor de 0.02 mm.

Artificialmente se obtienen por machacado y molienda de las rocas duras.

3.2. CLASIFICACION.

3.2.1. POR SU COMPOSICION.

Por su composición mineralógica, pueden ser silíceas o cuarzosas, calizas graníticas, arcillosas, feldespáticas, según sea el mineral que predomina: la sílice, el carbonato de calcio y la arcilla, etc.

Las mejores son las silíceas, por su dureza y estabilidad química. Las calizas, si son duras son también buenas rechazándose las blan-

das. Las graníticas, generalmente son poco homogéneas y alterables, pudiéndose utilizar si son bastante cuarzosas. Las arcillosas sólo pueden emplearse si la cantidad de arcilla es inferior al 3%, por retrasar el fraguado y alterar la plasticidad. La naturaleza geológica de las arenas influye poco en la resistencia de los morteros, siempre y cuando : sean duras, no reaccionen desfavorablemente con el aglomerante y la forma las afecta considerablemente.

3.2.2. POR SU ORIGEN

Atendiendo a su procedencia las arenas se clasifican en:

Arenas de Río.- Es la más corrientemente utilizada y aceptada, ya que por lo general no va acompañada de materias terrosas. Cuando más cerca se encuentra de la desembocadura del río, más fina es. Los granos son de forma redondeada.

Arena de Mar.- Su origen está en el constante desmenuzamiento de las rocas por el oleaje del mar que las golpea continuamente. Pese a ser, por lo ordinario, de buena calidad, tienen el gran inconveniente de que lleva sales procedentes del mar. Estas sales entorpecen el fraguado de los morteros, y por ello es preciso lavarlas intensamente, en especial si han de ser utilizadas para la confección de hormigón armado.

Arena de Mina.- Llamada también arena fósil, se encuentra depositada en los más diversos lugares desde tiempos pasados. Está limpia de tierras y presenta formas menos redondeadas que las del río y de mar.

Arena de Cantera.- Se obtiene artificialmente mediante el machaqueo o trituración de piedras duras. Por lo general contiene partículas de arcilla, que obligan a lavarlas.

3.3. PROPIEDADES DE LAS ARENAS

3.3.1. IDEAS GENERALES

Tamaño de los Granos.- Según la clasificación de FERET; se llaman arenas gruesas cuando sus granos pasan por un tamiz de 5 mm de diámetro y sean retenidas por otro de 2 mm. Arenas Medias, si pasan por el tamiz de 2 y son retenidas por el de 0,5 mm.

Arenas Finas, las que pasan por el tamiz de 0,5 mm de diámetro. Las arenas de granos gruesos dan, por lo general, morteros más resistentes que las finas, teniendo el inconveniente las primeras de necesitar mucha pasta de aglomerante para rellenar sus huecos y ser adherentes, y las segundas, el precisar el mortero mucha agua para ser plásticas, resultando poroso, y adhiriéndose mal a las piedras.

Composición Granulométrica.- Es la proporción en que se encuentran los granos de distinto tamaño. Se ha comprobado que tiene una gran influencia sobre la calidad de los morteros y hormigones, sobre la compacidad, impermeabilidad y resistencias mecánicas.

Forma de los Granos.- Pueden ser esféricos, elipsoidales, poliédricos, laminares y aguja. Influye mucho en la resistencia de los morteros. Las arenas de superficie áspera y angulosa se adhieren mejor, de

jan más huecos y dan más resistencia que las mismas lisas y redondeadas, necesitando más agua las primeras que las segundas para una determinada consistencia. Las de forma de aguja deberán ser rechazadas, por acuñarse fácilmente y dejar muchos huecos.

Peso de las Arenas.— La densidad aparente de una arena varía poco con su calidad; oscila de 1,2 a 1,7 y promedio 1,4.

El peso específico y densidad real varía entre 2,5 y 2,7g/cm³.

Las arenas húmedas en igualdad de volumen aparente, pesan menos que las secas, debido a que se recubren de una película de agua y las hace ocupar mayor volumen, el 20%, con un 6% de agua; y, por consiguiente, dejan mayor espacio de huecos.

El volumen de huecos de una arena natural oscila entre el 26% del mínimo para las arenas de granos iguales, y el 55% para las de granos finos.

Conocida la densidad aparente y el peso específico, su cociente es la compacidad. Los huecos es la diferencia entre la unidad y la compacidad, expresado en tanto por ciento.

$$C = \frac{d_a}{d_r} \times 100 \cong H = 1 - C$$

La densidad de la arena varía en función de su dosis de humedad, puede absorber hasta un 20% de su peso de agua y se hincha tanto más cuanto más fina es, bajo una ligera dosis de humedad, la arena fina obliga a un fuerte consumo de cemento.

Existen substancias nocivas muy perjudiciales, por retrasar el fraguado y debilitar las resistencias, las arcillas, limos, carbones, escorias y materia orgánica. Pueden admitirse y se consideran adheridas a la arena cuando su proporción sea inferior al 3% del peso del árido. Son también perjudiciales los carbones, sobre todo los lignitos, las escorias de altos hornos, los productos que contienen azufre, análogos a los residuos de calderas. Es también perjudicial la materia orgánica.

El análisis de estas substancias en el estudio de las arenas, se hace por procedimientos de decantación y químicos.

3.4. ENSAYOS FISICOS A REALIZARSE .

3.4.1. DETERMINACION DE LA DENSIDAD Y ABSORCION DE AGUA.

Esta norma establece el método de ensayo para determinar en el árido fino: la densidad de volumen en estado seco; la densidad de volumen en estado saturado superficialmente seco; la densidad aparente y la absorción de agua.

El procedimiento que se describe en esta norma se basa en la determinación de la masa en aire de un cierto volumen de una muestra en árido fino y en la determinación de la masa en aire de un volumen igual de agua a una temperatura establecida.

a.- Instrumental.

Balanza, que tenga la capacidad de 1 Kg o más, una sensibili-

dad de 0,1 g, y sea exacta dentro del 0,1% de la masa de la muestra de ensayo en cualquier punto dentro del intervalo de uso.

Matraz, aforado, de 500 cm^3 de capacidad.

Molde, Tronco - cónico; metálico de: 40 ± 3 mm de diámetro interior superior, 90 ± 3 mm de diámetro interior inferior, 75 ± 3 mm de altura.

Varilla de compactación, metálica, de 340 ± 15 gr. de masa, con una superficie de compactación circular plana de 25 ± 3 mm de diámetro.

Horno, del tamaño suficiente y capaz de mantener una temperatura uniforme de $105^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$.

b.- Preparación de la muestra.

b.1. Obtener aproximadamente 1000 gr de árido fino a ensayarse.

b.2. Colocar el material así obtenido en un recipiente adecuado y secarlo en el horno a una temperatura de: $105^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ hasta masa constante, dejarlo que se enfríe 4 horas.

b.3. Después de este período, decantar el exceso de agua teniendo cuidado de evitar la pérdida de finos, esparcir la muestra sobre una superficie plana y someterla a la acción de una corriente suave de aire caliente, revolviéndola con frecuencia para asegurar un secado uniforme. Continuar esta operación hasta que las partículas del árido fino no se adhieran marcadamente entre sí.

b.4. Luego, asentar el molde, por la parte de mayor diámetro, sobre una superficie lisa no absorbente e introducir en el mismo una parte del árido fino parcialmente secado sin apretarlo, apisonar suavemente su superficie 25 veces con la varilla y luego levantar verticalmente el molde. Si todavía hay humedad superficial, el árido fino retendrá la forma del molde.

b.5. Continuar el secado revolviendo la muestra constantemente y hacer ensayos a intervalos frecuentes hasta que el cono del árido fino se desmorone un poco al sacar el molde. En este momento el árido fino ha llegado a la condición de saturado superficialmente seco.

c.- Procedimiento.-

c.1. Introducir inmediatamente en el matraz aforado 500 gr. de la muestra preparada y llenarlo con agua hasta aproximadamente el 90% de su capacidad. Agitar el matraz para eliminar las burbujas de aire y luego colocarlo en un baño a temperatura constante, y completar el nivel del agua hasta la marca de 500 cc.

c.2. Determinar y registrar la masa total del conjunto matraz, muestra y agua introducida hasta la marca, con aproximación al 0,1 g.

c.3. Retirar el árido fino del matraz y secarlo en el horno hasta obtener la masa constante. Enfriarlo al aire, a temperatura ambiente durante media a una y media horas. y luego determinar y registrar su masa con aproximación al 0,1 g.

c.4. Determinar y registrar la masa del matraz lleno hasta la marca de 500 cc. de agua.

d.- Cálculos.-

d.1. La Densidad en Volumen en base a la masa del árido fino en estado saturado superficialmente seco, se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\rho_r = \rho_{sss} = \frac{A}{A + D - E} \times Y$$

Donde:

$\rho_{sss} = \rho_r$ = Densidad de volumen en base de la masa del árido fino en estado saturado superficialmente seco.

A = Peso total de la muestra en estado de saturación SSS.

D = Peso del matraz + Agua hasta 500 cc.

E = Peso del matraz + muestra + agua.

Y = Peso específico del agua a la temperatura que se trabaje

C = Peso de la muestra seca después de saturarse en agua.

d.2. La Densidad Aparente del árido fino y según definición se calcula con la ecuación siguiente:

$$\rho_{ap} = \frac{M}{V_{aparente}}$$

Donde:

M = Masa de la muestra, secada en el horno.

V_{ap} = Volumen aparente

También se calcula así:

$$\rho_{ap} = \frac{M}{D + M - E}$$

Donde:

M = Peso en aire de la muestra secada en el horno

D = Masa del matraz lleno de agua hasta 500 cc.

E = Peso del matraz + muestra + agua

e.- Porcentaje de Absorción de agua.- Se calcula con la siguiente ecuación:

$$Ca = Po = \frac{A - C}{C} \times 100$$

Donde:

Ca = Po = Porcentaje de absorción de agua del árido fino

A = Peso total de la muestra en estado SSS

C = Peso de la muestra seca después de saturarse en agua

3.4.2. DETERMINACION DE LA POROSIDAD REAL

Se encuentra en base de las densidades calculadas anteriormente, y se determina con la siguiente relación:

$$\% Pr = \frac{\rho_r - \rho_{ap}}{\rho_r} \times 100$$

3.4.3. DETERMINACION DE LA POROSIDAD APARENTE

Se calcula con la siguiente expresión:

$$\% \text{ Pap} = \text{Ca} \times \text{Cap}$$

3.4.4. DETERMINACION DEL CONTENIDO TOTAL DE HUMEDAD

Esta norma establece el método de ensayo para determinar el contenido total de humedad por secado de los áridos.

El procedimiento que se describe en esta norma se base en evaporar la humedad contenida en una muestra de ensayo cuando se la seca bajo la acción del calor. La pérdida en masa, como resultado del tratamiento de secado se calcula como un porcentaje de la masa de la muestra de ensayo seca, y se informa como el contenido total de humedad.

a.- Instrumental.-

Balanza, que sea sensible durante todo el intervalo de operación al 0,1% de la masa de la muestra de ensayo.

Horno, capaz de mantener una temperatura uniforme de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Recipiente metálico resistente al calor y de suficiente capacidad para contener a la muestra de ensayo sin que esta se derrame.

Agitador, una cuchara metálica o espátula de tamaño adecuado.

b.- Preparación de la muestra.-

b.1.- La muestra de ensayo debe constar de árido representativo del contenido de humedad del material a ensayar.

b.2.- La masa mínima de la muestra de ensayo de los áridos de peso normal será según el tamaño máximo nominal de las partículas.

c.- Procedimiento del ensayo.-

c.1.- Determinar y registrar la masa de la muestra de ensayo con aproximación al 0,1%, evitando la pérdida de humedad hasta donde sea posible.

c.2.- Colocar la muestra de ensayo en el recipiente e introducirlo en el horno.

c.3.- Se considera que la muestra está seca cuando, bajo la aplicación del calor, se produce una pérdida en masa menor del 0,1% , en determinaciones sucesivas.

c.4.- Determinar y registrar la masa de la muestra seca , una vez que se ha enfriado, con la aproximación del 0,1%.

d.- Cálculos.-

El contenido total de humedad del árido se encuentra mediante la siguiente ecuación:

$$P = \frac{A - B}{B} \times 100$$

Donde:

P = Contenido total de humedad de la muestra en porcentaje

A = Masa original de la muestra de ensayo, en gr.

B = Masa de la muestra de ensayo seca, en gr.

3.4.5. DETERMINACION DE PORCENTAJE DE PARTICULAS EN SUSPENSION DESPUES DE UNA HORA DE SEDIMENTACION

Esta norma establece el método de ensayo para determinar, en forma aproximada el contenido de partículas finas menores de 20 μ m en el árido fino.

El procedimiento que se describe en esta norma, se basa en producir la sedimentación de las partículas finas de una muestra de árido fino, estas partículas son las arcillas.

a.- Instrumental.-

Probeta, graduada de vidrio incoloro y de 1000 cm³ de capacidad, debe disponer de un tapón.

Balanza, con una capacidad no menor a 500 gr, y una sensibilidad de 1 gr.

b.- Preparación de la muestra.-

b.1.- La muestra de ensayo debe ser representativa del material a ensayarse y debe obtenerse por el método de cuarteo.

b.2.- La muestra no debe secarse y su masa debe ser aproximadamente de 500 gr.

c.- Procedimiento de ensayo.-

c.1.- Colocar la muestra de ensayo en la probeta y luego añadir agua hasta llenar las tres cuartas partes de su capacidad.

c.2.- Taponar la probeta, agitarla fuertemente varias veces, y dejarla en reposo para que se produzca la sedimentación del árido.

c.3.- Una hora después de haber agitado la probeta, leer los volúmenes de arcilla y de arena decantadas.

Para que exista una mayor seguridad de datos generalmente se deja un tiempo de decantación de 24 horas.

d.- Cálculos.-

El porcentaje de arcilla se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Arcilla} = \frac{V_t - V_s}{V_s} \times 100$$



Donde:

V_t = Volumen total equivalente al volumen de arena más el volumen de arcilla

V_s = Volumen de arcilla

3.4.6. DETERMINACION DE IMPUREZAS ORGANICAS EN LAS ARENAS

Esta norma establece el método de ensayo para determinar aproximadamente la presencia de impurezas orgánicas en las arenas.

El procedimiento que se describe en esta norma se basa en una comparación colorimétrica entre una solución tipo y una solución que contiene a la muestra de ensayo. Si el color de esta es igual o más oscura que el de la solución tipo, indica la presencia de impurezas orgánicas.

a.- Instrumental.-

Probeta de vidrio incoloro y de aproximadamente 350 cc de capacidad, debe disponer de un tapón hermético y ser graduadas.

Balanza que sea exacta dentro del 0,1% de la masa de la muestra de ensayo en cualquier punto dentro del intervalo de uso.

Reactivos, solución al 3% de hidróxido de sodio. Disolver 3 partes en masa de hidróxido de sodio en 97 partes de agua.

b.- Preparación de la muestra.-

b.1.- La muestra de ensayo debe ser representativa

b.2.- No debe someterse a proceso de secado y su masa debe ser aproximadamente de 500 gr.

c.- Procedimiento de ensayo.-

c.1.- Colocar en una probeta una cantidad de la muestra de ensayo hasta enrasar la marca correspondiente a 130 cc.

c.2.- Añadir luego la solución al 3% de hidróxido de sodio hasta completar, después de agitación, la masa correspondiente a 200 cc.

c.3.- Taponar la probeta, sacudirla enérgicamente y luego dejarla en reposo durante 24 horas.

c.4.- Luego del período de reposo, llenar otra probeta hasta la marca de 75 cc con la solución tipo, la cual debe hacerse preparando con no más de 2 horas de anticipación. Comparar entonces el color del líquido sobrenadante de la probeta que contiene la muestra de ensayo con el color de la solución tipo. La comparación de color debe hacerse manteniendo las dos probetas juntas y mirando a través de ellas.

d.- Informe de resultados.-

d.1.- Para determinar la cantidad de sustancia orgánica se utiliza la siguiente regla:

De cristalina a color marrón igual a 500 partes por millón , no es aceptable.

De cristalina a café es aceptable.

3.5. ANALISIS GRANULOMETRICO

El análisis granulométrico, tiene por objeto determinar el tamaño y el porcentaje de los árido que dejan entre sus granos los huecos mínimos. Para llegar a ese resultado, se procede por cribados sucesivos con tamices cuyos orificios tienen diámetros variables.

Este estudio lleva a la determinación de las curvas granulométricas de los agregados, elementos muy necesarios para la dosificación de morteros y de hormigones.

3.5.1. DETERMINACION DE LA GRANULOMETRIA

Esta norma establece el método de ensayo para determinar la granulometría de los áridos finos por medio de tamices.

El procedimiento que se describe en esta norma se basa en pasar una muestra de árido seco, de masa conocida, a través de una serie de tamices normalizados INEN de aberturas progresivamente más pequeñas , para determinar la distribución porcentual en masa de los tamaños de las partículas que constituyen el árido.

a.- Instrumental.-

Balanza, que sea exacta dentro del 0,1% de la masa de la muestra de ensayo en cualquier punto dentro del intervalo de uso.

Tamices, de 12,5 mm; 9,5 mm, # 4, # 8, # 16, # 30, # 50, # 100 y # 200. Deben estar montados sobre bastidores sólidos, construidos de modo que se evite la pérdida de material durante el tamizado.

Horno, del tamaño suficiente y capaz de mantener una temperatura uniforme de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Cuarteador, aparato provisto de ocho aberturas, las cuales dividen al material en partes iguales.

Máquina tamizadora de 10.000 rpm.

Bandejas.

b.- Procedimiento de ensayo.-

b.1.- Secar la muestra en el horno hasta masa constante a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, enfriarla a temperatura ambiente y luego determinar y registrar su masa con la precisión del 0,1%.

b.2.- Armar los tamices en orden decreciente de tamaños de aberturas, desde el mayor hasta el menor, usando aquellos tamices que sean necesarios para determinar las características granulométricas del material a ensayar. El juego de tamices debe montarse sobre el depósito receptor.

b.3.- Una vez seca la muestra cuartearla, con el fin de obtener partes iguales y representativas de la muestra.

b.4.- Colocar la muestra en el juego de tamices indicados y cribar por un tiempo de 15 minutos.

b.5.- Determinar el peso de las cantidades de material retenidas en cada tamiz. Obtenidos todos los pesos parciales y calculados los porcentajes respectivos comprobaremos que la sumatoria de esos pesos parciales será igual al peso total de la muestra que se ensayó.

c.- Cálculos.-

Determinaremos:

3.5.1. MODULO DE FINURA

El mismo que es igual a la sumatoria del porcentaje del peso acumulado hasta el tamiz # 100 dividido para 100.

3.5.2. DIAMETRO EFECTIVO

Que es el tamiz que nos deja pasar el 90% del material general mente en las arenas el diámetro efectivo es el tamiz # 4.

3.5.3. DIAMETRO MAXIMO

Es aquel tamiz que deja pasar el 95% del material.

3.5.4. CANTIDAD DE FINOS

Es todo aquel material que pasa el tamiz # 200. Este material sirve como impermeabilizante.

3.5.5. COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD

Se utiliza para determinar el tamaño de granos de las arenas, queda determinado por la relación de pesos del tamiz que deja pasar el 60% del material, sobre el tamiz que deja pasar el 10% del material.

3.5.6. DETERMINACION DE LAS CURVAS GRANULOMETRICAS

Se las determina con la finalidad de observar la proporción en que se encuentran los granos de distinto tamaño.

Se representa gráficamente mediante un diagrama de coordenadas constando el porcentaje de material que pasa y los tamices utilizados para el ensayo.

Se considera que una arena tiene excelente granulometría cuando al representarla gráficamente, la curva granulométrica cae dentro del área de cribado. Esta área se encuentra definida en la siguiente tabla:

Tamices	% que pasa	
	Lím. finos	Lím. gruesos.
# 200	0	0
# 100	10	2
# 50	30	10
# 30	60	25
# 16	85	50
# 8	100	80
# 4	100	95
3/8"	100	100

3.5.7. TRIANGULO DE FERET

Para determinar la granulometría de la arena, FERET, llama G, M, y F a los granos gruesos, medios y finos, y la composición granulométrica de este agregado la representan las proporciones relativas de G, M y F, expresadas en volumen o en peso.

Hace una representación gráfica por medio de diagramas triangulares, a cuyos vértices llama G, M y F.

La composición granulométrica de una arena se mide por un simple punto del triángulo y la proporción de cada grueso la expresa la distancia perpendicular del punto a cada uno de los lados del triángulo. Los vértices de la figura corresponden a $G = 1$; $M = 0$; $F = 0$.

UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

Muestra: Arena Fina

Norma: INEN 856

Origen: Lucarqui

Fecha de Muestreo: 1986-07-31

Descripción:

Fecha de Ensayo: 1986-08-08

DENSIDAD APARENTE

Ensayo Número	1	2	3
Masa Muestra	387,62	387,82	387,72
Masa Probeta	235,58	235,58	235,58
Masa Probeta + Muestra	623,20	623,40	623,30
Volumen	250	250	250
Densidad Aparente	1,550	1,551	1,551
VALORES PROMEDIOS $\rho_{ap} = 1,551$			

OBSERVACIONES: Arena sin Compactar, secada a 100°C

DENSIDAD APARENTE

Ensayo Número	1	2	3
Masa Muestra	412,62	407,52	410,02
Masa Probeta	235,58	235,58	235,58
Masa Probeta + Muestra	648,20	643,10	645,60
Volumen	250	250	250
Densidad Aparente	1,650	1,630	1,640
VALORES PROMEDIOS: $\rho_{ap} = 1,640$			

OBSERVACIONES: Arena Compactada

UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

Muestra: Arena Fina

Norma: INEN 156

Origen: Lucarqui

Fecha Muestreo: 1986-07-31

Descripción:

Fecha de Ensayo: 1986-08-11

DENSIDAD REAL

Ensayo Número	1	2	Valor Promedio	
Masa Matraz	163,56	185,22		
Masa Muestra en SSS	500	500		
Masa Matraz + Agua hasta 500 cc.	661,84	683,77		
Masa Matraz + Agua + Muestra	980,70	1002,60		
Masa Muestra Seca + Recipiente	736,10	739,60		
Masa Recipiente	256,64	260,43		
Masa Muestra Seca	479,46	479,17		
Densidad Real	2,755	2,755	2,755 gr/cm ³	
Capacidad de Absorción	4,284	4,347	4,315 %	
Porcentaje de Poros Aparente	4,129	4,185	4,157 %	
Volumen de Huecos	M. Compactada	13,243	13,430	13,336
	M. sin Compact.	12,524	12,701	12,613
Porcentaje Poros Reales	M. Compactada	43,702 %		
	M. sin Compact.	40,472 %		

OBSERVACIONES: Temperatura de agua 20°C - agua = 0,99823 gr/cm³

UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

Muestra: Arena Fina

Norma: INEN 697

Origen: Lucarqui

Fecha de muestreo: 1986-07-31

Descripción:

Fecha de Ensayo : 1986-08-08

MATERIAL MAS FINO QUE 75 MICRONES

ENSAYO NUMERO	1	2	3
Masa Muestra seca antes del ensayo (gr)	500	500	500
Masa Muestra seca después del ensayo	479,17	479,18	479,16
% de material más fino que 75 Micron.	4,347	4,345	4,349
% Promedio de material más fino que 75 micrones = 4,347 %			

OBSERVACIONES:

UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

Muestra: Arena Fina

Norma: INEN 855

Origen: Lucarqui

Fecha de Muestreo: 1986-07-31

Descripción:

Fecha de Ensayo: 1986-08-07

CONTENIDO ORGANICO

DE LA COMPARACION COLORIMETRICA, EL COLOR DEL LIQUIDO SOBRENADANTE ES MAS CLARO QUE EL COLOR DE LA SOLUCION TIPO, CONSIDERANDOSE QUE EL ARIDO FINO BAJO ENSAYO NO CONTIENE SUSTANCIAS PERJUDICIALES.

OBSERVACIONES:

UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

Muestra: Arena Fina Norma: INEN 862
 Origen: Lucarqui Fecha de Muestreo: 1986-07-31
 Descripción: Fecha de Ensayo: 1986-08-06

CONTENIDO DE HUMEDAD

Ensayo Número	1	2
Peso Muestra Húmeda	500	500
Masa Recipiente	260,43	256,64
Masa Recipiente + Muestra	760,43	756,64
Masa Muestra Seca	493,67	494,06
Contenido de Humedad %	1,266	1,188
VALORES PROMEDIOS: 1,227 %		

OBSERVACIONES: Temperatura Secado Muestra 110°C

UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

Muestra: Arena Norma: INEN 696
Origen: Lucarqui Fecha de Muestreo: 1986-07-31
Descripción: Fina Fecha de Ensayo: 1986-08-06

GRANULOMETRIA POR MALLAS

TAMIZ	% PARCIAL R. PROMEDIO	% PARCIAL R. REDONDEADO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
*75.00				
63.00				
50.00				
*37.50				
25.00				
*19.00				
12.50				
* 9.50	3,120	3,12	3,12	96,88
* 4.75	7,320	7,32	10,44	89,56
* 2.36	4,285	4,28	14,72	85,28
* 1.18	2,863	2,86	17,58	82,42
* .600	4,558	4,56	22,14	77,86
* .300	26,917	26,92	49,06	50,94
* .150	40,512	40,52	89,58	10,42
F.	10,420	10,42	100	0
MODULO DE FINURA: 2,065 % Cantidad de finos 10.42%				

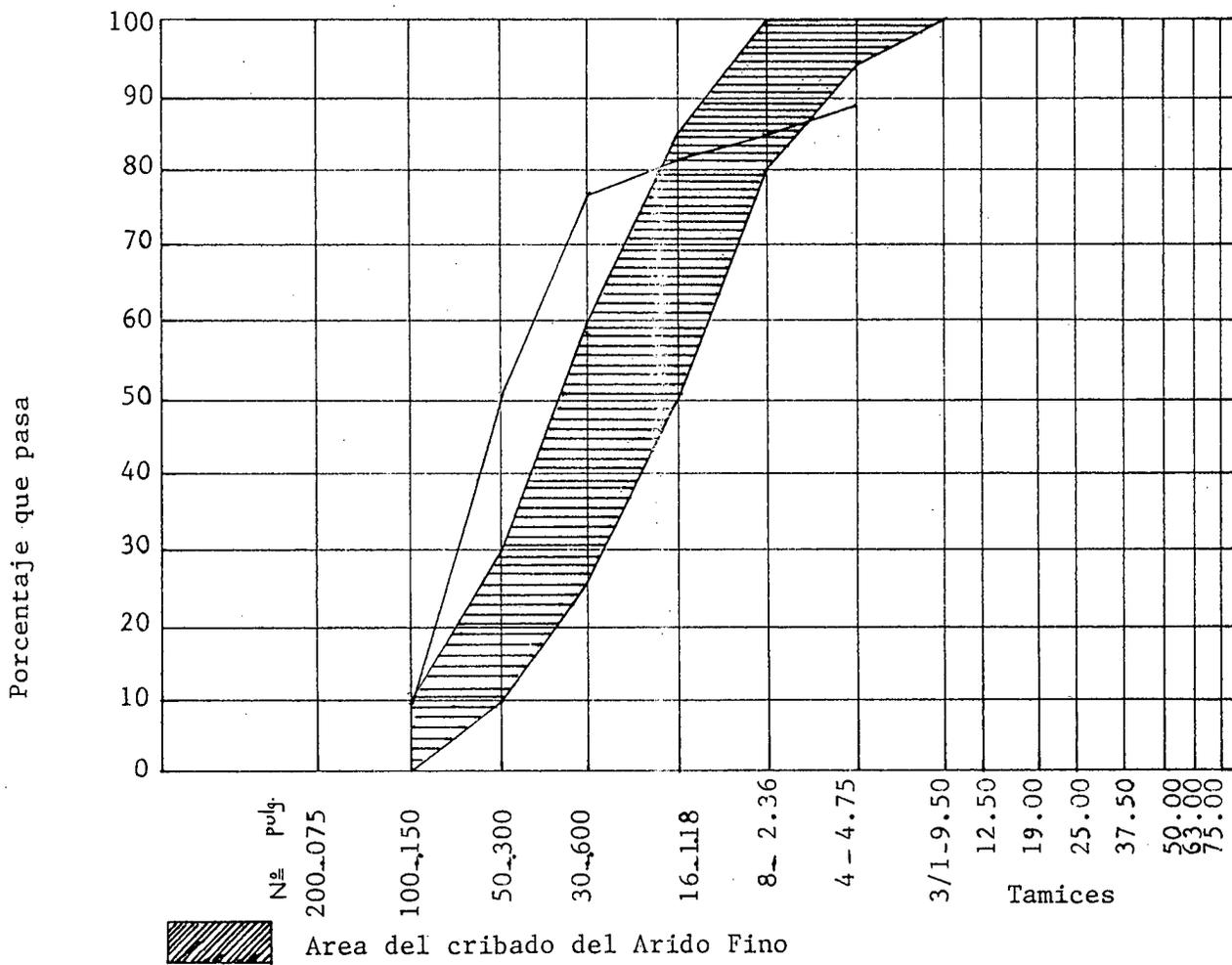
OBSERVACIONES:

CURVA GRANULOMETRICA

MUESTRA: Arena fina

NORMA: INEN 872

ORIGEN: Lucarqui



— Curva granulométrica del árido en estado original.

UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

Muestra: Arena

Norma: INEN 696

Origen: Lucarqui

Fecha de Muestreo: 1986-07-31

Descripción: Fina

Fecha de Ensayo : 1986-08-06

GRANULOMETRIA POR FERET

TAMIZ (mm)	Peso Parcial	% Retenido Parcial	% Parcial R. Redondeado
4,76			
2,00	105,59	5,039	5,04
0,42	397,43	18,968	18,97
F	1592,20	75,992	75,99

OBSERVACIONES: Una arena aceptable debe tener la granulometría siguiente:

Granos gruesos 2 mm - 5 mm 50% del total como mínimo

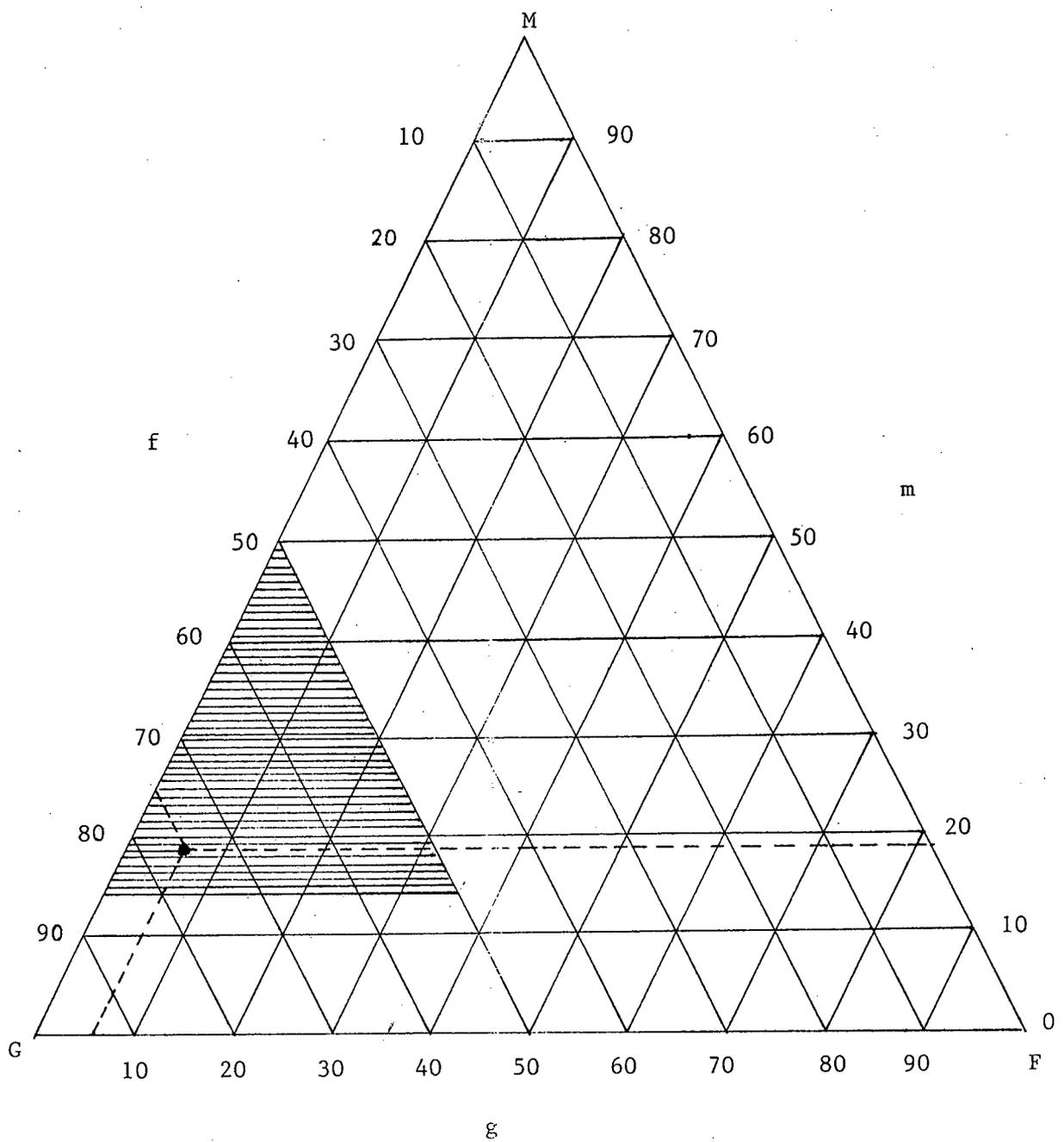
Granos medios 0.5 mm - 2 mm 15% del total como máximo

TRIANGULO DE FERET

$$G = 5,04 \%$$

$$M = 18,97 \%$$

$$F = 75,99 \%$$



Arena aceptable: cuando el punto representado cae dentro del triángulo rayado.

CAPITULO IV

ESTUDIO DE LOS MORTEROS DE CAL Y CEMENTO

4.1. INTRODUCCION

Los morteros son aquellas pastas de cal o cemento, arena y agua, que sirven para obtener la unión y adherencia de las piedras o ladrillos en una obra de fábrica, o que con el nombre de enlucidos, sirven para revestir los parámetros visibles y preservar la obra de la acción del tiempo.

Se puede definir un mortero también diciendo que es la mezcla de un aglomerante y un árido fino (arena).

4.1.1. CLASIFICACION

Los morteros se dividen en: Simples, Comunes y Bastardos, mixtos o mezclados.

MORTEROS SIMPLES.- Están formados sólo por el aglomerante y sus impurezas, por ejemplo el mortero de cal, cemento.

MORTEROS COMUNES.- Están formados por un aglomerante más un árido, por ejemplo, mortero de cal o de cemento.

MORTEROS BASTARDOS.- En este tipo de morteros existe dos o más aglomerantes. Generalmente son dos; por ejemplo: cal, cemento más arena.

4.1.2. PROPIEDADES

4.1.2.a.- Un buen mortero se extiende con facilidad y no pierde mucha agua ni se rigidiza en contacto con ladrillos o bases absorbentes. A estas propiedades se las denomina consistencia, plasticidad, capacidad de retención de agua, y contribuyen a lograr una buena unión entre elementos constructivos, así como a disminuir el riesgo de penetración de la lluvia a través del muro determinado.

4.1.2.b.- El mortero debe ser capaz de soportar cargas no muy elevadas mientras está fresco, y una vez endurecido resistir el peso de los ladrillos superiores si sólo es muro de cerramiento e incluso cargas si es muro portante. Por tanto deberá tener resistencia a compresión suficientemente alta, si bien la resistencia del mortero se combina con la de los otros elementos constructivos.

4.1.2.c.- La adherencia es otra propiedad intrínseca de los morteros, que podríamos definir como resistencia al despegue, lo que implica una capacidad de absorber tensiones de tracción y deslizamiento.

4.1.2.d.- El mortero debe adaptarse a los cambios dimensionales provocados por efectos térmicos (dilatación) o por secado (retracción)

4.1.3. TIPOS DE MORTEROS

4.1.3.a. MORTEROS DE CAL

Es el mortero más antiguo, se obtiene llenando los huecos de la arena con una pasta formada por cal apagada y agua. Las cales utilizadas pueden ser hidráulicas y aéreas. Las cales hidráulicas son las que fraguan bajo el agua porque poseen en su constitución componentes análogos a los cementos naturales y desarrollan resistencias iniciales relativamente altas. Las cales aéreas no poseen propiedades de fraguado bajo el agua, sino que se rigidizan primeramente por pérdida de agua que forma la pasta, y sólo, muy lentamente, fraguan por carbonatación.

4.1.3.b. MORTEROS DE CEMENTO

Ya hemos dicho que los morteros de cal endurecen muy lentamente. Cuando se precisan altas resistencias iniciales o bien resistencias elevadas en el mortero endurecido, se pueden utilizar conglomerantes del tipo de los cementos naturales o portland. Pero no se puede ajustar la resistencia variando las proporciones cemento, arena, - pues las mezclas pobres en conglomerante son ásperas e intrabajables porque las partículas de arena rozan entre sí, sin esa especie de lubricante que es la pasta de cemento. Se utilizan estos morteros para obras de ingeniería que exijan grandes resistencias.

4.1.3.c. MORTEROS CEMENTO, CAL, ARENA (bastardos)

Estos morteros reúnen las propiedades y ventajas de los dos anteriores, o sea, trabajabilidad y altas resistencias iniciales. Utilizando como base un mortero de cemento 1:3, se puede ir sustituyendo parte del cemento por cal, mientras que el total de pasta conglomerante sea capaz de rellenar los huecos de la arena. Así se asegura buena trabajabilidad y resistencias iniciales medias, pero suficientes.

4.1.3.d. MORTEROS CON ADITIVOS

Los aditivos que se emplean pueden ser aireantes (que introducen aire en el interior de la masa del mortero) o bien actuar sobre la tensión superficial de la pasta de cemento, aumentando la retención de agua. Ambos tipos aumentan la trabajabilidad de las mezclas pobres de cemento, puesto que las burbujas de aire rellenan los huecos entre partículas de arena y las permiten deslizarse sin rozar entre ellas, y esta disminución de la tensión superficial favorece que la pasta de cemento moje la superficie del árido, lográndose el mismo efecto.

4.1.3.e. MORTEROS DE CEMENTOS ESPECIALES

Cuando se precisan altas resistencias iniciales pueden utilizarse morteros de cemento aluminosos. Pero no deben emplearse donde exista humedad y temperaturas superiores a 30°C por largos períodos de tiempo, tampoco se debe mezclar con cal porque estos conglomerantes reaccionan con los álcalis.

4.1.3.f. MORTEROS DE CEMENTO DE ADICION

Los cementos de adición para albañilería son mezclas de cemento portland con minerales finamente divididos, siendo estos últimos potencialmente hidráulicos (puzolanas, escorias) o totalmente inertes - (caliza) desde el punto de vista conglomerante, y con adición o no de agentes aireantes. Sus buenas propiedades de trabajabilidad se deben a los finos que contienen, los cuales rellenan los huecos entre áridos. - La proporción de adiciones inertes es inferior al 35%.

4.1.4. MATERIAS PRIMAS

Las materias primas para la ejecución de un mortero son: cemento, cal, arena, agua y aditivos.

Las normas que deben tener estas materias primas se han espeficado en los capítulos anteriores.

4.1.5. FABRICACION

Se fabrican mecánicamente mediante aparatos sencillos importantes en que se necesitan continuamente grandes masas de mortero o donde - sea escasa la mano de obra, capaces de producir una mezcla íntima de los tres componentes convenientemente dosificados.

Un buen mortero debe ser amasado con el mínimo posible de agua y presentar una masa homogénea. Un mortero tipo sería aquel en que todos los huecos entre los granos de la arena estuvieran rellenos de cal o de cemento; una mezcla de esta clase, llamada mortero impermeable, resultaría, como lo indica su nombre, muy poco permeable.

El volumen de la cal o del cemento necesario para obtener un mortero impermeable, se puede deducir del volumen de agua absorbido por un determinado volumen de arena contenido en un recipiente completamente lleno y enrasado.

Un buen mortero bien manipulado debe deslizarse y extenderse con facilidad, si quedan partículas, es señal de que el agua es escasa; y si deja una especie de líquido lechoso, es señal de que el agua está en exceso.

Para la preparación del mortero con cal o cemento en polvo, es necesario mezclar primeramente, en seco, el polvo con la arena y no debe añadirse agua hasta después de obtener una mezcla íntima de los dos componentes. Ordinariamente, la cal o el cemento se pesan, mientras que la arena se mide en volumen. La arena debe estar seca y la manipulación ha de hacerse siempre a cubierto de la lluvia.

Para el mortero de cemento se necesitan precauciones especiales. Se hará la cantidad necesaria que pueda bastar para un determinado trabajo que no haya de interrumpirse.

En los morteros hay que considerar la: Porosidad y la Permeabilidad, condiciones como ya se ha hecho observar, que en una pasta sometida a endurecimiento no van como podría suponerse, siempre mancomunadas.

La porosidad depende de tres causas distintas:



1.- De la insuficiente compacidad, pues no se puede en la práctica, en el acto de su fabricación, comprimir el mortero hasta el máximo de su compresibilidad.

2.- Del almacenamiento de aire entre los huecos de la arena.

3.- De la evaporación subsiguiente del exceso de agua. La cantidad de agua almacenada en un mortero está en relación con la finura de la arena y esta es la causa principal de la porosidad de un mortero.

4.1.6. DOSIFICACION DE MORTEROS

Hemos indicado anteriormente que los morteros son una mezcla de un aglomerante con arena y agua. El papel que desempeña la arena es puramente mecánico, para evitar las contracciones que se producen en los morteros de cal, debido a la evaporación de agua de amasado y a la compresión producida por el peso de la obra.

Teóricamente sólo se precisa la cantidad de aglomerante necesaria para cubrir con una película a los granos de arena, que los podríamos suponer tangentes entre sí, pero si además queremos que sean compactos e impermeables, tendremos que llenar los huecos con aglomerantes u otro cuerpo más económico.

La dosificación de morteros se realiza generalmente en volumen. No debe tomarse como unidad de medida la palada porque el volumen que se recoge con ella varía según el grado de finura del material medido. Lo mejor es utilizar cubos de volumen apropiado a la cantidad de mortero que se desee preparar.

Conviene utilizar dos cubos, uno para la medición del cemento, y otro para la de la arena, deben ser de material resistente a la abrasión e inatacable por el cemento o la cal. Si se sigue algún método de compactación del contenido del cubo (golpes contra el suelo, aplastamiento con la pala), debe ejercerse por un igual sobre todos los materiales a dosificar, y en todas las amasadas sucesivas para evitar diferencias de calidad del mortero.

La arena debe estar seca pues la humedad hace variar grandemente el volumen, hasta 1,4 veces el verdadero en los casos más desfavorables. Con objeto de evitar este efecto, en los morteros bastardos conviene preparar, al menos con 16 horas de antelación a su utilización, una mezcla 1:3 en volumen de cal viva y arena, con el agua precisa para el apagado, que da un total en volumen equivalente a tres partes de arena seca, ya que la pasta de cal rellena los huecos entre granos. El mortero de cal así obtenido puede mezclarse con los demás componentes.

Las proporciones deben especificarse en peso o en volumen.

4.1.7. FORMULAS DE DOSIFICACION DE MORTEROS

a.- DOSIFICACION EN VOLUMEN.- La forma de dosificación en volumen aparente es inexacta, pues las cantidades de materiales necesarios para obtener un metro cúbico depende de muchos factores: relación de la mezcla, composición granulométrica de los áridos, forma, humedad, asentamiento, llenado del recipiente.

Además hay que tener presente que el mortero resultante no es

igual a la suma de los volúmenes aparentes de los componentes porque se rellenan los huecos con la pasta del aglomerante, teniendo que hallar el rendimiento, que es igual a la relación entre el volumen aparente del mortero resultante y la suma de los volúmenes aparentes de los componentes:

$$R = \frac{V_a}{1 + a + w}$$

En donde:

a corresponde al árido

w al agua

1 el aglomerante lo tomamos como la unidad

Llamando D_a , d_c , d_a , d_w a las densidades aparentes del mortero aglomerante, arena y agua, tendremos:

$$R = \frac{1 \cdot d_c + a \cdot d_a + w d}{D_a (1 + a + w)}$$

Conociendo el rendimiento, se podrá determinar la dosificación por las fórmulas siguientes:

$$\text{Aglomerante} = \frac{1}{R (1 + A + w)}$$

$$\text{Arido} = \frac{a}{R (1 + a + w)}$$

$$\text{Agua} = \frac{w}{R (1 + a + w)}$$

b.- DOSIFICACION EN PESO .- El valor exacto de materiales necesarios para preparar 1 m^3 de mortero se calcula determinando la densidad aparente del mortero fresco, para lo cual se pesan probetas del mortero recién preparado, pesando los componentes, y sea G el peso de 1 m^3 , y la relación de mezcla de los componentes sea $1:a:w$, y se precisarán las cantidades siguientes para obtener 1 m^3 de mortero solidificado:

$$\text{Aglomerante} = \frac{G}{1 + a + w} = Z \text{ (Kg/m}^3\text{)}$$

$$\text{Arido} = Z \times a$$

$$\text{Agua} = Z \times w$$

Si se desea expresar en litros por metro cúbico de mortero terminado y asentado, se sigue el mismo procedimiento, que es muy exacto, y se dividen los valores hallados por las densidades aparentes de cada cuerpo.

4.1.8. POROSIDAD Y PERMEABILIDAD DE LOS MORTEROS

POROSIDAD.- Se define como los huecos o vacíos existentes en un mortero y que pueden llenarse de un líquido que penetre por capilaridad o presión.

PERMEABILIDAD.- Consiste en dejarse atravesar o filtrar por los líquidos a presión.

Aunque estas dos propiedades parecen las mismas y se han confundido durante mucho tiempo, no son iguales, pues es sabido que los mor

teros hechos con arena fina son muy porosos, pero poco permeables. En la práctica, un mortero muy compacto es poco poroso, y se busca la impermeabilidad aumentando la compacidad, y aunque teóricamente ningún mortero u hormigón es rigurosamente impermeable, se puede comprobar en los ensayos de filtración que con el tiempo lo son, explicándose porque la pasta de cemento se porta como un coloide, hinchándose con la humedad, disminuyendo el volumen de los poros y de las fisuras.

La porosidad en los morteros se expresa por la relación que hay entre el volumen de huecos o vacíos y el volumen aparente total:

$$P = \frac{V - V'}{V}$$

En donde:

V = Volumen aparente, se determina con balanza hidrostática

V' = Volumen de huecos que se lo encuentra por la diferencia entre el volumen aparente y el volumen de la parte sólida, que se aprecia pesando la probeta desecada a 50° en el aire y después de saturada de agua y pesada sumergida.

La saturación de la probeta se hace por el vacío o por inmersión paulatina en agua. La permeabilidad se expresa por la cantidad de agua que atravieza el mortero en una hora y a determinada presión.

4.1.9. DOSIFICACION DE LOS MORTEROS DE CAL

La cal y la arena se dosifican en volumen y el agua será la ne

cesaria para obtener una mezcla plástica. Para morteros corrientes se puede dosificar con cal apagada en polvo y para morteros bastardos con cal en pasta.

Al mezclar la cal apagada y la arena se produce una contracción de volumen y da los siguientes rendimientos:

Volumen de cal apagada		Volumen de arena	=	Volumen de mortero
1	+	2	=	2,4
1	+	2,5	=	2,8
1	+	3	=	3,2
1	+	4	=	4,0

Las cantidades de cal, arena y agua necesarias para fabricar lm^3 de mortero son:

TIPO	Dosifica. en volum. cal-arena	Cal apagada en pasta	Arena M^3	Agua M^3
De 335 Kg	1:1	0,555	0,555	0,110
De 240 Kg	1:2	0,400	0,800	0,120
De 190 Kg	1:3	0,315	0,945	0,125
De 160 Kg	1:4	0,260	1,050	0,100
De 135 Kg	1:5	0,220	1,100	0,100

Los morteros de cal alcanzan a los ocho días un endurecimiento suficiente y continúa endureciéndose durante meses o años. El agua no interviene para el fraguado, se evapora.

UTILIZACION

Las dosificaciones que se emplean con frecuencia son las siguientes:

1:2 , 1:3 ; para enlucidos de paredes y muros

1:3 , 1:4 ; para mampostería y cimientos

Por cada mil ladrillos debemos tener de 600 a 700 litros de mortero, aunque esto varía con el tipo de colocación de ladrillo y del espesor de ornamento.

Para una pared de 30 cm con un espesor de aproximadamente 2 cm debemos tener 30 litros/m³ de mampostería.

En enlucidos se utiliza aproximadamente de 25 a 30 lts. considerando desperdicios.

El peso promedio de un mortero de cal es de 1700 Kg por metro cúbico. Poros alrededor de un 20%.

4.1.10. DOSIFICACION DEL MORTERO DE CEMENTO

La dosificación en este tipo de mortero va desde:

1: 0,5 para obras importantes

1: 10 para obras secundarias por ejemplo en paredes divisorias

Otras normas nos dan hasta 1:8 para estos trabajos.

Los tipos de mortero más utilizados son:

1:1 se hace para rejuntados en obras hidráulicas

1:2 es un mortero resistente e impermeable, se puede emplear en pavimentos como superficie de desgaste.

1:3 y 1:4 se usan para trabajos de mampostería

1:5 se usan en obras que no soportan mucha carga. Desde aquí los morteros deben ser mixtos.

Las cantidades de cemento por metro cúbico de mortero son:

<u>Dosificación</u>	<u>Kg de cemento/m³ de mortero</u>
1:0,5	900
1:1	800
1:1,5	700
1:2	600
1:3	500
1:4	400
1:5	320
1:6	265
1:7	225
1:8	200

UTILIZACION

Los morteros que hemos anotado anteriormente se usan:

1:0,5 se emplea para rejuntados, enlucidos, para pintura que contenga aceite, la superficie tiene que seralisada.

1:1 se utiliza para rejuntados y enlucidos de depósitos impermeables. Debemos tener en cuenta que estos morteros debemos usar sobre la pasta de los morteros corrientes.

1:1,5 se usa en albañilería de ladrillo o piedras que estén sometidas a cargas axiales, especialmente en muros de contención.

1:2 utilizado en obras de mampostería de ladrillo o de piedra, columnas, arcos de edificios, diques, estanques y también para enlucidos.

1:2,5 se emplea en mampostería de ladrillos huecos, bloques de cemento y estructuras cargadas.

1:3 en general para mampostería resistente.

1:4, 1:5, 1:6 se emplea en obras de albañilería secundarias, - el último también para paredes divisorias.

1:7 en mampostería de ladrillo de poca resistencia

1:8 para mampostería no soportante, ejm: muros divisorios.

Se puede también utilizar el mortero 1:10, para paredes divisorias que no tengan mucha longitud.

4.1.11. MORTEROS MIXTOS O BASTARDOS. DOSIFICACION

Estos morteros se caracterizan por que:

a) Enduran rápidamente

- b) No producen grietas de construcción por secamiento
- c) Se aumenta la plasticidad y adherencia durante la colocación
- d) Secan en poco tiempo

Las cantidades de material necesarios para obtener un metro cúbico de mortero bastardo son los siguientes: debemos anotar que las dosificaciones que se indican a continuación están dadas en volúmenes.

Volúmenes cemento-cal- arena	Cemento Kgr	Cal Lt	Arena Lt	Agua Lt	Aplicación
1:1:4	290	215	860	168	- enlucidos de ladrillos
1:1:6	220	165	980	170	- mampostería y bóvedas
1:1:8	185	135	1060	170	- morteros
1:2:6	180	275	830	160	- morteros
1:2:8	155	230	920	165	- morteros
1:2:10	133	197	990	167	impermeables

Para mampostería de ladrillo se emplea mortero de dosificación 1:8 y 1:10 cemento: mortero de cal; esta es la liga de cemento, son morteros de fraguado rápido.

4.1.12. AMASADO DEL MORTERO

El amasado puede ser mecánico (amasadora) o manual (en artesa)
El amasado mecánico presenta ventajas desde el punto de vista de la homo-

geneidad de la masa, así como de la trabajabilidad, ya que, cuanto más prolongada es su duración, se mejora la plasticidad y la retención de agua porque se introduce aire en la masa. Por esta última razón, no debe alargarse el mezclado de los morteros aireados porque incrementa el porcentaje de aire ocluido y, consiguientemente disminuye la resistencia.

Para morteros bastardos, si se utiliza mortero de cal como intermedio dosificante, debe mezclarse éste con el cemento y parte del agua necesaria, hasta alcanzar una consistencia pastosa y de aspecto uniforme.

Luego se añade la arena, se sigue amasando y se agrega el resto de agua.

Para morteros aireados conviene mezclar, primero en seco el cemento con la arena hasta que el material adquiera un aspecto homogéneo. Luego se agrega el aditivo disuelto en el agua de amasado y se continúa éste por unos cinco minutos más hasta lograr la consistencia deseada. Para estas mezclas es muy importante no excederse en el agua de amasado, puesto que los morteros muy fluídos no son capaces de reneter el aire. Además, la adición de agentes plastificantes reduce la relación agua-cemento. Bien dosificado, un mortero aireado puede ser tan resistente como un bastardo, porque se compensa la pérdida de resistencia debida al aire ocluido por el incremento dado al bajar la cantidad de agua necesaria para el amasado.

Una vez amasado el mortero puede ajustarse su consistencia por remezclado manual con más agua. Si el mortero no se usa de modo inmedia

to debe colocarse al abrigo de la intemperie hasta su utilización protegido de una evaporación excesiva o del frío por fundas de plástico. La temperatura del agua no será superior a 70°C. Si, por evaporación excesiva o una mala granulometría de la arena, el mortero se hubiera rigidizado o segregado, puede reamasarse, aunque debe evitarse la posterior adición de agua porque rebaja la resistencia del mortero. Nunca se empleará un mortero que haya iniciado su fraguado.

En obras de poca importancia se hace el amasado a mano, mezclando el aglomerante y la arena en seco hasta alcanzar un color homogéneo. Después se hace un montón, se practica una corona en el centro y se vierte el agua de una vez. Se bate con cuidado para que no se derrame el agua y, cuando esta ha sido absorbida, se dan varias vueltas de pala hasta quedar bien empastado.

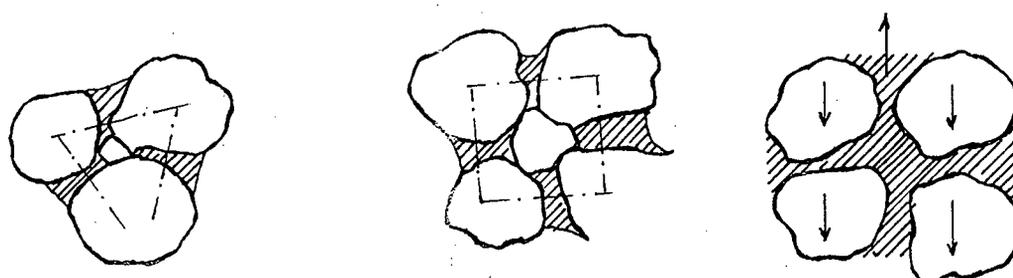
4.1.13. TRABAJABILIDAD DEL MORTERO FRESCO

Para asegurar una perfecta ejecución del trabajo a realizarse como por ejemplo revestimientos, es preciso que el mortero sea fácilmente trabajable, para lo cual: primero, su consistencia debe ser la apropiada para su aplicación con facilidad, rellenando todos los huecos de la base; segundo, su capacidad de retención de agua debe evitar la rigidización excesiva del mortero por succión de la base, que impediría la perfecta colocación del recubrimiento con la llana; y tercero, el peso del mortero no ha de ser excesivo para evitar el cansancio del usuario con el tiempo.

4.1.13.a. CONSISTENCIA

La consistencia del mortero suele determinarla el operario, según la succión de la base sobre la que se aplica y las condiciones ambientales, por adición de más o menos agua. Sin embargo, depende grandemente de los gustos del operario.

Habitualmente, se definen tres consistencias distintas: seca, plástica y fluida, que vienen determinadas por la película de pasta conglomerante que rodea a los áridos.



MORTERO SECO

MORTERO PLASTICO

MORTERO FLUIDO

CONSISTENCIA DE MORTEROS

Consistencia Seca.- El conglomerante sólo rellena los huecos entre los áridos, quedando estos en contacto, con los rozamientos subsiguientes entre partículas que se traducen en masas ásperas e intrabajables.

Consistencia Plástica.- Una fina película de conglomerante moja la superficie de los áridos, dando buena adherencia entre estos con una estructura seudosólida, del tipo de la existente entre dos placas de cristales con agua entre ellos. Al mismo tiempo, la película monomolecular formada actúa como lubricante entre los granos de arena, proporcionando morteros de excelente calidad, y trabajabilidad.

Consistencia Fluida.- Las partículas de árido se hallan inmersas en el seno de la pasta conglomerante, sin cohesión interna, y con tendencia a depositarse por gravedad, lo que se denomina segregación, - los granos de arena no oponen ninguna resistencia al deslizamiento, pero el mortero es tan líquido que se desparrama sobre la base empleada, sin permitir la ejecución de ningún trabajo. Entre estas situaciones límites existen casos intermedios, siendo la zona que rodea a la consistencia plástica la de mejor trabajabilidad.

Los factores que influyen en la consistencia de un mortero son

- Relación agua/conglomerante, relación conglomerante/arena.
- Granulometría de la arena.

Todos ellos influyen para lograr que la pasta conglomerante sea capaz de bañar la superficie del árido. Por ejemplo, a igualdad de otros factores, el aumento de agua de amasado incrementa la cantidad de pasta susceptible de mojar a la arena; la adición de pasta conglomerante realiza el mismo efecto cuando la arena permanece constante, y para relaciones agua/conglomerante y conglomerante/arena, igualmente constantes, el aumento de superficie específica de los agregados (mayor finura de grano) se traduce en un trabajo mejor de ejecución.

La adición de cal al mortero de cemento aumenta la trabajabilidad de la masa porque la lechada de cal disminuye la tensión superficial de la pasta conglomerante y contribuye a mojar perfectamente los agregados. Además, por su alto grado de finura actúa como lubricante sólido entre granos.

Un efecto semejante se obtiene con los aditivos que modifican la tensión superficial de la pasta de cemento (agentes de aireación, de retención de agua, etc) favorecen la capacidad de esta para bañar la superficie de la arena.

Por otra parte las finas burbujas de los morteros actúan como lubricantes elásticos entre granos.

En el laboratorio, la consistencia puede medirse por distintos métodos: en nuestro medio se hace mediante la sonda de Vicat, con la que se determina la penetración en el mortero de un cilindro de base y masa normalizados, y la mesa de sacudidas, en la que se mide el asentamiento experimentado por un molde de mortero a ensayar, cuando se somete este a un número de golpes dado.

Mortero	Conglomerante	Asentamiento %	Penetración mm
1:6	C. Portland	106	2
1:1:6	C. Port. + cal	112	15
1:3	C. de adición	110	16
1:6	C. port. + aditivo	105	28

Medidas de Penetración de Sonda de Vicat y Asentamiento en mesa de sacudidas para distintos morteros.

4.1.13.b. RETENCION DE AGUA

La retención de agua se halla también íntimamente rela-

cionada con la tensión superficial del conglomerante. Un mortero tiene a conservar el agua precisa para mojar la superficie de las partículas del conglomerante y árido, las burbujas de aire ocluido o las macromoléculas presentes como micelas coloidales. Pero el agua que tenga en exceso la cederá fácilmente por succión. La mayor retención de agua se dará en los morteros que, como los bastardos y cemento puzolánico, contienen conglomerantes de alto grado de finura, en aquellos amasados con arenas finas, en los cementos de adición con carga inerte finamente dividida.

La retención de agua disminuye en el orden siguiente:

- Morteros con aditivos para retención de agua
- Morteros con aditivos aireantes
- Morteros con cemento de adición
- Morteros bastardos
- Morteros de cemento y arenas grasas
- Morteros de cemento

4.1.13.c. SEGREGACIÓN DE AGUA

Ya hemos dicho que, en los morteros excesivamente fluidos, por ejemplo en los empleados para recubrimientos, la arena tiende a depositarse por gravedad en el fondo del recipiente, y queda sobrenadando una lechada de conglomerante. El mismo efecto se obtiene cuando se alisa la superficie de un mortero con la llana. Esto puede ser de interés cuando se utilice el mortero como asiento de losetas absorbentes, - porque la lechada penetra perfectamente en los poros de la superficie, -

dando lugar a una capa muy rica de gran poder adherente. Pero para otros usos obliga al reamasado frecuente de la pasta, lo que se traduce en pérdida de tiempo y resistencia. Para evitar estos inconvenientes se recomienda el empleo de cementos puzolánicos y de adición, así como el uso de retenedores de agua.

El aparato empleado para medir la segregación consta de tres piezas de igual altura y dos recipientes colectores de mortero. Se determina la consistencia, tras vibrado, del mortero contenido en el recipiente superior e inferior, dándose la exudación como diferencia entre ambos valores.

4.1.13.d. PESO DEL MORTERO

Varía de unos a otros, y cuanto más ligero es un mortero tanto más trabajable a largo plazo. El peso está directamente relacionado con la densidad: un mortero denso, de alta riqueza en conglomerante, pesa lógicamente más que un aireado, lográndose un rendimiento mayor por Kg de cemento.

Mortero	Conglomerante	Peso por m^3 en Kg.	Peso por 1000 ladrillos Kg.
1:1:6	C. Port. + cal	2.086	885
1:3	C. de adición	1925	817
1:6	C.Port. + aditiv.	1.684	715

Peso de distintos morteros, por obra edificada.

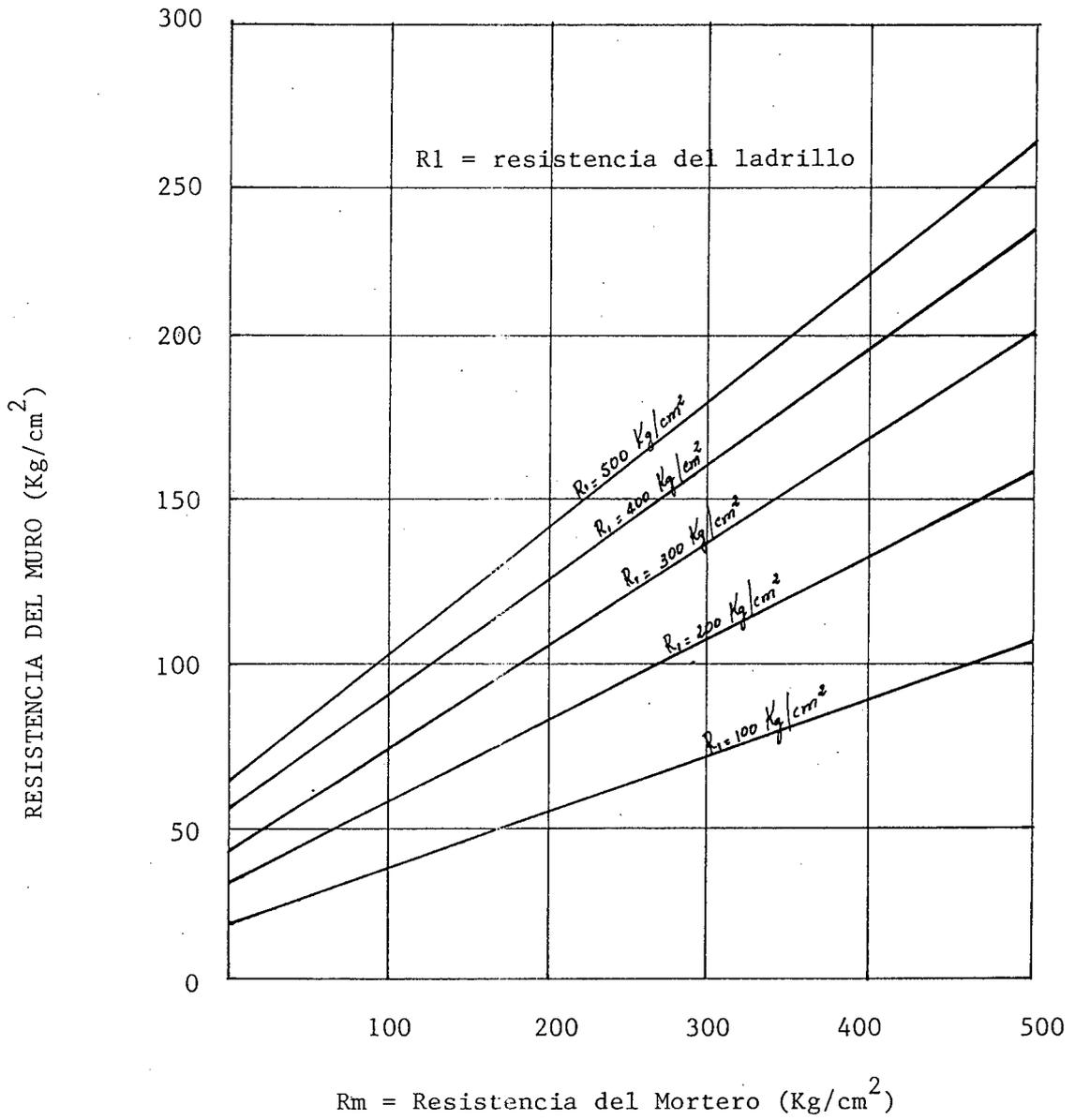
4.2. RESISTENCIA MECANICA DEL MORTERO ENDURECIDO

El mortero debe actuar como unión resistente en su aplicación, en obra. Excepto para muros portantes con fábrica de ladrillo armada, estas resistencias no precisan ser muy altas y, además, se combinan con los de otros elementos constructivos (ladrillos, bloques de hormigón).

En la figura descrita por Arredondo puede verse la resistencia del muro (en ordenadas), en función de la del mortero (abscisas) y la del ladrillo.

Por lo expuesto, las medidas directas de resistencia sobre el mortero no son normativas válidas para conocer la calidad de la obra realizada con él, pero nos permite un control estadístico del mortero en sí independientemente de los otros materiales de construcción.

La resistencia a compresión se mide porque el mortero de juntas debe soportar las sucesivas hiladas de ladrillos y el de solados el peso de personas y muebles que se asienten sobre él. La resistencia a tracción pura nos da la dificultad para desprender una porción de recubrimiento; por su dificultad de medición suele ensayarse a flexotracción



Resistencia del muro en función de la de mortero y ladrillo

4.2.1. DETERMINACION DE LA RESISTENCIA DE MORTEROS SOMETIDOS A TRACCION PURA

Esta norma INEN 488 establece el método para determinar la resistencia a la tracción pura de morteros de cal y cemento, utilizando briquetas especiales.

a.- Instrumental.-

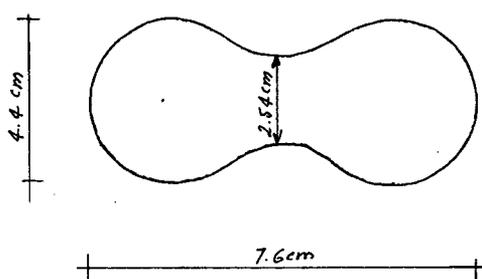
Balanza, que sea exacta dentro del 0,1% de la masa de la muestra de ensayo en cualquier punto dentro del intervalo de uso.

Tamices, de orificios cuadrados, los usados son: # 20, # 30.

Probetas graduadas, que tengan suficiente capacidad para medir el agua de amasado en una sola operación, 500 cc.

Briquetas de bronce, no debe tener más de tres compartimientos ni ser separables en no más de dos partes, los cuales deben quedar firmemente ajustadas al ser ensambladas. Los moldes tendrán paredes rígidas para evitar alabeos o deformaciones.

Las briquetas para este ensayo tienen la forma de un número ocho invertido de las siguientes dimensiones:



Mezcladora, recipiente de mezclado y paleta, de capacidad 6Lt, con brazo ajustador de distancias, que permiten una distancia de 2,5 mm \pm 0,5 mm entre el fondo del recipiente del mezclador y la paleta mezcladora.

Apisonador, debe ser de material no absorbente.

Cámara húmeda, temperatura $21 \pm 1,7$ °C. Humedad relativa del 90%.

Máquina de ensayo, en nuestro caso se usará la máquina Universal, la misma que tiene el equipo necesario para las distintas mediciones, capaz de aplicar una carga de 600 ± 25 Kg por pulgada cuadrada.

b.- Preparación de los moldes.-

b.1.- Cubrir las caras interiores de los moldes con una capa delgada de aceite.

b.2.- Cubrir las superficies de contacto entre las mitades de cada molde con una capa delgada de aceite.

b.3.- Ensamblar los moldes y eliminar el exceso de aceite de las caras interiores y de la superficie superior e inferior de cada molde.

b.4.- Colocar los moldes sobre placas planas y no absorbentes, en nuestro ensayo se usarán placas de vidrio.

c.- Preparación de la muestra.-

Se prepara para cada ensayo tres o más especímenes, usando una mezcla proporcionada por peso de una parte de cemento a tres partes de arena. La cantidad de material que se debe mezclar es de 1000 gr como mínimo y 1200gr como máximo, lo cual es suficiente para fabricar seis briquetas.

c.2.- La cantidad de agua que se puede usar en la mezcla depende del porcentaje de agua requerido para conducir una pasta de cemento de consistencia normal y debe estar de acuerdo con la mezcla de una parte de cemento y tres de arena. La temperatura de ensayo será de $21\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ y la temperatura ambiente de laboratorio entre 20°C y 27°C .

c.3.- La mezcla de los materiales se efectúa sobre una superficie lisa y no absorbente de la misma forma que la indicada en el ensayo sobre consistencia y tiempo de fraguado del cemento.

c.4.- Después de que se terminen de mezclar los materiales se vacía la mezcla en los moldes previamente preparados. El material en los moldes debe ser compactado por medio de los pulgares, ejerciendo una fuerza aproximada de 15 a 20 lbs por doce veces y luego se debe emparejar con el palustre.

c.5.- Se enrasa con la espátula las dos caras de la briquetta y se los coloca en la cámara húmeda por un período de 24 horas, procurando que las superficies superiores de los especímenes queden expuestos a la humedad y tratando de evitar que les caigan gotas de agua.

c.6.- Después de las 24 horas se sacan las briquetas y se preparan para el ensayo. Si se sacan de los moldes más de un especimen a la vez, se deben cubrir con una toalla húmeda los que no van a ser ensayados inmediatamente.

c.7.- Antes de ensayar los especímenes, se sacan de hume-

dad exterior y se limpian los granos de arena sueltos. Las briquetas se centran cuidadosamente con relación a los sujetadores y se aplica la carga a una rata uniforme de 600 ± 25 lb por pulgada cuadrada por minuto.

No hay necesidad de calcular los esfuerzos unitarios ya que son iguales a la carga aplicada, debido a que el área o la sección es de 1.

Cálculos.-

La resistencia a la tracción pura de los morteros se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$R_t = P/A$$

En donde:

R_t = Resistencia a la tracción en Kg/cm^2

P = Carga total máxima de falla en Kg

A = Area nominal de la sección en cm^2

4.2.2. DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION

Para la determinación de la resistencia de morteros sometidos a compresión se usan briquetas cúbicas y cilíndricas.

a.- Instrumental.-

Se usa el mismo instrumental utilizado para ensayo de tracción

pura. Las briquetas cúbicas tendrán una arista de 5cm, no deben tener más de tres compartimientos ni ser separables en no más de dos partes, las cuales deben quedar firmemente ajustadas al ser ensambladas.

Las briquetas cilíndricas tendrán un diámetro de 5cm con iguales especificaciones que las anteriores.

b.- Preparación de los moldes.-

La preparación de los moldes o briquetas es de igual procedimiento que las anteriores.

c.- Preparación de la muestra.-

c.1.- Se prepara para cada ensayo tres o más briquetas usando una mezcla con las siguientes dosificaciones: 1 parte de cemento por 2,75 partes de arena y el porcentaje de agua será del 10% del peso total de los sólidos. También puede utilizarse la relación agua cemento del 40%.

c.2.- La mezcla de los materiales se hará conforme al ensayo de consistencia y tiempo de fraguado del cemento.

d.- Fabricación de briquetas.-

d.1.- Se coloca el mortero en los moldes ya preparados hasta una altura de 1 pulgada, se compacta con el pisón dando 36 golpes distribuidos en toda la superficie, luego se coloca una nueva capa y se pi-

sona con 32 golpes más, en la última capa es necesario enrasar perfectamente por medio del palustre.

d.2.- Se coloca en la cámara húmeda por un período de 24 horas, procurando que las superficies superiores de los especímenes queden expuestos a la humedad, pero protegidos contra la eventual caída de gotas de agua.

d.3.- Si las briquetas se retiran antes de las 24 horas, deben dejarse en la cámara de curado húmedo hasta que se complete ese tiempo. Las briquetas que no van a ser ensayadas a las 24 horas deben sumergirse en agua dentro de tanques de almacenamiento construidos de material resistente a la corrosión. El agua de almacenamiento debe mantenerse limpia por renovación frecuente.

e.- Ensayo de las briquetas.-

e.1.- Se ensayan las briquetas inmediatamente después de sacarlos de la cámara húmeda en el caso de las probetas de 24 horas, o del agua del tanque de almacenamiento en todos los demás casos.

e.2.- Si se sacan de la cámara más de una briqueta a la vez para los ensayos de 24 horas, deben mantenerse cubiertos con un paño húmedo hasta el momento de ensayo.

e.3.- Todas las briquetas correspondientes a determinada edad de ensayo deben ensayarse dentro de la tolerancia permisible de tiempo que se indica en el cuadro siguiente:

<u>Edad de la Probeta</u>	<u>Tolerancia permisible</u>
24 horas	+ - 0,5 horas
3 días	+ - 1 hora
7 días	+ - 3 horas
28 días	+ - 12 horas

e.4.- Antes de ensayar las probetas, se conservan limpios ya que pueden ocurrir irregularidades en sus superficies.

e.5.- Colocar cuidadosamente las probetas, centrándolas de bajo del bloque superior de carga y de tal manera que la carga se aplique a dos caras de las briquetas cúbicas previamente medidas.

e.6.- Luego se empieza a aplicar la carga a una rate conveniente hasta alcanzar el 50% de la máxima carga esperada. La rate de aplicación de la carga no debe ser menor de 1000 Lb por pulgada cuadrada ni mayor de 6000 lb por pulgada cuadrada por minuto.

f.- Cálculos.-

La resistencia a la compresión de los morteros es calculada me diante la siguiente fórmula:

$$R_c = P_t/A$$

En donde:

R_c = Resistencia a compresión en Kg/cm^2

Pt = carga total en Kg.

A = Area nominal de la sección en cm^2 .

Como resultado final debe indicarse la media aritmética de los resultados de todos los cubos y cilindros de ensayo aceptados, hechos de la misma muestra y ensayados a la misma edad, con una precisión de $0,1 \text{ kg/cm}^2$.

4.2.3. CONTENIDO DE AIRE EN LOS MORTEROS

Para este ensayo se prepara una mezcla de mortero que contiene 350 gr de cemento y 1400 gr de arena standard , y con la suficiente cantidad de agua para obtener un mortero de consistencia normal. La cantidad de agua debe anotarse y también el peso de 400 ml de mortero expresado en gramos.

El contenido de aire, expresado en porcentaje de volumen se calcula mediante la siguiente expresión:

$$100 - W \frac{182.7 + P}{2000 + 4P}$$

Donde:

W = peso de 400 ml de mortero en gr.

P = porcentaje del agua expresado sobre el porcentaje del cemento usado.

4.3. ADHERENCIA

La adherencia es la capacidad del mortero de absorber tensiones normales o tangenciales a la superficie de la interfase mortero-base. En principio es la principal cualidad que se exige a un mortero, ya que de ella depende la resistencia de los muros frente a sollicitaciones de cargas excéntricas, transversales o de pandeo; la estabilidad de los recubrimientos bajo tracciones internas o externas, y la perfecta unión de azulejos o losetas a sus bases respectivas.

Esta propiedad se da tanto en el mortero fresco como en el endurecido, aunque por distintas causas.

4.3.1. MORTERO FRESCO

La adherencia del mortero fresco es debida a las propiedades geológicas de la pasta de cemento o cal. Si se filtra una pasta pura de conglomerante, el líquido que pasa posee una baja tensión superficial, como se comprueba por comparación del ángulo que forma una gota de agua destilada y otra del filtrado con una superficie de cristal. Por esto el líquido de la pasta de cemento es capaz de mojar tanto la superficie de los áridos como las de los materiales de construcción a unir.

La tensión superficial disminuye con la riqueza en conglomerante del mortero, siendo mínima en la pasta pura, por lo que ésta pueda mojar superficies sobre las que el mortero no tiene ningún agarre.

La adherencia en fresco puede comprobarse aplicando el mortero

entre dos elementos a unir y separándolos luego al cabo de algunos minutos. Si el mortero permanece adherido a las dos superficies, existe buena adherencia. Si se desprende con facilidad y no deja señales en ambas bases la adherencia es mala.

En obra, esto es de mucho interés, pues permite juzgar la calidad de un mortero simplemente levantando un ladrillo colocado recientemente sobre él.

4.3.2. MORTERO ENDURECIDO

La adherencia del mortero endurecido depende, fundamentalmente, de la naturaleza de la superficie sobre la que se haya aplicado, de su porosidad y rugosidad, así como de la granulometría de la arena.

Cuando se coloca el mortero fresco sobre una superficie absorbente, parte de agua de amasado, que contiene en disolución o en estado coloidal los componentes del conglomerante, penetra por los poros y canales de la base. En el interior de ésta se producen fenómenos de precipitación, sean de los geles silíceos del cemento, sea del hidróxido cálcico de la cal; transcurrido un cierto tiempo se produce el fraguado, con lo que esos precipitados ejercen una acción de anclaje del mortero a la base, lográndose así la adherencia. Interesará, por tanto, que el mortero ceda fácilmente agua al soporte y que la succión se produzca de manera continua, sin que existan burbujas de aire que la corten.

La pérdida de agua puede llegar a rigidizar de manera excesiva

el mortero, dificultando la colocación de la siguiente hilada, la cual, a su vez, también ejerce succión sobre un mortero que apenas posee agua para ceder, dando como resultado una disminución de adherencia en la junta con el ladrillo superior. Por todo ello si la base fuera muy absorbente, conviene humedecer algo su superficie para evitar una rigidización excesiva del mortero.

4.4. DURABILIDAD.

Desde el mismo momento de la utilización de un mortero existe una serie de factores que tienden a destruirlo; retracción de secado, bajas temperaturas, penetración de agua lluvia, eflorescencias, agentes corrosivos externos, etc.

4.4.1. RETRACCION

Las pastas puras, sobre todo si poseen alta relación agua/conglomerante, retraen al perder agua en exceso de que están compuestas. Parte de esa retracción es parte de las reacciones químicas de hidratación de la pasta, pero el efecto principal se debe al secado. Si se amasan con arena, es decir si se confecciona un mortero, la arena actúa como esqueleto sólido que evita en parte los cambios volumétricos por secado y el peligro de agrietamiento subsiguiente.

Si el secado es lento, el mortero tiene tiempo de alcanzar su suficiente resistencia a la tracción como para soportar las tensiones internas que se forman. Pero cuando el tiempo es caluroso o con fuerte viento, que favorece la evaporación, la pérdida de agua origina grietas

de retracción, fácilmente apreciables en los recubrimientos, a los que se divide en porciones más o menos poligonales.



FORMACIONES DE GRIETAS

En general para evitar las grietas de retracción se recomienda el empleo de morteros con arena de buena granulometría, no excesivamente fina, evitándose el uso de áridos procedentes de productos expandidos o artificiales de alta succión. Los cementos deberán tener baja retracción de secado y bajas resistencias iniciales para que permanezca plástico y se adapte a los cambios volumétricos, y se recomienda el uso de aditivos plastificantes que reduzcan el agua de amasado y retengan la humedad. Para disminuir la velocidad de evaporación se aconseja cubrir los recubrimientos recientes con telas de plástico o regar frecuentemente agua.

En casos especiales se pueden aplicar pinturas que retrasen la evaporación, pero siempre en las capas finales, porque en las intermedias disminuye la adherencia.

Si la tracción de secados es muy lenta, incluso supera el valor de la adherencia del mortero, y los bordes de las fisuras se levantan y

abarquillan. Parece ser que estos riesgos aumentan con el espesor del re cubrimiento, así como con la riqueza en conglomerante del mortero. Por ello cuando se realiza un recubrimiento por capas debe protegerse cada una de ellas de la evaporación excesiva, y no aplicar una segunda capa si la primera todavía no ha desarrollado toda su retracción.

4.4.2. PENETRACION DE HUMEDAD

Cuando un muro, recubierto o no, está sometido a lluvia prolongada o se encuentra en una zona de alta condensación de humedad, el agua tiende a penetrar por capilaridad a su través, ayudada por la diferencia de presión que produce el viento, si lo hay. La penetración depen de de la capacidad de succión de los elementos constructivos, de la permeabilidad del mortero y de la interfase mortero-ladrillo.

En obras de ladrillo muy absorbentes y donde no existen grietas, el agua iniciará la entrada a través del ladrillo, con tendencia a acumularse en las juntas, debido a la mayor impermeabilidad del mortero. Si el lecho de éste posee canales, debido a que el ladrillo no está bién asen tado, el agua circulará por ellos y formará depósitos. Pero si existen - grietas o fisuras, lógicamente el agua penetrará mucho más fácilmente por ellas. Habrá que vigilar, por tanto, la adherencia y la retracción, que condicionan la impermeabilidad de la junta.

En el caso de muros recubiertos y agrietados el agua penetra en estado líquido por las fisuras, pero al secarse el muro por efectos del sol el agua evaporada tiene dificultad para salir por las zonas no fisura das, impermeables. Por lo tanto, el muro permanece húmedo por largos pe-

ríodos de tiempo, con las consiguientes mermas de resistencia y peligros de mohos, eflorescencias y manchas en el interior.

Para mejorar la impermeabilidad de la obra existen dos factores sobre los que se centra la atención: el incremento de densidad para recubrimientos, y la interfase mortero-base para morteros de junta.

En las recomendaciones del Instituto Eduardo Torroja, se especifican las causas de producción de grietas y se dan consejos para evitar la penetración de lluvia: perfecto llenado de las juntas en los muros de ladrillos; enfoscado de las caras internas de dobles muros; juntas a cordón en muros de bloques; evitar los realineamientos posteriores al cierre y llagueado cóncavo que cierre la entrada a las posibles grietas mortero-ladrillo.

Cuando se precisa una impermeabilización perfecta existen pinturas e impregnaciones protectoras, así como aditivos hidrófugos, que repelen la humedad.

4.4.5. EFLORESCENCIAS.

Las eflorescencias son manchas exteriores o abombamientos interiores superficiales de los revestimientos o muros, debido a sales solubles que, arrastrados por el agua de amasado o de lluvia, precipitan al evaporarse ésta. Si el precipitado es en el exterior en forma de mancha, se llama eflorescencia normal, y si se produce cuando la red capilar está bien desarrollada y hay agua suficiente para arrastrar las sales, o bien la evaporación es moderada. Pero cuando la red es escasa, hay poca

agua disponible o la evaporación es muy intensa, las sales se precipitan a cierta distancia de la superficie, en depósitos que presionan la capa exterior y producen abombamientos, llamados criptoflorescencias. Las eflorescencias pueden ser debidas a cualquier sal soluble, pero las más frecuentes son las producidas por sulfatos, nitratos y cloruros. Como las eflorescencias están íntimamente relacionados con la penetración de humedad, los consejos dados para aquella son válidos.

4.4.6. ATAQUE POR AGENTES EXTERNOS

El mortero puede ser atacado por productos sólidos, líquidos y gaseosos.

Entre los sólidos puede realizarse un ataque puramente mecánico, por ejemplo, por abrasión debida al polvo arrastrado por el viento, roces con muebles, etc. Para evitarlo se protege la superficie del mortero con endurecedores, del tipo de los fluosilicatos de zinc y aluminio, impregnaciones con resinas, etc. Pero el ataque más peligroso es el químico producido por suelos húmicos susceptibles de liberar sales solubles capaces de dar eflorescencias, o suelos yesosos, que puedan disgregarse al mortero por su carácter ácido.

Los líquidos agresivos pueden serlo por sí mismos o por las sales que llevan disueltas. Se citan los susceptibles a dar eflorescencias o productos expansivos con el mortero.

Los líquidos agresivos por sí mismo son:

a) Aquellos que poseen carácter ácido, y atacan al mortero porque éste posee carácter básico, de PH aproximadamente igual a 11, e incluso superior a los bastardos.

b) Agua muy puras que disuelven las sales del mortero.

c) Grasas vegetales alimenticias y aceites minerales, prevonientes de la combustión incompleta de los carburantes.

d) Agua con materia orgánica en descomposición.

Entre los gases corrosivos para el mortero, los más corrientes son:

SO_2 , proviene de la combustión de carburantes industriales y domésticos que contengan azufre, escapes de plantas industriales de tostación de piritas, etc.

CO_2 , existe en la atmósfera como producto final de toda combustión de productos carbonados. Por su carácter ácido ataca por carbonatación al mortero. Sin embargo es de interés su reacción con la cal, base de endurecimiento de ésta.

NH_3 , proviene de la descomposición de la urea, de usos industriales, abonos, etc. Produce la disgregación del mortero por su carácter básico, ya que sustituye al calcio en los productos de hidratación del cemento y da silicatos, solubles, fácilmente arrastrados por las aguas lluvias.

4.4.7. CHOQUE TERMICO

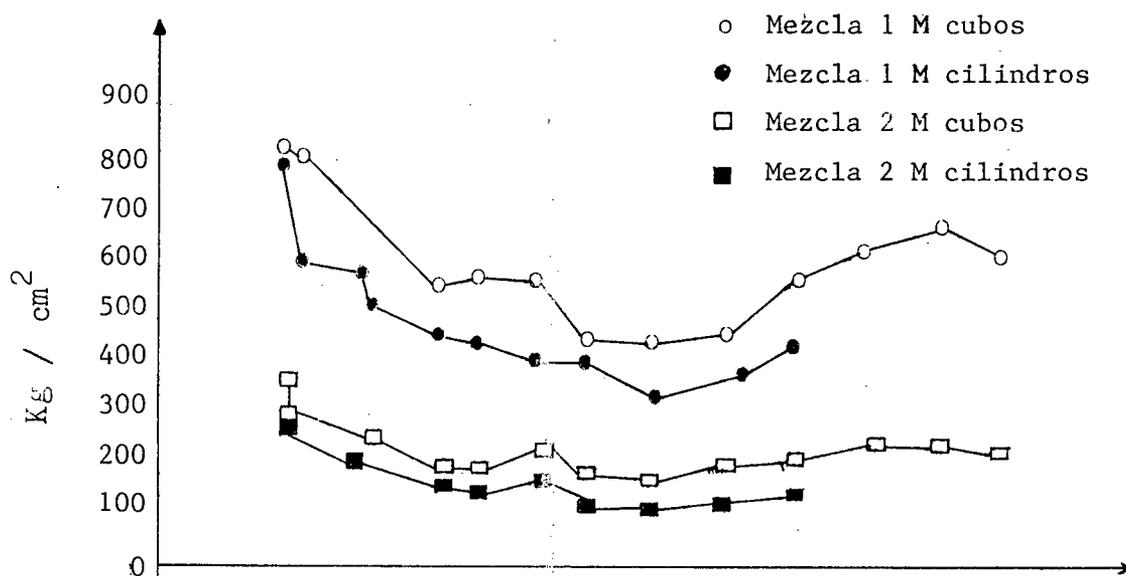
Un mortero está sometido a las altas temperaturas desarrolladas en un incendio, sufre una serie de cambios que afectan a su resistencia mecánica. En general, a temperaturas superiores a 250°C las propiedades resistentes del mortero sufren una caída irreversible, quedando también afectado el color de éste.

En zonas permanentemente expuestas a altas temperaturas se recomienda el uso de morteros aislantes. Para ello son útiles los áridos expandidos, por su baja conductividad térmica, y el empleo de aireantes.

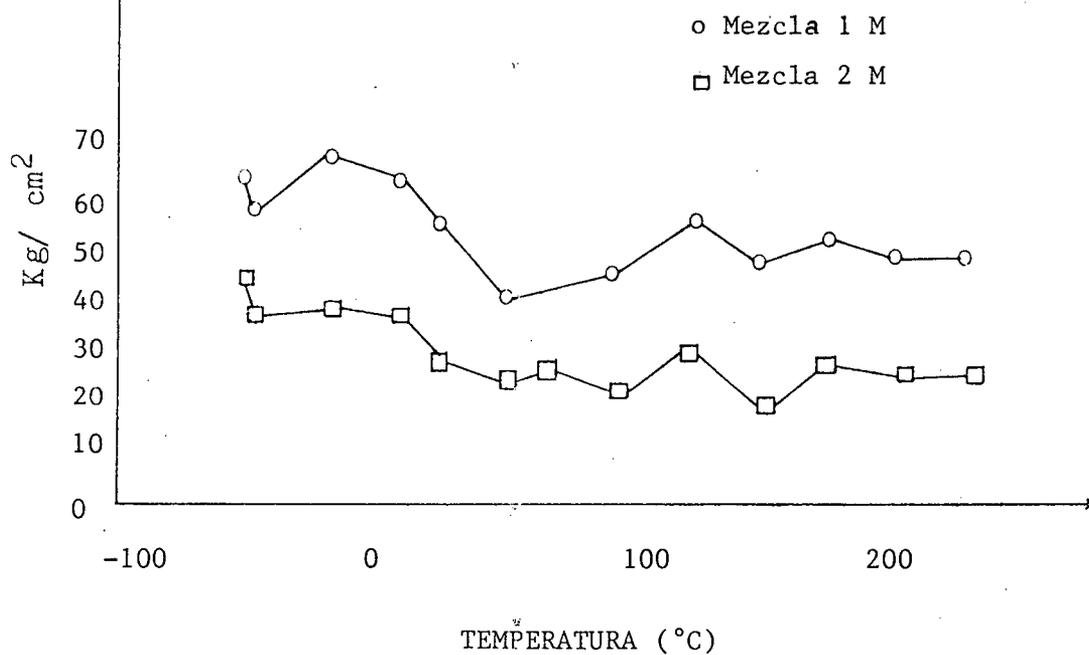
El uso de arenas calizas también aumenta el poder aislante, sobre todo hasta los 500°C, porque el calor absorbido por el recubrimiento se emplea en descomponer el carbonato de calcio.

En la figura siguiente se observa la variación de resistencias a tracción y compresión para morteros de cemento desde -50°C hasta 230°C.

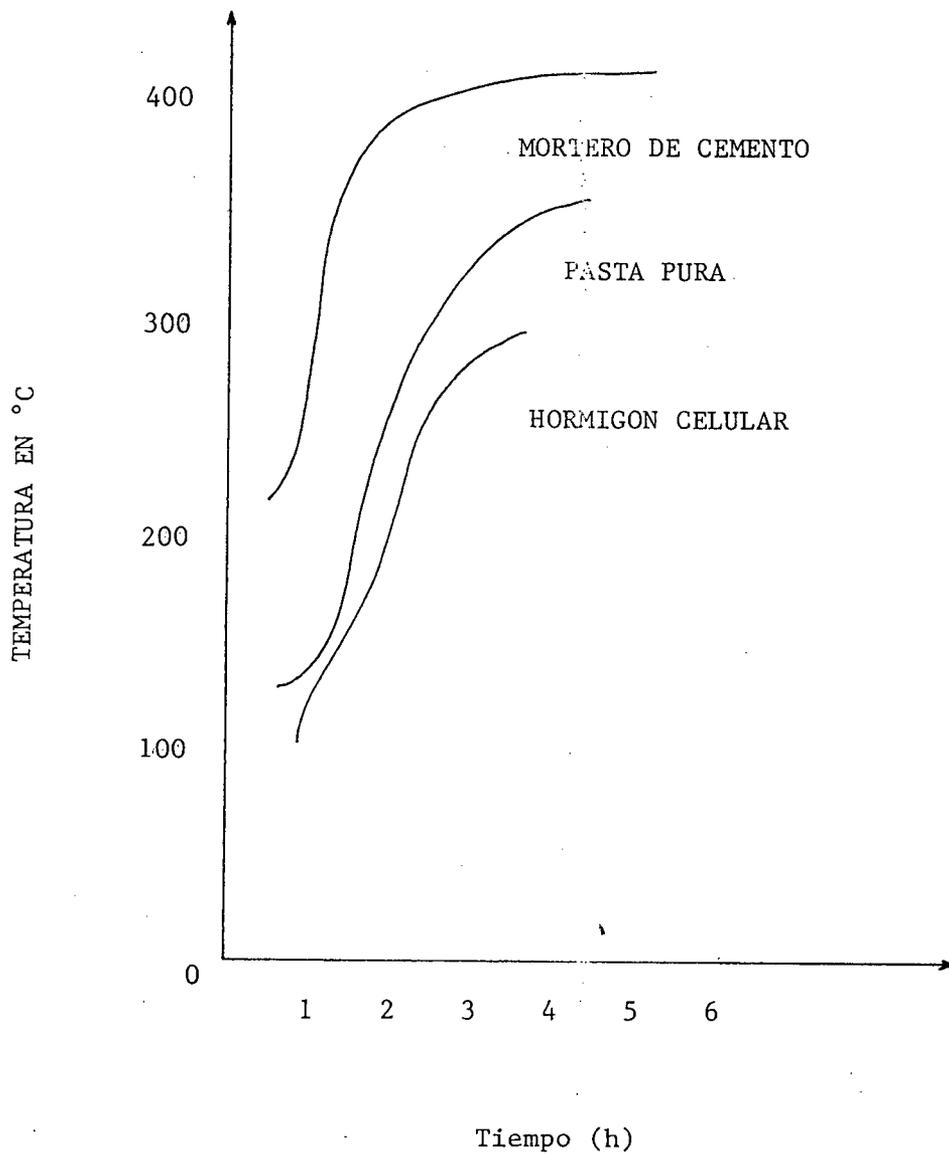
RESISTENCIA A COMPRESION



RESISTENCIA A FLEXOTRACCION



Variación de las resistencias mecánicas con la temperatura



CONDUCTIVIDAD TERMICA DE RECUBRIMIENTOS DE DISTINTOS ESPESORES
CON UNA CAPA EXPUESTA AL CHOQUE TERMICO

4.5. PASTAS DE CAL.

Para obtener una pasta de cal, se coloca cal apagada con la adición de unas tres veces su propio peso de agua, formándose una pasta finísima, completamente blanca, que se presenta casi untuosa al tacto.

En general, 100 Kg de cal viva dan de 0,200 a 0,250 m³ de cal en pasta; el volumen alcanzado, que aumenta con el grado de fuerza de la cal puede llegar a ser tres veces y media el primitivo. La pasta de cal no se endurece nunca cuando se la priva del contacto con el aire o se encuentra en ambientes húmedos. Puede endurecerse en el aire sólo por desecación o por absorción lenta del anhídrido carbónico; en este caso no se adhiere a los materiales con que está en contacto, se deshace fácilmente entre los dedos, en el agua se disuelve y desaparece en poco tiempo sin ningún resultado.

El uso de la pasta de cal debe reservarse únicamente para revoques y enlucidos de interiores bien resguardados; y en este caso es menester que el apagamiento y formación de la pasta se haga lo menos con tres meses de anticipación, con la finalidad de impedir que se desarrollen después sopladuras procedentes de las partículas imperfectamente apagadas.

Para la obtención de pastas de cal se coloca: la cal apagada más agua en depósito de mampostería o madera. Un método más sencillo es hacer huecos en la tierra y poner la cal más agua, luego se recubre todo con arena, tiene la ventaja de que cualquier residuo de agua baja.

La conservación de las pastas se la hace en los depósitos revestidos de arena.

4.6. PASTAS DE CEMENTO.

La pasta de cemento es una mezcla compuesta exclusivamente de cemento y agua.

La obtención de pastas de cemento de consistencia plástica puede hacerse mediante un procedimiento manual y mecánico.

4.6.1. PROCEDIMIENTO MANUAL

4.6.1.a. Tomar la cantidad de cemento y colocarla sobre una superficie plana no absorbente. Formar un cráter y verter la cantidad de agua, cuidando que no salpique fuera.

4.6.1.b. A continuación y por medio de un palustre, mezclar el cemento con el agua por un espacio de 30 segundos.

4.6.1.c. Luego, con las manos debidamente protegidas con guantes de caucho, comprimir y compactar la mezcla por espacio de un minuto y medio.

4.6.1.d. Formar una bola con la pasta húmeda y arrojarla seis veces de una mano a la otra, las manos estarán separadas de 15 a 20 centímetros. Todo el proceso descrito en 4.6.1.c. y en este numeral durarán 1½ minutos.

4.6.2. PROCEDIMIENTO MECANICO

4.6.2.a. Colocar la paleta mezcladora y el recipiente en

posición de trabajo, cuidando de que se encuentren secos y limpios.

4.6.2.b. Verter el agua en el recipiente.

4.6.2.c. Agregar el cemento y esperar 30 segundos.

4.6.2.d. Mezclar mecánicamente durante 30 segundos a una velocidad lenta de 140 vueltas por minuto.

4.6.2.e. Detener la paleta y limpiar rápidamente las paredes del recipiente con una espátula.

4.6.2.f. Mezclar mecánicamente a una velocidad rápida de 285 vueltas por minuto.

Para la obtención de las pastas de cemento el ambiente de laboratorio debe mantenerse a $23 \pm 3^{\circ}\text{C}$ y la humedad relativa del mismo no debe ser menor del 50 %.

El agua de amasado debe tener una temperatura de $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$. Las cantidades y proporciones de los materiales deben cumplir con los requisitos establecidos en el método de ensayo para el cual se prepara la pasta. Este método consiste en amasar correctamente utilizando la mezcladora y en un determinado período de tiempo, el agua y el cemento para obtener la pasta.

4.7. PASTAS DE CAL Y CEMENTO.

Resultan de la adición de las pastas descritas anteriormente, para obtener una consistencia plástica deberá considerarse las cantidades de material a utilizarse y encontrar la mejor dosificación.

4.8. USO DE ADITIVOS EN LOS MORTEROS

Los aditivos no son aglomerantes, sino ciertos productos que, integrados en los morteros les confieren cualidades particulares como: regularizar el fraguado, mejorar la consistencia, protegerlos contra las heladas, etc.

En general, es preciso que las cantidades que se adicionen no pasen del tres por ciento (3%) del peso del cemento, antes de utilizar un conglomerado con aditivos deben realizarse pruebas, a fin de asegurarse.

4.8.1. CLASIFICACION DE LOS ADITIVOS

4.8.1.a. Aceleradores del Fraguado y Endurecimiento.

Están concebidos para ofrecer a los usuarios productos que aumenten la rapidez del fraguado y del endurecimiento. Permiten la realización de trabajos urgentes sin dejar de ofrecer una resistencia mecánica normal. Es preciso no olvidar que el calor acelera el proceso de fraguado y endurecimiento mientras que el frío lo retarda; ciertos productos tales como el cloruro de calcio pueden actuar como aceleradores de fraguado, pero con el grave defecto de aumentar considerablemente la

retracción. Los aceleradores del fraguado aumentan la resistencia inicial, mientras que la final sigue siendo la misma.

4.8.1.b. Retardadores de Fraguado.

Han sido puestos, para ofrecer a los constructores la posibilidad de realizar obras monolíticas, a pesar de las interrupciones indispensables. Ciertos productos como el azúcar, incorporados al agua de amasado, puede obrar como retardador del fraguado. Sin embargo, para obtener resultados favorables conviene adoptar productos que bien dosificados en función de la cantidad de cemento incorporada, permitan aumentar con precisión el tiempo de fraguado sin alterar las resistencias mecánicas de los morteros.

4.8.1.c. Plastificantes.

Son aditivos destinados a hacer más dóciles las mezclas, más trabajables. Tales productos permiten, pues, obtener cierta fluidez mejorando la resistencia mecánica del producto acabado. Estos productos son usados especialmente en hormigones secos.

4.8.1.d. Hidrófugos.

Son aditivos para realizar la impermeabilización de los morteros. Estos productos crean mecánica o químicamente la impermeabilidad de la masa (siempre que ésta no se halle agrietada).

4.8.1.e. Aireantes.

Tienen por objeto modificar más o menos intensamente la distribución de los poros y de los huecos del mortero. El efecto provocado por esos productos es interrumpir los conductos capilares - del interior de la masa de mortero por medio de burbujas de aire. La incorporación de esos productos provoca un aumento de la resistencia a las heladas sin aumentar la retracción.

4.8.1.f. Anticongelantes.

Estos aditivos ofrecen la posibilidad de efectuar trabajos en tiempos de heladas. Hay cierto número de productos tales como la sal común y la sal amoníaca que permiten rebajar la temperatura de congelación de los morteros.

Sin embargo, no es recomendable su empleo, porque, por ejemplo, atacan a las armaduras.

RESUMEN DE LOS ADITIVOS

ADITIVOS	PRODUCTOS DE MARCAS QUE OFRECEN GARANTIAS
Plastificantes	Plastiment Plastocréte Toxement Cerygel Sika Barraplast
Hidrófugos	Sika Plastocréte Superbarra Aquasita Biber
Retardadores de Fraguado	Seveplast Barralent Retardador Sika
Aceleradores de Fraguado y Endurecimiento	Sika-Pronto Barra Vit Barra Rápido Friodur
Anticongelantes	Antifriego Barra Frost Friolite-OC Sika-Antigel
Aireantes	Cerygel Fro-B Proplast Barrapor Sika - Aer y Frioplast

OBSERVACION: Los plastificantes son generalmente defloculantes, es decir, agentes que actúan en la dispersión de los granos de cemento en el agua de amasado.

4.9. CALCULOS Y RESULTADOS

Los morteros diseñados se han elaborado según normas INEN 488 con los siguientes materiales: Cemento Rocafuerte, Cal Apagada de Loja y Cal de Alto Horno de Asoguez; en diferentes dosificaciones, utilizando arena fina según especificaciones dadas en normas INEN 872.

Las probetas confeccionadas tanto para Tracción como para Compresión han sido ensayadas a diferentes edades bajo las siguientes identificaciones:

4.9.1. CEMENTO ROCAFUERTE

Morteros Diseñados en Peso

Ensayo	Dosificación	Identificación	Tiempo/Ensayo	Observación
Tracción	1:3 a 1:10	I a VIII	28 días	-----
Compresión	1:3 a 1:10	1 a 8; 1' a 8	7-28 días	Cubic.
Compresión	1:3 a 1:10	1A a 8A; 1A' a 8A'	7-28 días	Cilind.

4.9.2. CAL APAGADA DE LOJA

Morteros Diseñados en Peso.

Tracción	1:2 a 1:4	IB a IIIB	2 meses	-----
Compresión	1:2 a 1:4	1B a 3B	2 meses	Cubic.
Compresión	1:2 a 1:4	1B' a 3B'	2 meses	Cilind.

Morteros Diseñados en Volumen

Tracción	1:2 a 1:4	IB' a IIIB'	2 meses	-----
Compresión	1:2 a 1:4	1B' a 3B'	2 meses	Cubic.
Compresión	1:2 a 1:4	1B'' a 3B''	2 meses	Cilind.

4.9.3. CAL DE ALTO HORNO. ASOGUEZ

Morteros Diseñados en Peso.

Tracción	1:2 a 1:4	IC a IIIC	2 meses	-----
Compresión	1:2 a 1:4	1C a 3C	2 meses	Cubic.
Compresión	1:2 a 1:4	1C' a 3C'	2 meses	Cilind.

Morteros Diseñados en Volumen.

Tracción	1:2 a 1:4	IC' a IIIC'	2 meses	-----
Compresión	1:2 a 1:4	1C' a 3C'	2 meses	Cubic.
Compresión	1:2 a 1:4	1C'' a 3C''	2 meses	Cilind.

4.9.3. MORTEROS BASTARDOS. CAL APAGADA DE LOJA

Morteros Diseñados en Peso.

Tracción	1:1:4 a 1:1:8	ID a IIID	28 días	-----
	1:2:6 a 1:2:10	IVD a VI D	28 días	-----
Compresión	1:1:4 a 1:1:8	ID a 3D	28 días	Cubic.
	1:2:6 a 1:2:10	4D a 6D	28 días	Cubic.
Compresión	1:1:4 a 1:1:8	1D' a 3D'	28 días	Cilind.
	1:2:6 a 1:2:10	4D' a 6D'	28 días	Cilind.

4.9.5. MORTEROS BASTARDOS. CAL DE ASOGUEZ

Morteros Diseñados en Peso

Tracción	1:1:4 a 1:1:8	IE a IIIIE	28 días	-----
	1:2:6 a 1:2:10	IVE a VI E	28 días	-----
Compresión	1:1:4 a 1:1:8	1E a 3E	28 días	Cubic.
	1:2:6 a 1:2:10	4E a 6E	28 días	Cubic.
Compresión	1:1:4 a 1:1:8	1E' a 3E'	28 días	Cilind.
	1:2:6 a 1:2:10	4E' a 6E'	28 días	Cilind.

En las siguientes páginas se muestra el diseño y la resistencia al calznada por cada tipo de mortero.

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES
MORTEROS DE CEMENTO ROCAFUERTE

Tipos		I,1, 1', 1A, 1A'		
Dosificación		1 : 3		
Material	Cemento	Arena	Agua	
Dosif. Peso (gr)	2262,50	6787,50	908,40	
Dosifc. Unitaria	1	3	0,4	
Dosif. por M ³	553,56	1660,68	221,42	
Dosif. por saco (Kg)	50	150	20	
Dosif. en Volum. (Lt)	542,70	1012,61	221,42	
Dosif. Unitaria	1	1,86	0,41	
# de sacos/m ³	11			
# de Parihuelas	3 de 31,23 cm por lado			

RESISTENCIA A TRACCION

Edad	28 días					
Fecha de moldeo	16 de enero					
Fecha de rotura	13 de febrero					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Carga (Kg)	125,30*	156,00	140,60	143,60	137,70	146,50
Carga Media (Kg)	144,88					
Area (Cm ²)	6,502					
Resist. Tracc.	22,28 Kg/cm ²					

OBSERVACION: En la dosificación por M³, el cemento y arena están dadas en Kg y el agua en Lt.

RESISTENCIA A COMPRESION

PROBETAS CUBICAS

Edad	7 días					
Fecha de moldeo	15 de enero					
Fecha de rotura	22 de enero					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Carga (Kg)	1549,10	1516,90	1653,10	1472,20	1640,70	1711,
Carga Media (Kg)	1590,50					
Area (cm ²)	25					
Resist.Compres.	63,62 Kg/cm ²					
Edad	28 días					
Fecha de moldeo	16 de enero					
Fecha de rotura	13 de febrero					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Carga (Kg)	4284,3	4129,7	3907,1	3954,7	4092,4	4512,1
Carga Media (Kg)	4146,72					
Area (cm ²)	25					
Resist.Compres.	165,87 Kg/cm ²					

PROBETAS CILINDRICAS

Edad	7 días					
Fecha de moldeo	15 de enero					
Fecha de rotura	22 de enero					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Carga (Kg)	1242,2	1094,8*	1497,9	1388,7	1471,5	1236,4
Carga Media (Kg)	1367,34					
Area (cm ²)	19,635					
Resist.Compres.	69,64 Kg/cm ²					
Edad	28 días					
Fecha de moldeo	16 de enero					
Fecha de rotura	16 de febrero					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Carga (Kg)	1938,8	1691,2*	1823,1	2056,0	2364,5*	2177,6
Carga Media (Kg)	1998,87					
Area (cm ²)	19,635					
Resist.Compres.	101,80 Kg/cm ²					

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES
MORTEROS DE CEMENTO ROCAFUERTE

Tipos		II, 2, 2', 2A, 2A'		
Dosificación		1:4		
Material	Cemento	Agua	Agua	
Dosif. Peso (gr)	1810,0	7240,0	908,4	
Dosif. Unitaria	1	4	0,5	
Dosif. por M ³	440,63	1762,53	220,31	
Dosif. por saco (Kg)	50	200	25	
Dosif. en Volum. (Lt)	431,99	1074,71	220,31	
Dosif. Unitaria	1	2,49	0,51	
# sacos por M ³	8,8			
# de parihuelas	4 de 31,23 cm por lado.			

RESISTENCIA A TRACCION

Edad	28 días					
Fecha de moldeo	21 de enero					
Fecha de rotura	17 de febrero					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Carga (Kg)	115,7	104,7	96,0	91,6	109,9	114,3
Carga Media (Kg)	105,37					
Area (cm ²)	6,502					
Resist.Tracc.	16,21 Kg/cm ²					

RESISTENCIA A COMPRESION

PROBETAS CUBICAS

Edad	7 días					
Fecha de moldeo	19 de enero					
Fecha de rotura	26 de enero					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Carga (Kg)	1122,8	936,0	972,7	1171,2	1026,9	1064,4
Carga Media (Kg)	1049,83					
Area (cm ²)	25					
Resist.Compres.	41,99 Kg/cm ²					
Edad	28 días					
Fecha de moldeo	20 de enero					
Fecha de rotura	17 de febrero					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Carga (Kg)	1815,0	2123,5*	1777,0	1817,3	1757,2	1783,5
Carga Media (Kg)	1799,0					
Area (cm ²)	25					
Resist.Compres.	71,60 Kg/cm ²					

PROBETAS CILINDRICAS

Edad	7 días					
Fecha de moldeo	19 de enero					
Fecha de rotura	26 de enero					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Carga (Kg)	825,3	871,6	944,1	780,0	892,8	1054,7*
Carga Media (Kg)	862,76					
Area (cm ²)	19,635					
Resist.Compres.	43,94 Kg/cm ²					
Edad	28 días					
Fecha de moldeo	20 de enero					
Fecha de rotura	17 de febrero					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Carga (Kg)	1367,5	1177,0	1266,4	1120,6	1414,4	1508,9*
Carga Media (Kg)	1269,18					
Area (cm ²)	19,635					
Resist.Compres.	64,64 Kg/cm ²					



LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

MORTEROS DE CEMENTO ROCAFUERTE

Tipo	III, 3, 3', 3A, 3A'		
Dosificación	1:5		
Material	Cemento	Arena	Agua
Dosif. Peso (gr)	1508,3	7141,6	908,4
Dosif. Unitaria	1	5	0,6
Dosif. por M ³	365,97	1829,86	219,58
Dosif. por saco (Kg)	50	250	30
Dosif. en Volum (Lt)	358,79	1115,77	219,58
Dosif. Unitaria	1	3,11	0,61
# sacos/M ³	7,32		
# de parihuelas	5 de 31,23 cm por lado		

RESISTENCIA A TRACCION

Edad	28 días					
Fecha de moldeo	22 de enero					
Fecha de rotura	19 de febrero					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Carga (Kg)	74,7	68,9	63,0*	75,4	80,6	85,7
Carga Media (Kg)	77,06					
Area (cm ²)	6,502					
Resist. Tracc.	11,85 Kg/cm ²					

RESISTENCIA A COMPRESION

PROBETAS CUBICAS

Edad	7 días					
Fecha de moldeo	21 de enero					
Fecha de rotura	28 de enero					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Carga (Kg)	660,6	667,2	824,0	672,3	879,6*	870,2
Carga Media (Kg)	738,86					
Area (cm ²)	25					
Resist. Compres.	29,55 Kg/cm ²					
Edad	28 días					
Fecha de moldeo	22 de enero					
Fecha de rotura	19 de febrero					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Carga (Kg)	1549,9	1535,2	1432,0	1605,5	1575,5	1458,3
Carga Media	1526,07					
Area (cm ²)	25					
Resist. Compres.	61,04 Kg/cm ²					

PROBETAS CILINDRICAS

Edad	7 días					
Fecha de moldeo	21 de enero					
Fecha de rotura	28 de enero					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (Kg)	498,7	445,3	399,8	379,3	495,8	429,9
Carga Media (Kg)	441,47					
Area	19,635					
Resist. Compo.	22,49 Kg/cm ²					
Edad	28 días					
Fecha de moldeo	22 de enero					
Fecha de rotura	19 de febrero					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (Kg)	964,6	1024,0	1002,0	1317,0*	1029,8	1149,2
Carga Media (Kg)	1033,92					
Area (cm ²)	19,635					
Resist. Compres.	52,66 Kg/cm ²					

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

MORTEROS DE CEMENTO ROCAFUERTE

Tipos		IV, 4, 4', 4A, 4A'		
Dosificación		1: 6		
Material	Cemento	Arena	Agua	
Dosif. Peso (gr)	1292,8	7757,1	908,4	
Dosif. Unitaria	1'	6	0,7	
Dosif. por M ³	312,95	1877,69	219,06	
Dosif. por saco (kg)	50	300	35	
Dosif. en Volum. (Lt)	306,81	1144,93	219,06	
Dosif. Unitaria	1	3,37	0,71	
# de sacos/M ³	6,26			
# de parihuelas	6 de 31,23 cm por lado			

RESISTENCIA A TRACCION

Edad	28 días					
Fecha de moldeo	26 de enero					
Fecha de rotura	23 de febrero					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Carga (Kg)	61,5	59,7	63,0	61,5	52,7	54,9
Carga Media (Kg)	58,88					
Area (cm ²)	6,502					
Resist. Tracc.	9,06 Kg/cm ²					

RESISTENCIA A COMPRESION

PROBETAS CUBICAS

Edad	7 días					
Fecha de moldeo	23 de enero					
Fecha de rotura	30 de enero					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Carga (Kg)	632,0	641,6	764,6	747,8	806,4*	607,9
Carga Media (Kg)	678,78					
Area (cm ²)	25					
Resist. Compres.	27,15 Kg/cm ²					
Edad	28 días					
Fecha de moldeo	26 de enero					
Fecha de rotura	23 de febrero					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (Kg)	955,8	898,7	908,9	968,3	723,6*	935,3
Carga Media (Kg)	933,4					
Area (cm ²)	25					
Resist. Compres.	37,34 Kg/cm ²					

PROBETAS CILINDRICAS

Edad	7 días					
Fecha de moldeo	23 de enero					
Fecha de rotura	30 de enero					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (Kg)	366,1	362,6	292,6*	325,9	433,5*	299,2
Carga Media (Kg)	338,45					
Area (cm ²)	19,635					
Resist. Compres.	17,24 Kg/cm ²					
Edad	28 días					
Fecha de moldeo	26 de enero					
Fecha de rotura	23 de febrero					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (Kg)	983,6	775,6	914,8	960,9	880,4	912,6
Carga Media (Kg)	904,65					
Area (cm ²)	19,635					
Resist. Compres.	46,07 Kg/cm ²					

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

MORTEROS DE CEMENTO ROCAFUERTE

Tipos		V, 5, 5', 5A, 5A'		
Dosificación		1 : 7		
Material	Cemento	Arena	Agua	
Dosif. Peso (gr)	1131,2	7918,7	908,4	
Dosif. Unitaria	1	7	0,8	
Dosif. por M ³	273,34	1913,41	218,67	
Dosif. por saco (Kg)	50	350	40	
Dosif. en Volum. (1t)	267,98	1166,71	218,67	
Dosif. Unitaria	1	4,35	0,81	
# sacos/M ³	5,47			
# de parihuelas	7 de 31,23 cm por lado			

RESISTENCIA A TRACCION

Edad	28 días					
Fecha de moldeo	2 de febrero					
Fecha de rotura	2 de marzo					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Carga (Kg)	55,7	46,1	53,5	53,5	46,4	53,6
Carga Media (kg)	51,47					
Area (cm ²)	6,502					
Resist. Tracc.	7,92 Kg/cm ²					

RESISTENCIA A COMPRESION

PROBETAS CUBICAS

Edad	7 días					
Fecha de moldeo	27 de enero					
Fecha de rotura	2 de febrero					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (Kg)	429,3	422,3	422,5	428,4	415,2	421,1
Carga Media (kg)	423,13					
Area (cm ²)	25					
Resist.Compres.	16,92 Kg/cm ²					
Edad	28 días					
Fecha de moldeo	2 de febrero					
Fecha de rotura	2 de marzo					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (Kg)	918,0	910,4	902,3	914,1	914,1	911,9
Carga Media (kg)	911,8					
Area (cm ²)	25					
Resist.Compres.	36,47 kg/cm ²					

PROBETAS CILINDRICAS

Edad	7 días					
Fecha de moldeo	27 de enero					
Fecha de rotura	2 de febrero					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	289,2	303,2	316,3	251,9	311,2	290
Carga Media (kg)	293,63					
Area (cm ²)	19,635					
Resist.Compres.	14,95 Kg/cm ²					
Edad	28 días					
Fecha de moldeo	2 de febrero					
Fecha de rotura	2 de marzo					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	637,9	556,6*	724,3	727,3	726,5	591,7
Carga Media (kg)	681,54					
Area (cm ²)	19,635					
Resist.Compres.	34,71 Kg/cm ²					

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

MORTEROS DE CEMENTO ROCAFUERTE

Tipos		VI, 6, 6', 6A, 6A'		
Dosificación		1 : 8		
Material	Cemento	Arena	Agua	
Dosif. Peso (gr)	1010,6	8044,4	908,4	
Dosif. Unitaria	1	8	0,9	
Dosif. por M ³	242,64	1941,1	218,38	
Dosif. por saco (kg)	50	400	45	
Dosif. en volum. (Lt)	237,88	909,21	218,38	
Dosif. Unitaria	1	3,82	0,91	
# sacos / M ³	4,85			
# de parihuelas	8 de 31,23 cm por lado			

RESISTENCIA A TRACCION

Edad	28 días					
Fecha de moldeo	3 de febrero					
Fecha de rotura	3 de marzo					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Carga (kg)	49,1	49,8	49,8	53,1	53,1	48,2
Carga Media (kg)	49,92					
Area (cm ²)	6,502					
Resist. tracc.	7,68 Kg/cm ²					

RESISTENCIA A COMPRESION

PROBETAS CUBICAS

Edad	7 días					
Fecha de moldeo	28 de enero					
Fecha de rotura	3 de febrero					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	366,1	421,1	437,9	431,3	399,3	400,9
Carga Media (kg)	410,6					
Area (cm ²)	25					
Resist.Compres.	16,42 Kg/cm ²					
Edad	28 días					
Fecha de moldeo	3 de febrero					
Fecha de rotura	3 de marzo					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	867,2	865,7	854,1	807,8	856,9	868,3
Carga Media (kg)	853,33					
Area (cm ²)	25					
Resist.Compres.	34,13 Kg/cm ²					

PROBETAS CILINDRICAS

Edad	7 días					
Fecha de moldeo	28 de enero					
Fecha de rotura	3 de febrero					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	252,1	249,9	243,1	244,3	246,7	242,8
Carga Media (kg)	246,48					
Area (cm ²)	19,635					
Resist.Compres.	12,55 Kg/cm ²					
Edad	28 días					
Fecha de moldeo	3 de febrero					
Fecha de rotura	3 de marzo					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	576,4	595,4	539,0	782,9*	631,3	517,8
Carga Media (kg)	571,98					
Area (cm ²)	19,635					
Resist.Compres.	29,13 Kg/cm ²					

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

MORTEROS DE CEMENTO ROCAFUERTE

Tipos		VII, 7, 7', 7A, 7A'		
Dosificación		1 : 9		
Material	Cemento	Arena	Agua	
Dosif. Peso (gr)	905,0	8145,0	908,4	
Dosif. Unitaria	1	9	1	
Dosif. por M ³	218,13	1963,2	218,13	
Dosif. por saco (kg)	50	450	50	
Dosif. en volum. (lt)	213,85	1197,1	218,13	
Dosif. Unitaria	1	5,6	1,02	
# de sacos/M ³	4,36			
# de parihuelas	9 de 31,23 cm por lado			

RESISTENCIA A TRACCION

Edad	28 días					
Fecha de moldeo	4 de febrero					
Fecha de rotura	4 de marzo					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Carga (kg)	33,9	34,4	37,4	38,1	34,3	37,8
Carga Media	35,98					
Area (cm ²)	6,502					
Resist.Tracc.	5,53 Kg/cm ²					

RESISTENCIA A COMPRESION

PROBETAS CUBICAS

Edad	7 días					
Fecha de moldeo	29 de enero					
Fecha de rotura	4 de febrero					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	361,0	356,6	370,5	346,4	349,3	336,8
Carga Media (kg)	353,43					
Area (cm ²)	25					
Resist. Compres.	14,14 Kg/cm ²					
Edad	28 días					
Fecha de moldeo	4 de febrero					
Fecha de rotura	4 de marzo					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas	744,8	763,9	815,4	801,1	799,8	660,6
Carga Media (kg)	764,27					
Area (cm ²)	25					
Resist. Compres.	30,57 Kg/cm ²					

PROBETAS CILINDRICAS

Edad	7 días					
Fecha de moldeo	29 de enero					
Fecha de rotura	4 de febrero					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	272,4	246,8	213,8	219,6	245,3	241,6
Carga Media (kg)	239,92					
Area (cm ²)	19,635					
Resist. Compres.	12,22 kg/cm ²					
Edad	28 días					
Fecha de moldeo	4 de febrero					
Fecha de rotura	4 de marzo					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	513,4	567,6	489,9	515,6	547,8	596,2
Carga Media (kg)	538,42					
Area (cm ²)	19,635					
Resist. Compres.	27,42 Kg/cm ²					

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

MORTEROS DE CEMENTO ROCAFUERTE

Tipos		VIII, 8, 8', 8A, 8A'		
Dosificación		1 : 10		
Material	Cemento	Arena	Agua	
Dosificación Peso (gr)	822,7	8227,3	908,4	
Dosificac. Unitaria	1	10	1,1	
Dosif. por M ³	198,12	1981,25	217,93	
Dosif. por saco (kg)	50	500	55	
Dosif. en volum. (lt)	194,23	1208,08	217,93	
Dosif. Unitaria	1	6,22	1,12	
# de sacos/M ³	3,96			
# de parihuelas	10 de 31,23 cm por lado			

RESISTENCIA A TRACCION

Edad	28 días					
Fecha de moldeo	5 de febrero					
Fecha de rotura	5 de marzo					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Carga (kg)	32,2	28,8	31,9	30,0	32,6	28,6
Carga Media (kg)	30,68					
Area (cm ²)	6,502					
Resist.Tracc.	4,72 Kg/cm ²					

RESISTENCIA A COMPRESION

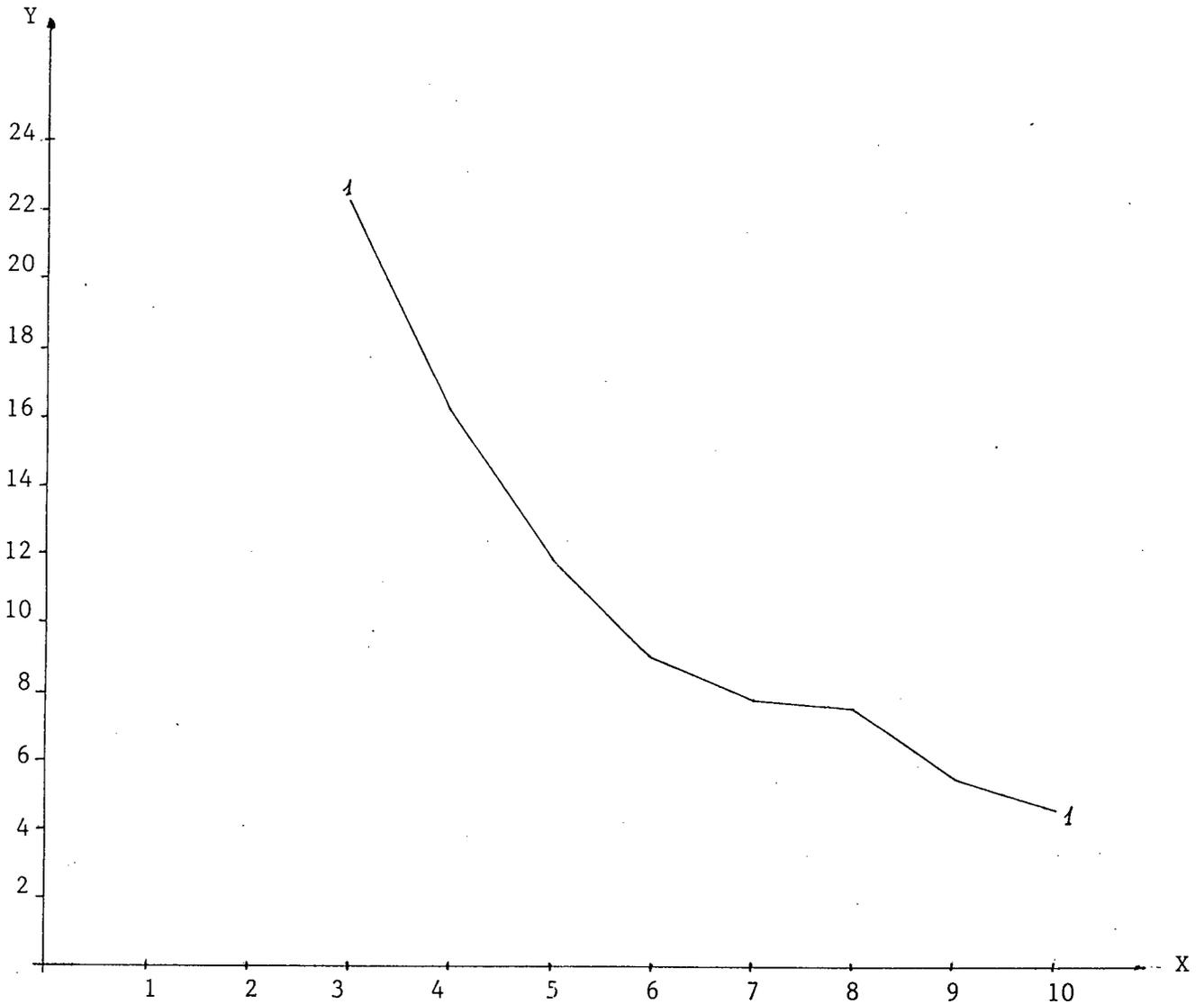
BRIQUETAS CUBICAS

Edad	7 días					
Fecha de moldeo	30 de enero					
Fecha de rotura	6 de febrero					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	330,3	309,7	275,3	302,4	372,0*	335,4
Carga Media (kg)	310,62					
Area (cm ²)	25					
Resist. Compres.	12,42 Kg/cm ²					
Edad	28 días					
Fecha de moldeo	5 de febrero					
Fecha de rotura	5 de marzo					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	627,7	591,7	648,9	631,3	674,5	648,2
Carga Media (kg)	637,05					
Area (cm ²)	25					
Resist. Compres.	25,48 Kg/cm ²					

PROBETAS CILINDRICAS

Edad	7 días					
Fecha de moldeo	30 de enero					
Fecha de rotura	5 de febrero					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	197,7	205,7	191,8	224,8	209,4	200,6
Carga Media (kg)	205,0					
Area (cm ²)	19,635					
Resist. Compres.	10,44 Kg/cm ²					
Edad	28 días					
Fecha de moldeo	5 de febrero					
Fecha de rotura	5 de marzo					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	518,5	448,2	498,0	587,9	538,0	585,2
Carga Media (kg)	529,3					
Area (cm ²)	19,635					
Resist. Compres.	26,96 Kg/cm ²					

MORTEROS DE CEMENTO ROCAFUERTE



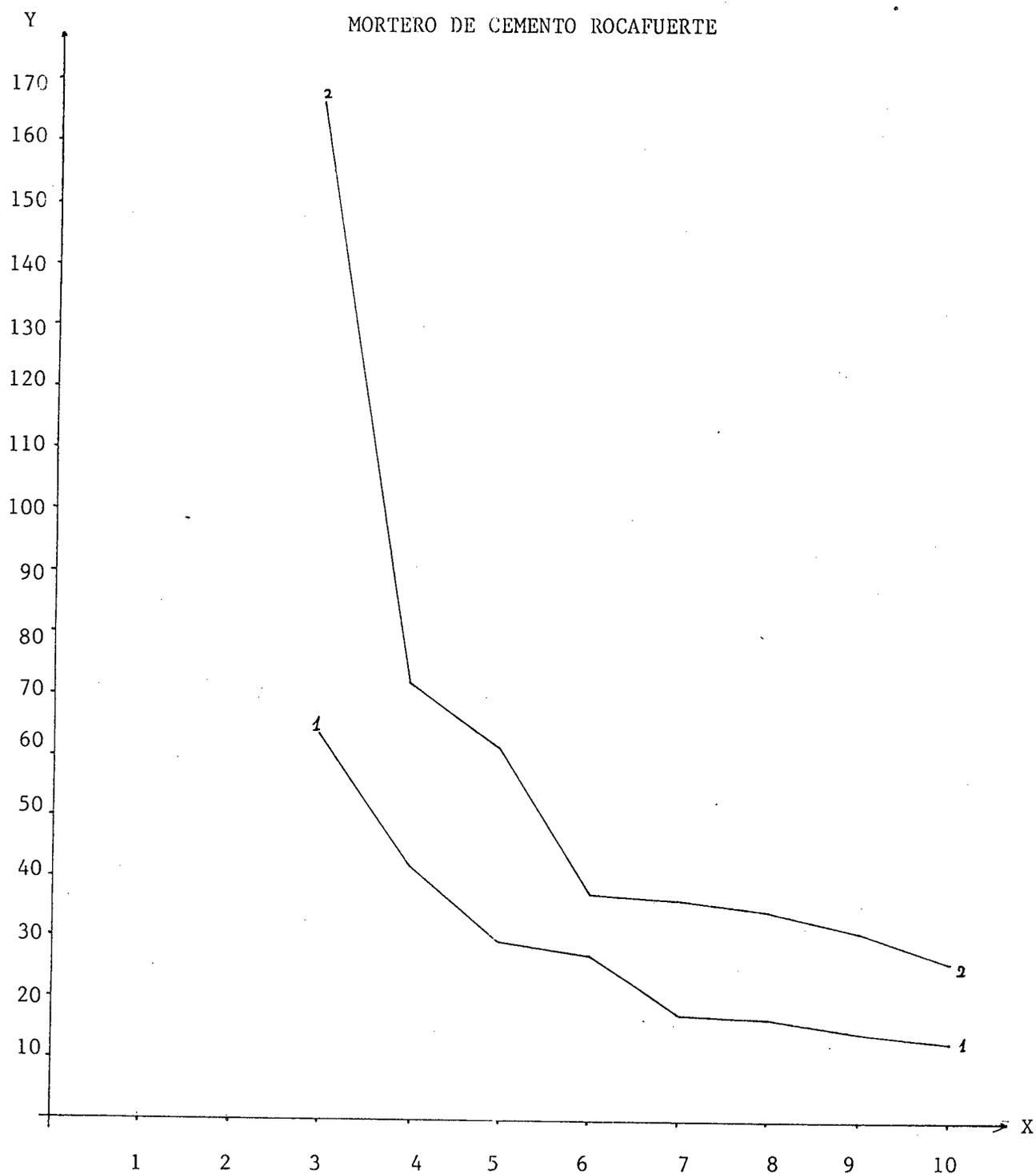
CURVA DE TRACCION
MORTEROS DISEÑADOS EN PESO

TIPOS I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII

1-1 Resistencia a los 28 días

X = Proporción de arena para uno de cemento

Y = Resistencia de Tracción (kg/cm²)



CURVA DE COMPRESION. BRIQUETAS CUBICAS

MORTEROS DISEÑADOS EN PESO

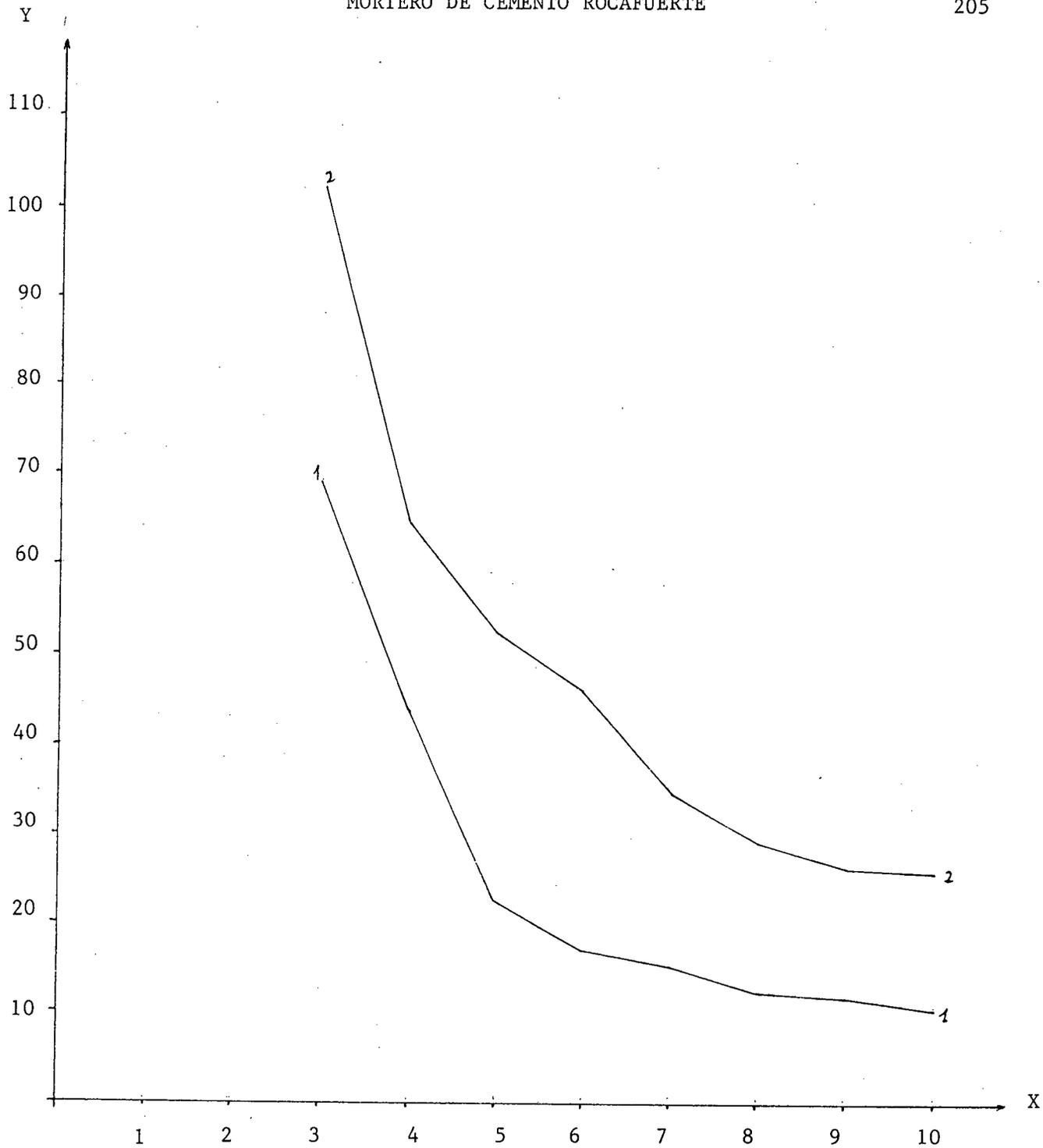
TIPOS 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8.

1-1 Resistencia a los 7 días

2-2 Resistencia a los 28 días

X = Proporción de arena para uno de cemento

Y = Resistencia de compresión kg/cm²



CURVA DE COMPRESION. BRIQUETAS CILINDRICAS
MORTEROS DISEÑADOS EN PESO

TIPOS: 1A, 2A, 3A, 4A, 5A, 6A, 7A, 8A.

1-1 Resistencia a los 7 días

2-2 Resistencia a los 28 días

X = Proporción de arena para uno de cemento

Y = Resistencia de compresión kg/cm²

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

MORTEROS DE CAL APAGADA DE LOJA

Tipos		IB, 1B, 1B'		
Dosificación		1 : 2		
Material	Cal	Arena	Agua	
Dosif. Peso (gr)	1582,7	31 67	933,87	
Dosif. Unitaria	1	2	0,59	
Dosif. por M ³	588,95	1177,91	347,48	
Cant. por saco (Kg)	25	50	14,75	
Dosif. en volumen (Lt)	962,33	718,24	347,48	
Dosif. Unitaria	1	0,75	0,36	
# de sacos/M ³	23,56 de 25 Kg c/u			
# de parihuelas	1 de 31,24 cm por lado			

RESISTENCIA A TRACCION

Edad	2 meses					
Fecha de moldeo	10 de febrero					
Fecha de rotura	10 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	56,4	54,4	35,9*	52,7	54,9	32,2*
Carga Media (kg)	54,6					
Area (cm ²)	6.502					
Resist.Tracc.	8,40 Kg/cm ²					

RESISTENCIA A COMPRESION

PROBETAS CUBICAS

Edad	2 meses					
Fecha de moldeo	13 de febrero					
Fecha de rotura	13 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	977,8	1067,9	1065,0	1093,5	1064,0	1001,8
Carga Media (kg)	1045,0					
Area (cm ²)	25					
Resist. Compres.	41,80 Kg/cm ²					

PROBETAS CILINDRICAS

Edad	2 meses					
Fecha de moldeo	13 de febrero					
Fecha de rotura	13 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	483,3	421,1	517,8	407,2	420,4	475,4
Carga Media (kg)	454,2					
Area (cm ²)	19,635					
Resist. Compres.	23,13					

LABORATORIC DE RESISTENCIA DE MATERIALES

MORTEROS DE CAL APAGADA DE LOJA

Tipos		IIB, 2B, 2B'		
Dosificación		1 : 3		
Material	Cal	Arena	Agua	
Dosificac. Peso (gr)	1187,5	3562,5	933,87	
Dosif. Unitaria	1	3	0,79	
Dosif. por M ³	442,30	1326,9	349,42	
Cant. por saco (kg)	25	75	19,75	
Dosif. en Volum. (Lt)	722,72	809,08	349,42	
Dosif. unitaria	1	1,12	0,48	
# de sacos/M ³	17,69 de 25 Kg c/u			
# de parihuelas	1 de 35,76 cm por lado			

RESISTENCIA A TRACCION

Edad	2 meses					
Fecha de moldeo	11 de febrero					
Fecha de rotura	10 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	38,0	38,1	33,0	38,4	26,4*	38,1
Carga Media (kg)	37,12					
Area (cm ²)	6,502					
Resist. Tracc.	5,71 Kg/cm ²					



RESISTENCIA A COMPRESION

PROBETAS CUBICAS

Edad	2 meses					
Fecha de moldeo	14 de febrero					
Fecha de rotura	14 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (Kg)	709,7	738,2	744,8	709,0	730,1	732,4
Carga Media (kg)	727,37					
Area (cm ²)	25					
Resist.Compres.	29,09 Kg/cm ²					

PROBETAS CILINDRICAS

Edad	2 meses					
Fecha de moldeo	14 de febrero					
Fecha de rotura	14 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	289,2	270,2	250,4	339,8*	249,7	320,8
Carga Media (kg)	276,06					
Area (cm ²)	19,635					
Resist.Compres.	14,06 Kg/cm ²					

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

MORTEROS DE CAL APAGADA DE LOJA

Tipos		IIIB, 3B, 3B'		
Dosificación		1 : 4		
Material	Cal	Arena	Agua	
Dosif. Peso (gr)	950,0	3800,0	933,87	
Dosif. Unitaria	1	4	0,98	
Dosif. por M ³	355,38	1421,6	348,27	
Cant. por saco (kg)	25	100	24,50	
Dosif. en Volum. (lt)	580,7	866,83	348,27	
Dosif. Unitaria	1	1,49	0,43	
# de sacos por M ³	14,21 de 25 kg c/u			
# de parihuelas	2 de 31,24 cm por lado			

RESISTENCIA A TRACCION

Edad	2 meses					
Fecha de moldeo	13 de febrero					
Fecha de rotura	13 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	24,8	16,0*	18,6	24,9	22,0	21,3
Carga Media (kg)	22,32 kg					
Area (cm ²)	6,502					
Resist. Tracc.	3,43 kg/cm ²					

RESISTENCIA A COMPRESION

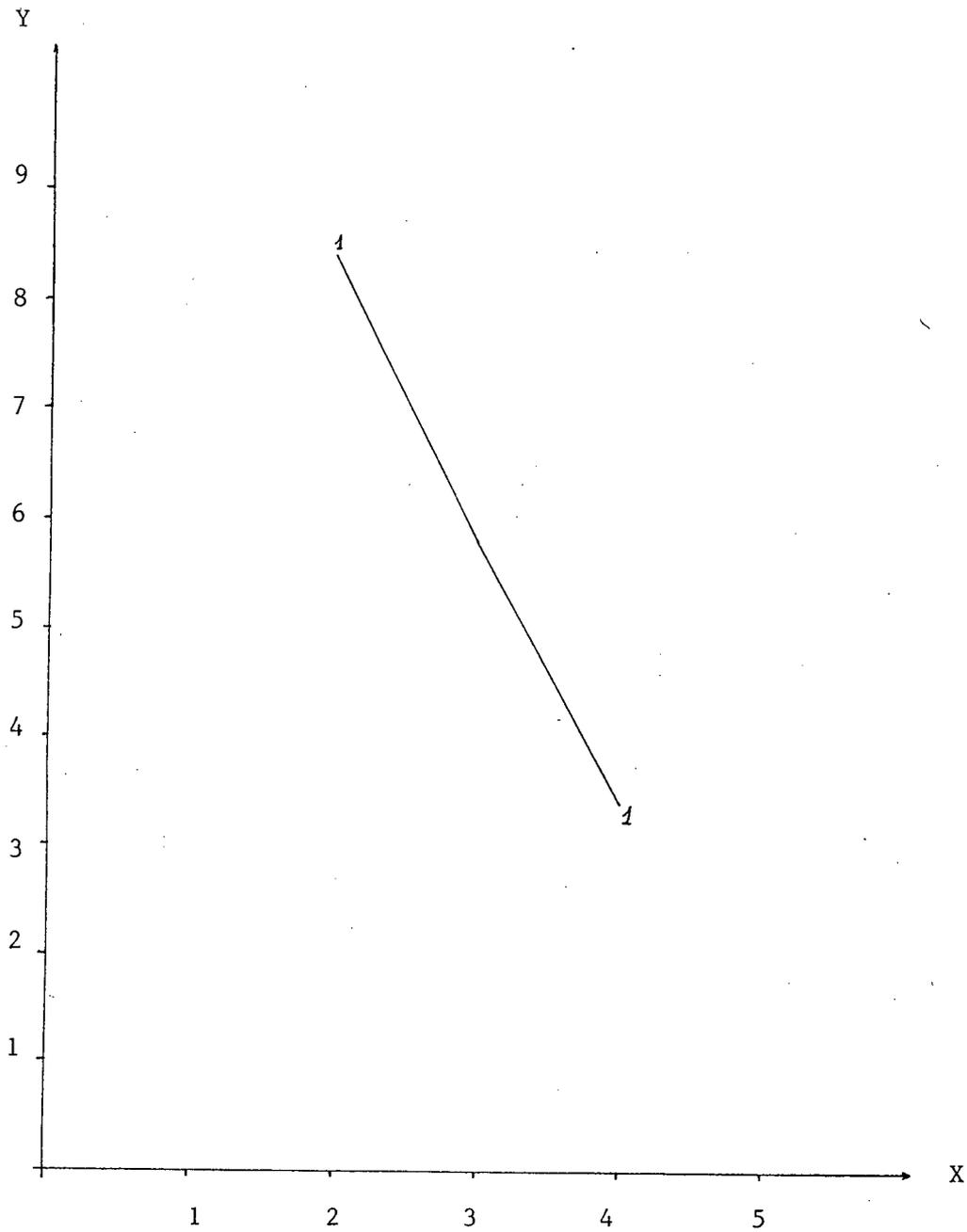
PROBETAS CUBICAS

Edad	2 meses					
Fecha de moldeo	15 de febrero					
Fecha de rotura	15 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	446,7	459,2	364,0*	476,8	455,4	463,8
Carga Media (kg)	460,38					
Area (cm ²)	25					
Resist. Compres.	18,41 Kg/cm ²					

PROBETAS CILINDRICAS

Edad	2 meses					
Fecha de moldeo	15 de febrero					
Fecha de rotura	15 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	194,6	193,5	230,6	279,0*	219,8	238,4
Carga Media (kg)	215,38					
Area (cm ²)	19,635					
Resist. Compres.	10,97 Kg/cm ²					

CAL APAGADA DE LOJA



CURVAS DE TRACCION

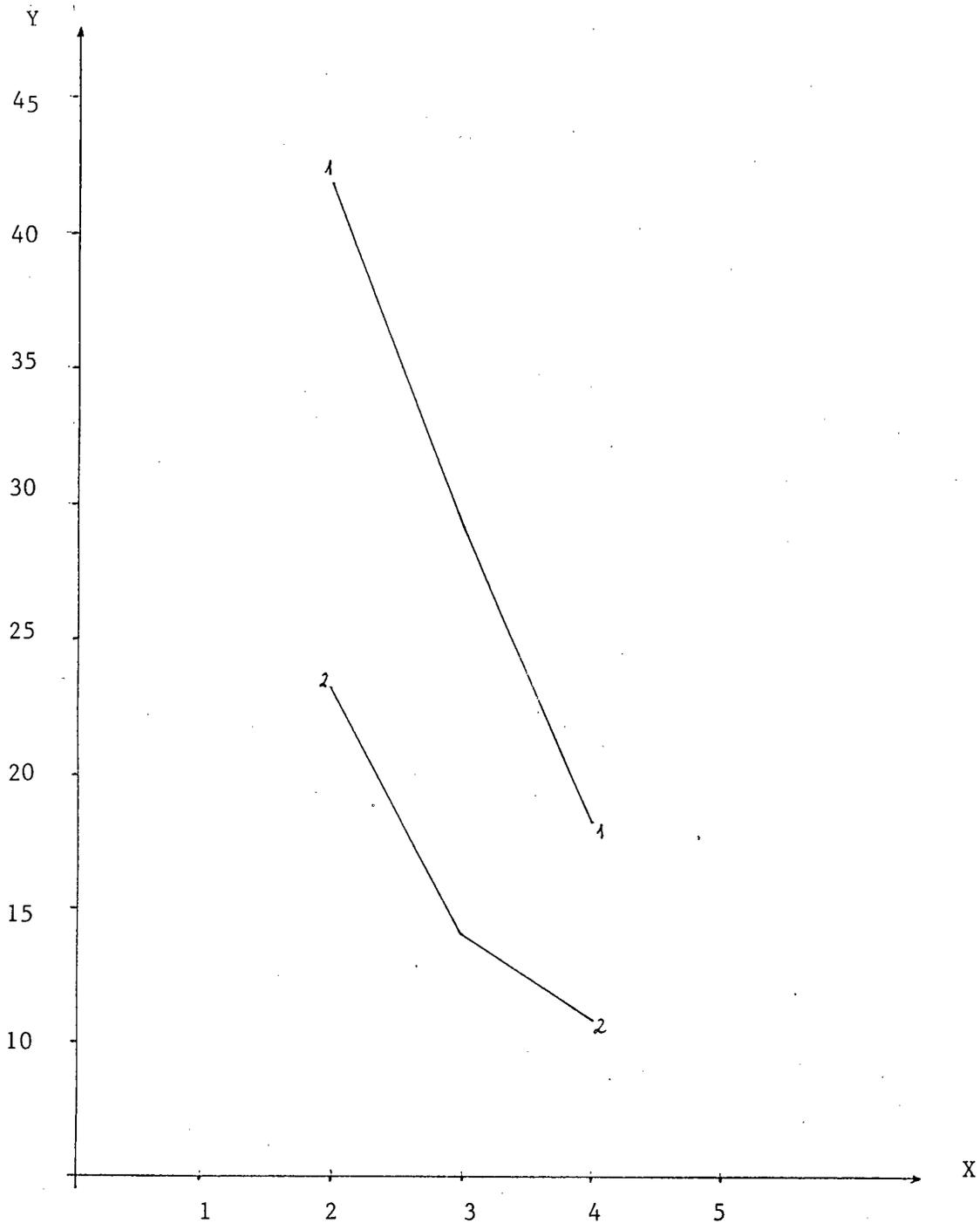
MORTEROS DISEÑADOS EN PESO

TIPOS: IB, IIB, IIIB

1-1 Resistencia a los 2 meses

X = Proporción de arena para uno de cal

Y = Resistencia de Tracción Kg/cm²



CURVAS DE COMPRESION

MORTEROS DISEÑADOS EN PESO

TIPOS: 1B, 2B, 3B; 1B', 2B', 3B'.

1-1 Resistencia a los dos meses. Probetas cúbicas

2-2 Resistencia a los 2 meses. Probetas cilíndricas

X = Proporción de arena para uno de cal

Y = Resistencia de compresión Kg/cm²

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

MORTEROS DE CAL APAGADA DE LOJA

Tipos		1B', 1B', 1B''		
Dosificación		1: 2		
Material	Cal	Arena	Agua	
Dosif. Volum. (cc)	999,6	5066,6	963,34	
Dosif. Unitaria	1	2	0,96	
Dosif. Volum. (lt)	233,67	3016,05	963,34	
Cant. por saco (kg)	25	50	24	
Dosif. por M ³	237,36	475,0	228,0	
Dosif. en Peso (kg)	145,26	778,57	228,0	
Dosif. Unitaria	1	5,36	1,57	
# de sacos por M ³	5,81			
# de parihuelas	1 de 31,24 cm por lado			

RESISTENCIA A TRACCION

Edad	2 meses					
Fecha de moldeo	25 de febrero					
Fecha de rotura	25 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	32,2	31,5	35,2	37,4	34,2	32,2
Carga Media (kg)	33,78					
Area (cm ²)	6,502					
Resist. Tracc.	5,20 Kg/cm ²					

RESISTENCIA A COMPRESION

PROBETAS CUBICAS

Edad	2 meses					
Fecha de moldeo	25 de febrero					
Fecha de rotura	25 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	629,8	600,5	734,6*	630,4	605,8	619,4
Carga Media (kg)	617,18					
Area (cm ²)	25					
Resist. Compres.	24,69 Kg/cm ²					

PROBETAS CILINDRICAS

Edad	2 meses					
Fecha de moldeo	25 de febrero					
Fecha de rotura	25 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	576,4	570,2	570,8	575,3	482,4	494,0
Carga Media (kg)	544,85					
Area (cm ²)	19,635					
Resist. Compres.	27,75 Kg/cm ²					

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

MORTEROS DE CAL APAGADA DE LOJA

Tipos		IIB', 2B', 2B''		
Dosificación		1 : 3		
Material	Cal	Arena	Agua	
Dosif. volum. (cc)	749,63	5700,1	963,34	
Dosif. Unitaria	1	3	1,28	
Dosif. Volum. (lt)	175,24	3393,2	963,34	
Cant. por saco (kg)	25	75	32	
Dosif. por M ³	221,0	662,0	282,4	
Dosif. en Peso (kg)	135,25	1085,68	282,4	
Dosif. Unitaria	1	8	2,1	
# de sacos/M ³	5,41			
# de parihuelas	2 de 35,76 cm por lado			

RESISTENCIA A TRACCION

Edad	2 meses					
Fecha de moldeo	26 de febrero					
Fecha de rotura	26 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	30,8	23,4*	33,7	32,8	31,7	25,4
Carga Media (kg)	30,88					
Area (cm ²)	6,502					
Resist. Tracc.	4,75 Kg/cm ²					

RESISTENCIA DE COMPRESION

PROBETAS CUBICAS

Edad	2 meses					
Fecha de moldeo	26 de febrero					
Fecha de rotura	26 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	468,0	490,7	455,5	459,6	450,8	469,0
Carga Media (kg)	465,6					
Area (cm ²)	25					
Resist. Compres.	18,62 Kg/cm ²					

PROBETAS CILINDRICAS

Edad	2 meses					
Fecha de moldeo	26 de febrero					
Fecha de rotura	26 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	281,2	336,1	336,5	325,1	320,4	298,7
Carga Media (kg)	316,30					
Area (cm ²)	19,635					
Resist. Compres.	16,11 Kg/cm ²					

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

MORTEROS DE CAL APAGADA DE LOJA

Tipos		IIIB', 3B', 3B''		
Dosificación		1 : 4		
Material	Cal	Arena	Agua	
Dosif. volum.(cc.)	599,72	6079,9	963,34	
Dosif. Unitaria	1	4	1,61	
Dosif. volum. (lt)	140,19	3619,25	963,24	
Cant. por saco (kg)	25	100	40,25	
Dosif. por M ³	212,0	847,0	341,0	
Dosif. en Peso (kg)	129,74	1389,08	341,0	
Dosif. Unitaria	1	10,7	2,63	
# de sacos/M ³	5,19			
# de parihuelas	2 de 39,36 cm por lado			

RESISTENCIA A TRACCION

Edad	2 meses					
Fecha de moldeo	27 de febrero					
Fecha de rotura	27 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	14,6*	24,2	24,3	23,7	25,3	24,3
Carga Media (kg)	24,36					
Area (cm ²)	6,502					
Resist. Tracc.	3,75 Kg/cm ²					

RESISTENCIA A COMPRESION

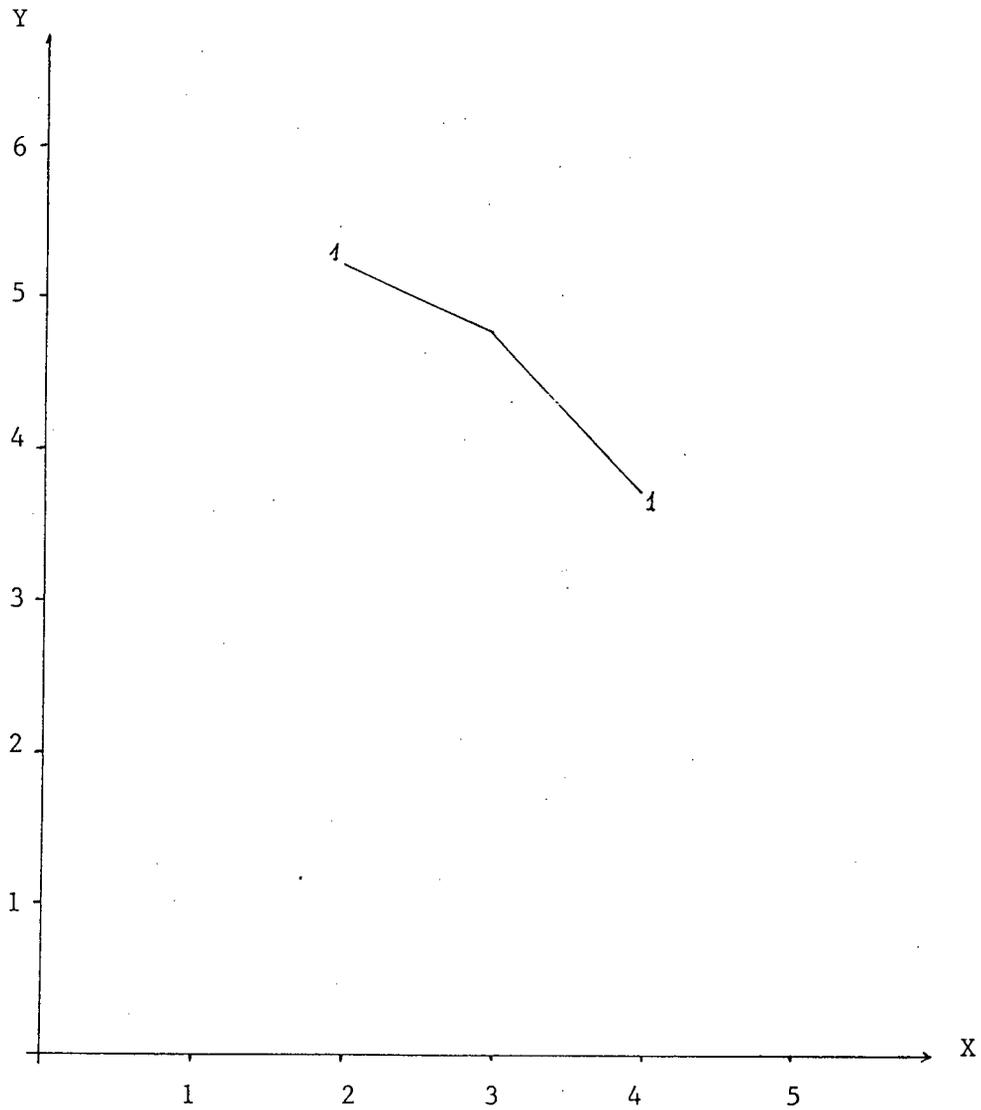
PROBETAS CUBICAS

Edad	2 meses					
Fecha de moldeo	27 de febrero					
Fecha de rotura	27 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	276,8*	366,1	349,3	352,8	365,2	350,2
Carga Media (kg)	356,72					
Area (cm ²)	25					
Resist. Compres.	14,27 Kg/cm ²					

PROBETAS CILINDRICAS

Edad	2 meses					
Fecha de moldeo	27 de febrero					
Fecha de rotura	27 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	322,2	293,8	320,7	321,4	298,5	320,1
Carga Media (kg)	313,62					
Area (cm ²)	19,635					
Resist. Compres.	15,97 Kg/cm ²					

CAL APAGADA DE LOJA



CURVA DE TRACCION

MORTEROS DISEÑADOS EN VOLUMEN

TIPOS: IB', IIB', IIIB'

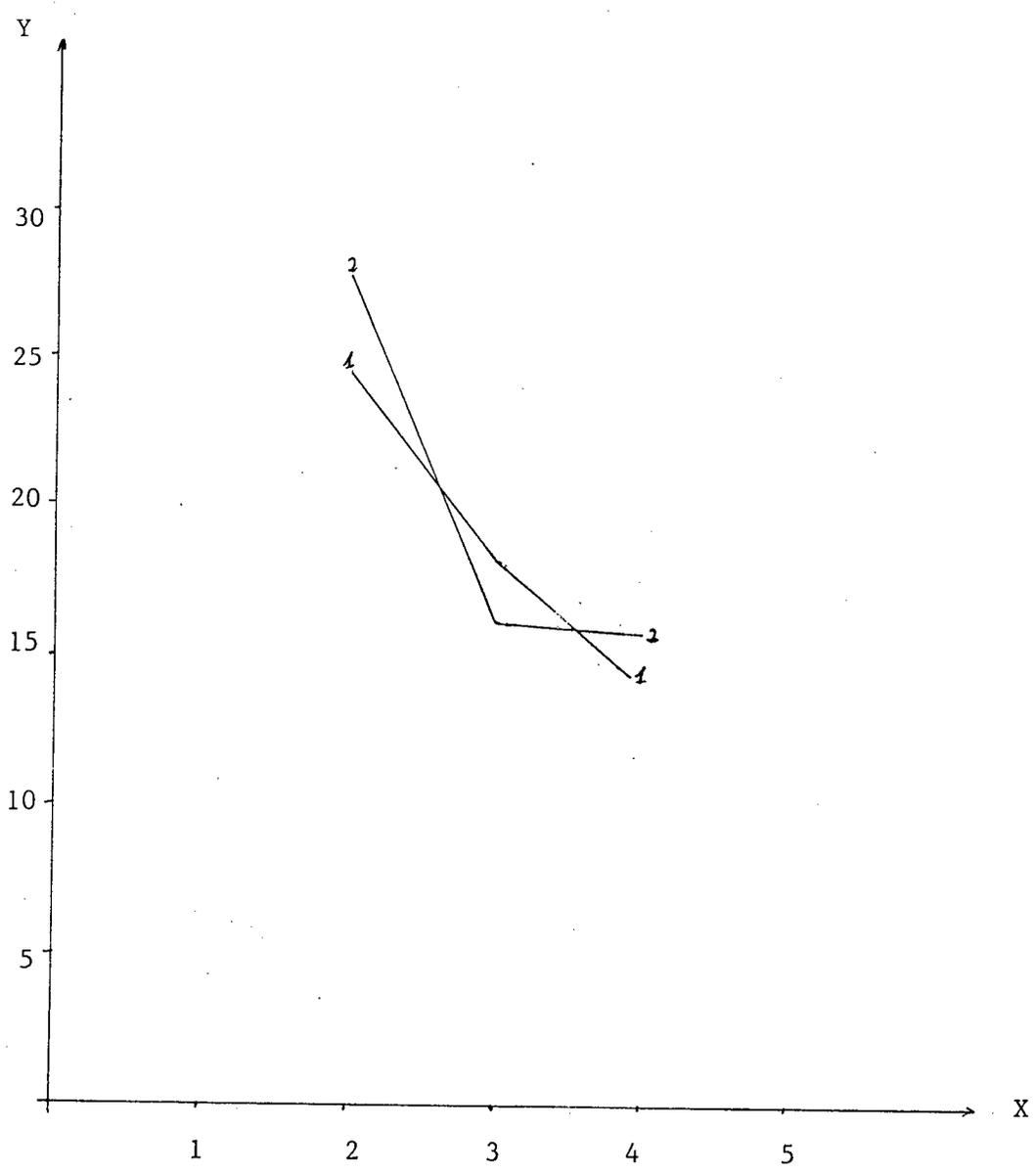
1-1 Rotura a los 2 meses

X = Proporción de arena para uno de cal

Y = Resistencia de tracción Kg/cm²



CAL APAGADA DE LOJA



CURVAS DE COMPRESION
MORTEROS DISEÑADOS EN VOLUMEN
TIPOS: 1B', 2B', 3B'. (1-1) Probetas Cúbicas
1B'', 2B'', 3B''. (2-2) Probetas Cilíndricas
(1-1); (2-2) Resistencia a los dos meses
X = Proporción de arena para uno de cal
Y = Resistencia de Compresión Kg/cm²

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES
MORTEROS DE CAL DE ALTO HORNO

Tipos		IC, IC, IC'		
Dosificación		1 : 2		
Material		Cal	Arena	Agua
Dosif. Peso (gr)		1639,7	3280,3	724,24
Dosif. Unitaria		1	2	0,44
Dosif. por M ³		654,89	1309,79	288,15
Cant. por saco (kg)		50	100	22
Dosif. en Volum. (lt)		918,50	798,65	288,15
Dosif. Unitaria		1	0,87	0,31
# de sacos/M ³		13,1 de 50 kg.		
# de parihuelas		2 de 31,24 cm por lado		

RESISTENCIA A TRACCION

Edad	2 meses					
Fecha de moldeo	20 de febrero					
Fecha de rotura	20 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	74,7*	118,8	124,5	129,6	121,6	133,3
Carga Media (kg)	125,56					
Area (cm ²)	6,502					
Resist. Tracc.	19,31 Kg/cm ²					

RESISTENCIA A COMPRESION

PROBETAS CUBICAS

Edad	2 meses					
Fecha de moldeo	20 de febrero					
Fecha de rotura	20 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	2618,6	2881,6	2792,2	3023,0	2790,6	2900,0
Carga Media (kg)	2834,33					
Area (cm ²)	25					
Resist. Compres.	113,37 Kg/cm ²					

PROBETAS CILINDRICAS

Edad	2 meses					
Fecha de moldeo	20 de febrero					
Fecha de rotura	20 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	1308,1	1461,2	1221,0	1210,0	1200,0	1306,8
Carga Media (kg)	1284,52					
Area (cm ²)	19,635					
Resist. Compres.	65,42 Kg/cm ²					

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

MORTEROS DE CAL DE ALTO HORNO

Tipos		IIC, 2C, 2C'		
Dosificación		1 : 3		
Material	Cal	Arena	Agua	
Dosificac. Peso (gr)	1230,0	3690,0	724,24	
Dosif. Unitaria	1	3	0,59	
Dosif. por M ³	490,21	1470,63	289,20	
Dosif. por saco (kg)	50	150	29,50	
Dosif. en Volum. (lt)	687,53	896,72	289,20	
Dosif. Unitaria	1	1,3	0,42	
# de sacos/M ³	9,8 de 50 kg.			
# de parihuelas	3 de 31,24 cm por lado			

RESISTENCIA A TRACCION

Edad	2 meses					
Fecha de moldeo	21 de febrero					
Fecha de rotura	21 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	51,3	53,2	49,1	45,9	37,4*	54,6
Carga Media (kg)	50,88					
Area (cm ²)	6,502					
Resist. Tracc.	7,83 Kg/cm ²					

RESISTENCIA A COMPRESION

PROBETAS CUBICAS

Edad	2 meses					
Fecha de moldeo	21 de febrero					
Fecha de rotura	21 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	1240,3	1210,0	1280,3	1191,0	1200,0	1230,0
Carga Media (kg)	1225,27					
Area (cm ²)	25					
Resist. Compres.	49,01 Kg/cm ²					

PROBETAS CILINDRICAS

Edad	2 meses					
Fecha de moldeo	21 de febrero					
Fecha de rotura	21 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	736,8	623,2	628,4	739,0	729,0	672,0
Carga Media (kg)	688,07					
Area (cm ²)	19,635					
Resist. Compres.	35,04 Kg/cm ²					

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

MORTEROS DE CAL DE ALTO HORNO

Tipos		IIIC, 3C, 3C'		
Dosificación		1 : 4		
Material	Cal	Arena	Agua	
Dosif. Peso (gr)	984,0	3936,0	724,24	
Dosif. Unitaria	1	4	0,74	
Dosif. por M ³	391,71	1566,83	289,86	
Cant. por saco (kg)	50	200	37	
Dosif. en volum. (lt)	549,38	955,38	289,86	
Dosif. Unitaria	1	1,74	0,53	
# de sacos/M ³	7,83 de 50 Kg.			
# de parihuelas	4 de 31,24 cm por lado			

RESISTENCIA A TRACCION

Edad	2 meses					
Fecha de moldeo	22 de febrero					
Fecha de rotura	22 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	12,5*	19,8	19,0	16,8	18,3	19,7
Carga Media (kg)	18,72					
Area (cm ²)	6,502					
Resist. Tracc.	2,88 kg/cm ²					

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

RESISTENCIA A COMPRESION

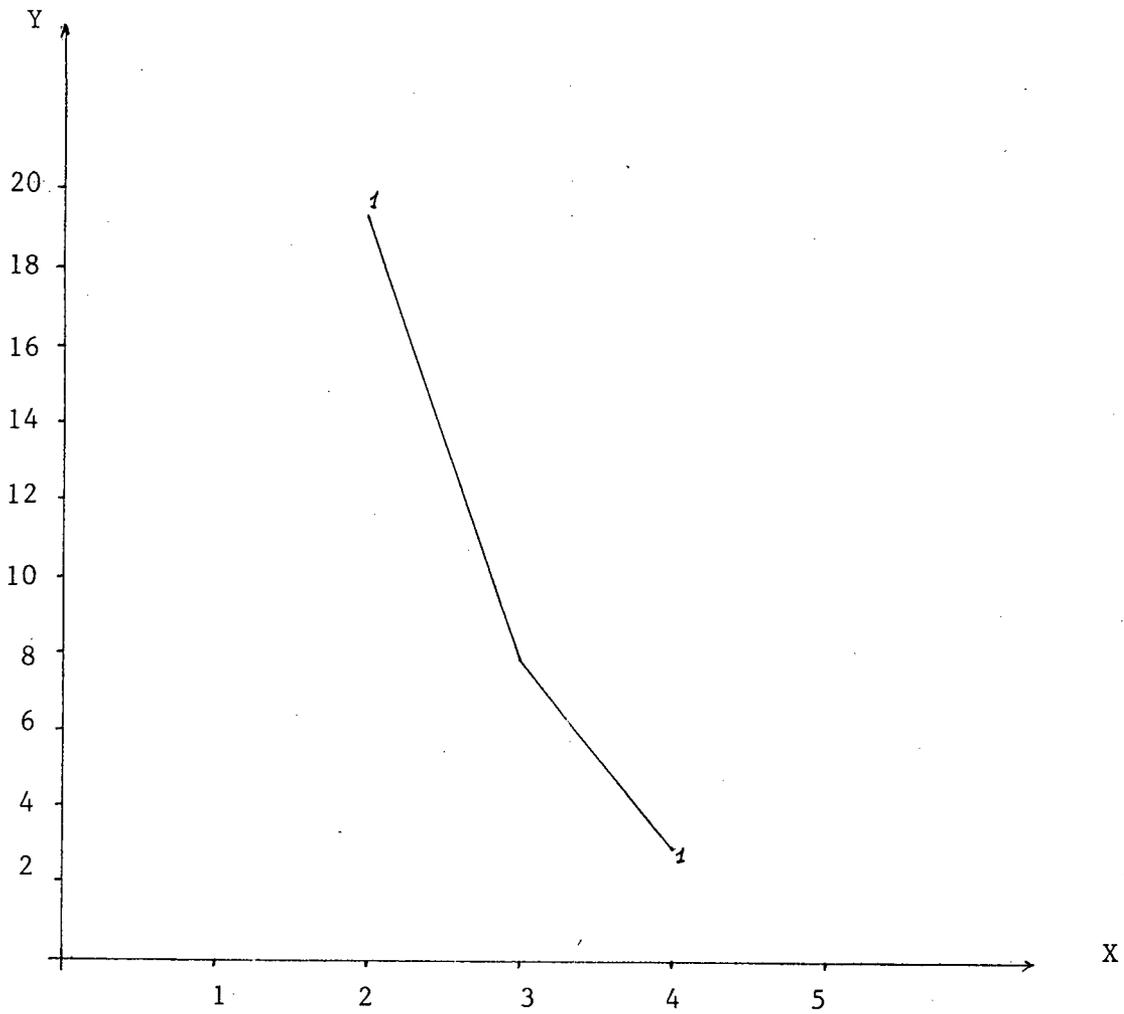
PROBETAS CUBICAS

Edad	2 meses					
Fecha de moldeo	22 de febrero					
Fecha de rotura	22 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	819,6	699,4	673,1	673,1	690,3	820,0
Carga Media (kg)	729,25					
Area (cm ²)	25					
Resist. Compres.	29,19					

PROBETAS CILINDRICAS

Edad	2 meses					
Fecha de moldeo	22 de febrero					
Fecha de rotura	22 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	445,3	407,9	427,7	416,0	420,0	410,0
Carga Media (kg)	421,15					
Area (cm ²)	19,635					
Resist. Compres.	21,45 Kg/cm ²					

MORTEROS DE CAL DE ALTO HORNO



CURVAS DE TRACCION

MORTEROS DISEÑADOS EN PESO

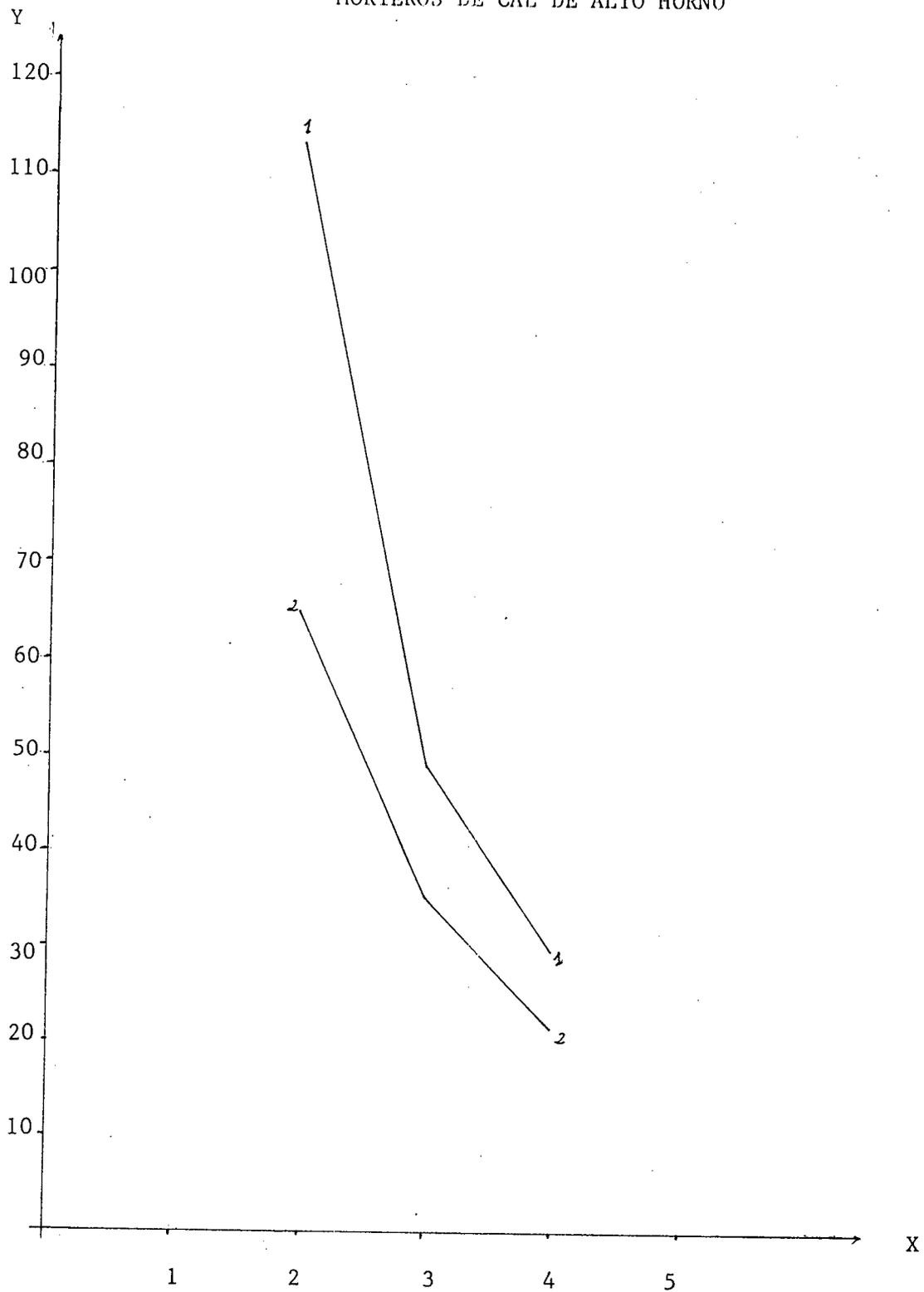
TIPOS: IC, IIC, IIIC

1-1 Rotura a

1-1 Resistencia a los 2 meses

X = Proporción de arena para uno de cal

Y = Resistencia de Tracción Kg/cm²



CURVAS DE COMPRESION

MORTEROS DISEÑADOS EN PESO

TIPOS: 1C, 2C, 3C; 1C', 2C', 3C'.

1-1 Resistencia a los 2 meses. Probetas cúbicas

2-2 Resistencia a los 2 meses. Probetas cilíndricas

X = Proporción de arena para uno de cal

Y = Resistencia de Compresión Kg/cm²

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

MORTERO DE CAL DE ALTO HORNO

Tipos		IC', 1C', 1C''		
Dosificación		1 : 2		
Material	Cal	Arena	Agua	
Dosif. Volum. (cc)	1282,5	5428,2	772,8	
Dosif. Unitaria	1	2	0,6	
Dosif. Volum. (lt)	330,12	3231,3	772,8	
Cant. por saco (kg)	50	100	30	
Dosif. por M ³	231,0	462,0	178,3	
Dosif. en Peso (kg)	164,7	757,7	178,3	
Dosif. Unitaria	1	4,6	1,08	
# de sacos	3,3			
# de parihuelas	2 de 39,36 cm por lado			

RESISTENCIA A TRACCION

Edad	2 meses					
Fecha de moldeo	23 de febrero					
Fecha de rotura	23 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	104,0	102,5	84,2	100,4	80,6	66,7*
Carga Media (kg)	94,34					
Area (cm ²)	6,502					
Resist. Tracc.	14,51 Kg/cm ²					

RESISTENCIA A COMPRESION

PROBETAS CUBICAS

Edad	2 meses					
Fecha de moldeo	23 de febrero					
Fecha de rotura	23 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	3154,8	3381,1	3236,8	2911,6	3163,6	2947,5
Carga Media (kg)	3132,57					
Area (cm ²)	25					
Resist. Compres.	125,30 Kg/cm ²					

PROBETAS CILINDRICAS

Edad	2 meses					
Fecha de moldeo	23 de febrero					
Fecha de rotura	23 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	1875,1	1768,2	1710,0	1710,3	1795,3	1861,9
Carga Media (kg)	1786,8					
Area (cm ²)	19,635					
Resist. Compres.	91,00					

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES
MORTEROS DE CAL DE ALTO HORNO

Tipos		IIC', 2C', 2C''		
Dosificación		1 : 3		
Material	Cal	Arena	Agua	
Dosif. Volum. (cc)	935,7	6106,5	772,8	
Dosif. Unitaria	1	3	0,82	
Dosif. Volum. (lt)	240,7	3635,1	772,8	
Cant. por saco (kg)	50	150	41	
Dosif. por M ³	215,0	645,3	176,4	
Dosif. en peso (kg)	153,3	1058,3	176,4	
Dosif. Unitaria	1	6,9	1,15	
# de sacos/M ³	3			
# de parihuelas	3 de 45 cm por lado			

RESISTENCIA A TRACCION

Edad	2 meses					
Fecha de moldeo	24 de febrero					
Fecha de rotura	24 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	73,2	63,7	58,6	66,7	71,0	65,2
Carga Media (kg)	66,40					
Area (cm ²)	6,502					
Resist. Tracc.	10,21 Kg/cm ²					

RESISTENCIA A COMPRESION

PROBETAS CUBICAS

Edad	2 meses					
Fecha de moldeo	24 de febrero					
Fecha de rotura	24 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	1221,7	1316,2	1214,4	1222,5	979,2*	1216,6
Carga Media (kg)	1238,28					
Area (cm ²)	25					
Resist. Compres.	49,53 Kg/cm ²					

PROBETAS CILINDRICAS

Edad	2 meses					
Fecha de moldeo	24 de febrero					
Fecha de rotura	24 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	900,1	730,2	815,9	733,1	851,8	850,0
Carga Media (kg)	813,52					
Area (cm ²)	19,635					
Resist. Compres.	41,43 Kg/cm ²					

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

MORTEROS DE CAL DE ALTO HORNO

Tipos		IIIC', 3C', 3C''		
Dosificación		1 : 4		
Material	Cal	Arena	Agua	
Dosif. Volum (cc.)	748,7	6514,28	772,8	
Dosif. Unitaria	1	4	1,03	
Dosif. Volum. (lt)	192,7	3877,8	772,8	
Cant. por saco (kg)	50	200	51,5	
Dosif. por M ³	206,5	285,9	212,7	
Dosif. en Peso (kg)	147,2	1354,5	212,7	
Dosif. Unitaria	1	9,2	1,4	
# de sacos/M ³	2,9			
# de parihuelas	4 de 49,6 cm por lado			

RESISTENCIA A TRACCION

Edad	2 meses					
Fecha de moldeo	25 de febrero					
Fecha de rotura	25 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	28,6	29,4	28,6	29,8	29,4	37,3*
Carga Media (kg)	29,16					
Area (cm ²)	6,502					
Resist. Tracc.	4,48 Kg/cm ²					

RESISTENCIA A COMPRESION

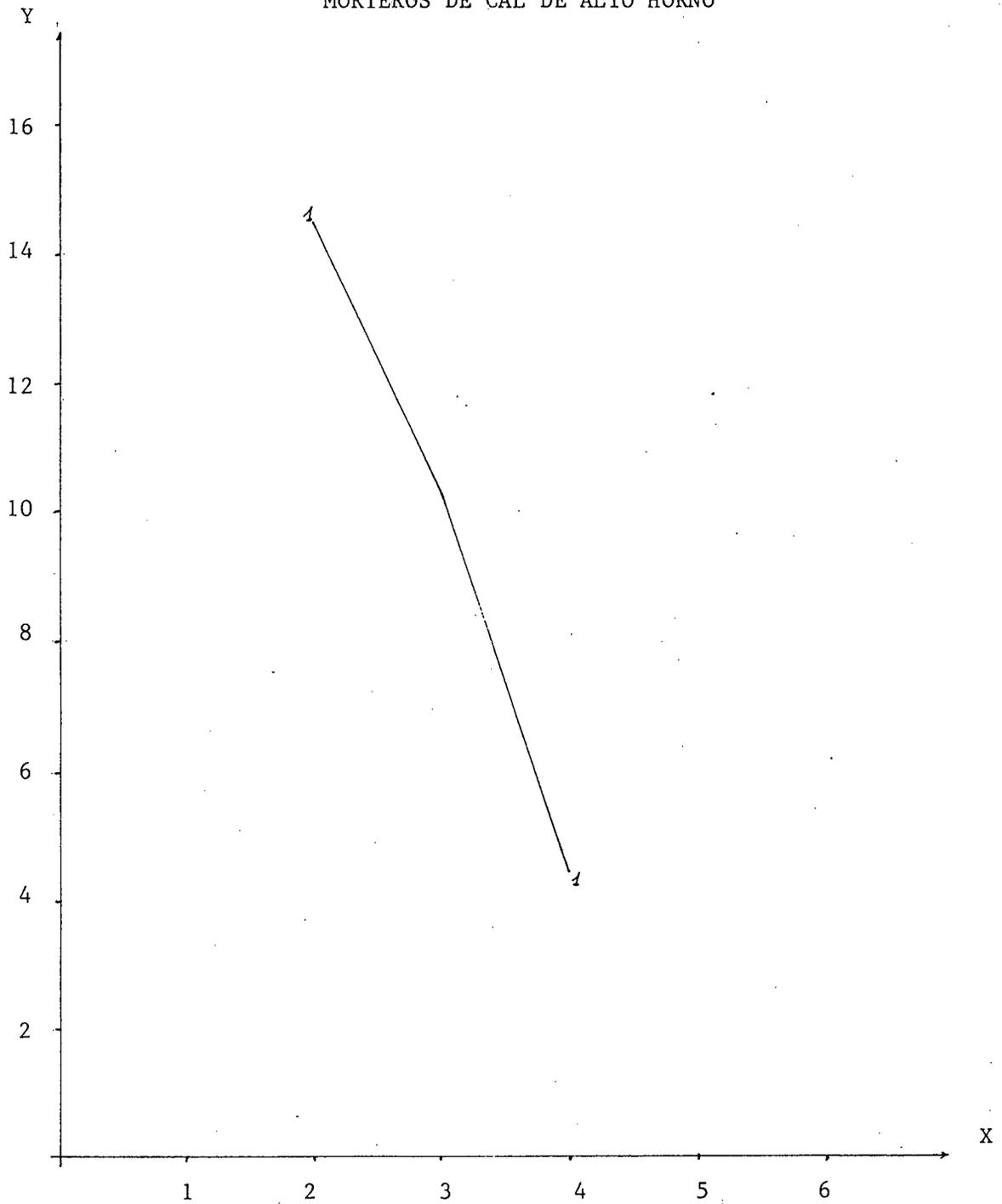
PROBETAS CUBICAS

Edad	2 meses					
Fecha de moldeo	25 de febrero					
Fecha de rotura	25 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	563,9*	736,1	972,7*	887,0	892,8	836,1
Carga Media (kg)	838,0					
Area (cm ²)	25					
Resist. Compres.	33,52 Kg/cm ²					

PROBETAS CILINDRICAS

Edad	2 meses					
Fecha de moldeo	25 de febrero					
Fecha de rotura	25 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	388,9	348,6*	468,7	458,4	418,9	410,1
Carga Media (kg)	429,0					
Area (cm ²)	19,635					
Resist. Compres.	21,85 Kg/cm ²					

MORTEROS DE CAL DE ALTO HORNO



CURVA DE TRACCION

MORTEROS DISEÑADOS EN VOLUMEN

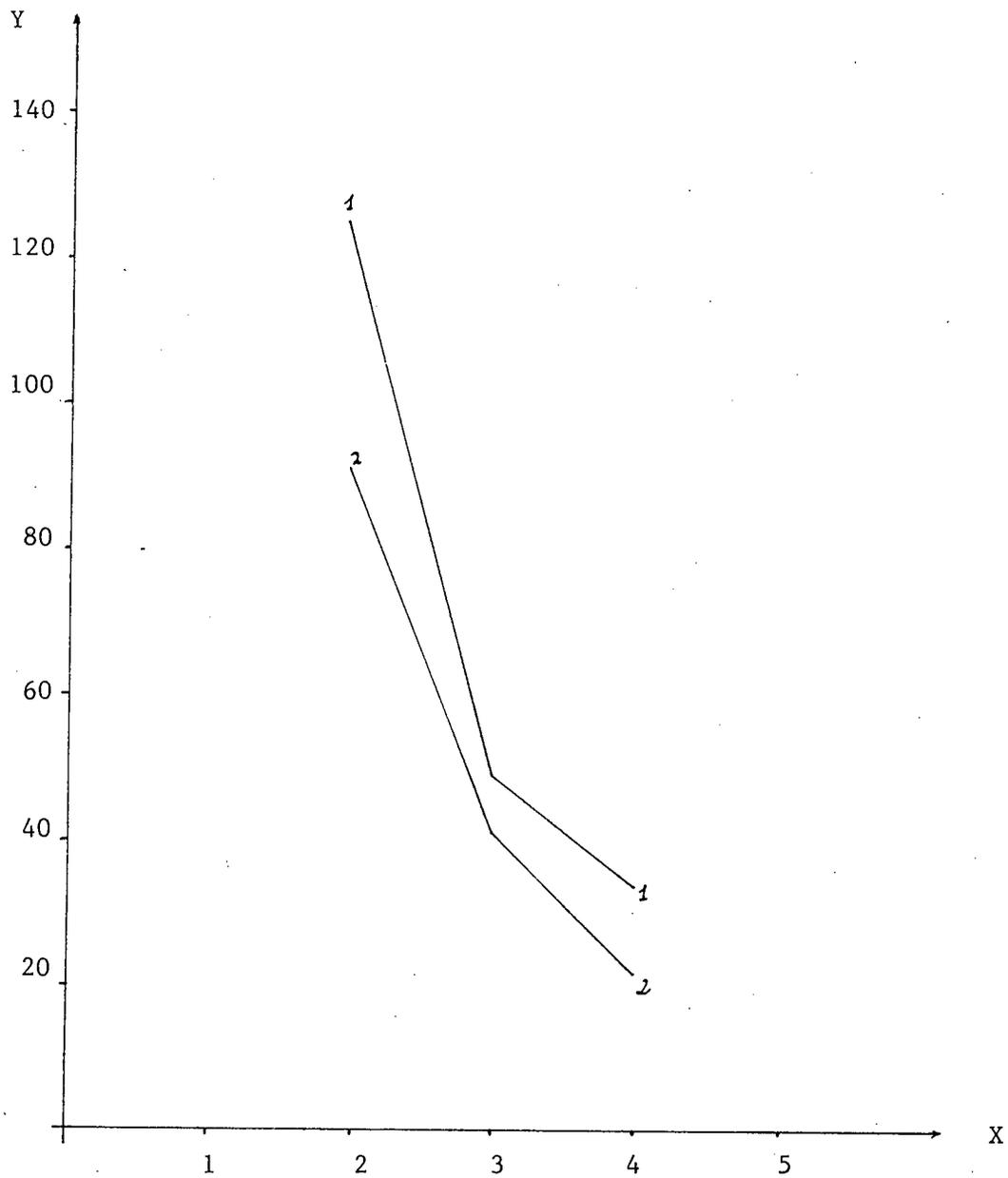
TIPOS: IC', IIC', IIIC'

1-1 Rotura a los 2 meses

X = Proporción de arena para uno de cal

Y = Resistencia de tracción Kg/cm²

MORTEROS DE CAL DE ALTO HORNO



CURVAS DE COMPRESION

TIPOS: 1C', 2C', 3C' (1-1) probetas cúbicas

1C'', 2C'', 3C'' (2-2) probetas cilíndricas

(1-1), (2-2) Resistencia a los 2 meses

X = Proporción de arena para uno de cal

Y = Resistencia de Compresión Kg/cm²

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

MORTEROS BASTARDOS. CAL APAGADA DE LOJA

Tipos		ID, 1D, 1D'		
Dosificación		1 : 1 : 4		
Material	Cemento	Cal	Arena	Agua
Dosif. Peso (gr)	800,0	800,00	3201,0	860,0
Dosif. Unitaria	1	1	4	1,075
Dosif. por M ³	309,98	309,98	1239,92	333,23
Cant. por saco (kg)	50	25	100	26,87
Dosif. en Volum.(lt)	303,90	638,86	756,05	333,23
Dosif. Unitaria	1	2,1	2,49	1,1
# de sacos/M ³	6,20	12,40		
# de parihuelas	2 de 31,82 cm por lado			

RESISTENCIA A TRACCION

Edad	28 días					
Fecha de moldeo	11 de marzo					
Fecha de rotura	8 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	63,7	64,5	60,8	70,5	63,2	65,4
Carga Media (kg)	64,68					
Area (cm ²)	6,502					
Resist. Tracc.	9,95 Kg/cm ²					

RESISTENCIA A COMPRESION

PROBETAS CUBICAS

Edad	28 días					
Fecha de muestreo	11 de marzo					
Fecha de rotura	8 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	1436,3	1711,0*	1314,7	1310,8	1420,0	1510,0
Carga Media (kg)	1398,36					
Area (cm ²)	25					
Resist. Compres.	55,93 Kg/cm ²					

PROBETAS CILINDRICAS

Edad	28 días					
Fecha de moldeo	11 de marzo					
Fecha de rotura	8 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	690,6	828,4	747,0	744,9	820,6	747,0
Carga Media (kg)	763,08					
Area (cm ²)	19,635					
Resist. Compres.	38,86 kg/cm ²					

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

MORTEROS BASTARDOS. CAL APAGADA DE LOJA

Tipos		IID, 2D, 2D'			
Dosificación		1 : 1 : 6			
Material	Cemento	Cal	Arena	Agua	
Dosif. Peso (kg)	600,0	600,0	3600	860,0	
Dosif. Unitaria	1	1	6	1,43	
Dosif. por M ³	232,16	232,16	1392,95	331,99	
Dosif. por saco (kg)	50	25	150	35,78	
Dosif. en volum. (lt)	227,61	379,35	849,97	331,99	
Dosif. Unitaria	1	1,7	3,73	1,46	
# de sacos por M ³	4,64	9,29			
# de parihuelas	3 de 31,82 cm por lado				

RESISTENCIA A TRACCION

Edad	28 días					
Fecha de moldeo	11 de marzo					
Fecha de rotura	8 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	49,8	63,7	52,7	63,3	62,5	48,7
Carga Media (kg)	56,78					
Area (cm ²)	6,502					
Resist. Tracc.	8,73 Kg/cm ²					

RESISTENCIA A COMPRESION

PROBETAS CUBICAS

Edad	28 días					
Fecha de moldeo	11 de marzo					
Fecha de rotura	8 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	1007,1	1175,6	1047,7	1100,9	1170,4	1120,0
Carga Media (kg)	1103,62					
Area (cm ²)	25					
Resist. Compres.	44,14 Kg/cm ²					

PROBETAS CILINDRICAS

Edad	28 días					
Fecha de moldeo	11 de marzo					
Fecha de rotura	8 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	462,1	522,2	456,2	450,9	461,2	520,0
Carga Media (kg)	478,77					
Area (cm ²)	19,635					
Resist. Compres.	24,38 Kg/cm ²					

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

MORTEROS BASTARDOS. CAL APAGADA DE LOJA

Tipos		IIID, 3D, 3D'			
Dosificación		1 : 1 : 8			
Material	Cemento	Cal	Arena	Agua	
Dosif. Peso (kg)	480,0	480,0	3840,0	860,0	
Dosif. Unitaria	1	1	8	1,79	
Dosif. por M ³	185,41	185,41	1483,31	331,88	
Dosif. por saco (kg)	50	25	200	44,75	
Dosif. en volum. (lt)	181,77	302,96	904,46	331,88	
Dosif. Unitaria	1	1,7	4,97	1,82	
# de sacos por M ³	3,70	7,42			
# de parihuelas	4 de 31,82 cm por lado				

RESISTENCIA A TRACCION

Edad	28 días					
Fecha de moldeo	12 de marzo					
Fecha de rotura	9 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	26,4	26,4	22,7	28,0	21,2	23,2
Carga Media (kg)	24,65					
Area (cm ²)	6,502					
Resist. Tracc.	3,79 Kg/cm ²					

RESISTENCIA A COMPRESION

PROBETAS CUBICAS

Edad	28 días					
Fecha de moldeo	12 de marzo					
Fecha de rotura	9 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	695,0	657,0	652,0	656,0	558,3	690,9
Carga Media (kg)	651,53					
Area (cm ²)	25					
Resist. Compres.	26,06 Kg/cm ²					

PROBETAS CILINDRICAS

Edad	28 días					
Fecha de moldeo	12 de marzo					
Fecha de rotura	9 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	372,0	370,3	370,9	368,9	371,0	372,0
Carga Media (kg)	370,85					
Area (cm ²)	19,635					
Resist. Compres.	18,89 Kg/cm ²					

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

MORTEROS BASTARDOS. CAL APAGADA DE LOJA

Tipos		IV D, 4D, 4D'			
Dosificación		1 : 2 : 6			
Material	Cemento	Cal	Arena	Agua	
Dosif. Peso (gr)	533,3	1067,0	3200,0	860,0	
Dosif. Unitaria	1	2	6	1,61	
Dosif. por M ³	205,38	410,76	1232,28	330,66	
Dosif. por saco (kg)	50	50	150	40,25	
Dosif. por volum. (lt)	201,35	671,18	751,40	330,66	
Dosif. Unitaria	1	3,3	3,73	1,64	
# de sacos/M ³	4,10	8,21			
# de parihuelas	3 de 31,82 cm por lado				

RESISTENCIA A TRACCION

Edad	28 días					
Fecha de moldeo	12 de marzo					
Fecha de rotura	9 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	25,6	29,3	28,6	28,2	23,8	24,5
Carga Media (kg)	26,66					
Area (cm ²)	6,502					
Resist. Tracc.	4,10 Kg/cm ²					



RESISTENCIA A COMPRESION

PROBETAS CUBICAS

Edad	28 días					
Fecha de moldeo	12 de marzo					
Fecha de rotura	9 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	1017,3	985,1	1042,3	1038,0	1054,0	997,0
Carga Media (kg)	1022,28					
Area (cm ²)	25					
Resist. Compres.	40,89 Kg/cm ²					

PROBETAS CILINDRICAS

Edad	28 días					
Fecha de moldeo	12 de marzo					
Fecha de rotura	9 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	332,5	374,9	324,4	370,8	368,9	340,0
Carga Media (kg)	351,92					
Area (cm ²)	19,635					
Resist. Compres.	17,92 Kg/cm ²					

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

MORTEROS BASTARDOS. CAL APAGADA DE LOJA

Tipos		VD, 5D, 5D'			
Dosificación		1 : 2 : 8			
Material	Cemento	Cal	Arena	Agua	
Dosif. Peso (gr)	435,9	872,4	3491,0	860,0	
Dosif. Unitaria	1	2	8	1,97	
Dosif. por M ³	167,92	335,83	1343,34	330,80	
Dosif. por saco (kg)	50	50	200	49,50	
Dosif. en volum. (lt)	164,63	548,74	819,11	330,80	
Dosif. Unitaria	1	3,3	4,97	2	
# de sacos/M ³	3,35	6,72			
# de parihuelas	4 de 31,82 cm por lado				

RESISTENCIA A TRACCION

Edad	28 días					
Fecha de moldeo	13 de marzo					
Fecha de rotura	10 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	26,9	27,8	27,8	31,8*	23,8	25,6
Carga Media (kg)	26,38					
Area (cm ²)	6,502					
Resist. Tracc.	4,06 Kg/cm ²					

RESISTENCIA A COMPRESION

PROBETAS CUBICAS

Edad	28 días					
Fecha de moldeo	13 de marzo					
Fecha de rotura	10 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	663,5	700,9	699,8	679,7	701,8	658,4
Carga Media (kg)	684,02					
Area (cm ²)	25					
Resist. Compres.	27,36 Kg/cm ²					

PROBETAS CILINDRICAS

Edad	28 días					
Fecha de moldeo	13 de marzo					
Fecha de rotura	10 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	339,8	309,0	340,5	330,5	340,0	318,9
Carga Media (kg)	329,78					
Area (cm ²)	19,635					
Resist. Compres.	16,79 Kg/cm ²					

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

MORTEROS BASTARDOS. CAL APAGADA DE LOJA

Tipos		VID, 6D, 6D'			
Dosificación		1 : 2 : 10			
Material	Cemento	Cal	Arena	Agua	
Dosif. Peso (gr)	368,94	739,07	3692,40	860,0	
Dosif. Unitaria	1	2	10	2,33	
Dosif. por M ³	142,02	284,04	1420,2	330,91	
Dosif. por saco (kg)	50	50	250	58,25	
Dosif. en volum. (lt)	139,23	464,12	865,98	330,91	
Dosif. Unitaria	1	3,3	6,22	2,38	
# de sacos /M ³	2,84	5,68			
# de parihuelas	5 de 31,82 cm por lado				

RESISTENCIA A TRACCION

Edad	28 días					
Fecha de moldeo	13 de marzo					
Fecha de rotura	10 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	22,0	20,5	20,9	24,0	19,6	20,6
Carga Media (kg)	21,27					
Area (cm ²)	6,502					
Resist. Tracc.	3,27 Kg/cm ²					

RESISTENCIA A COMPRESION

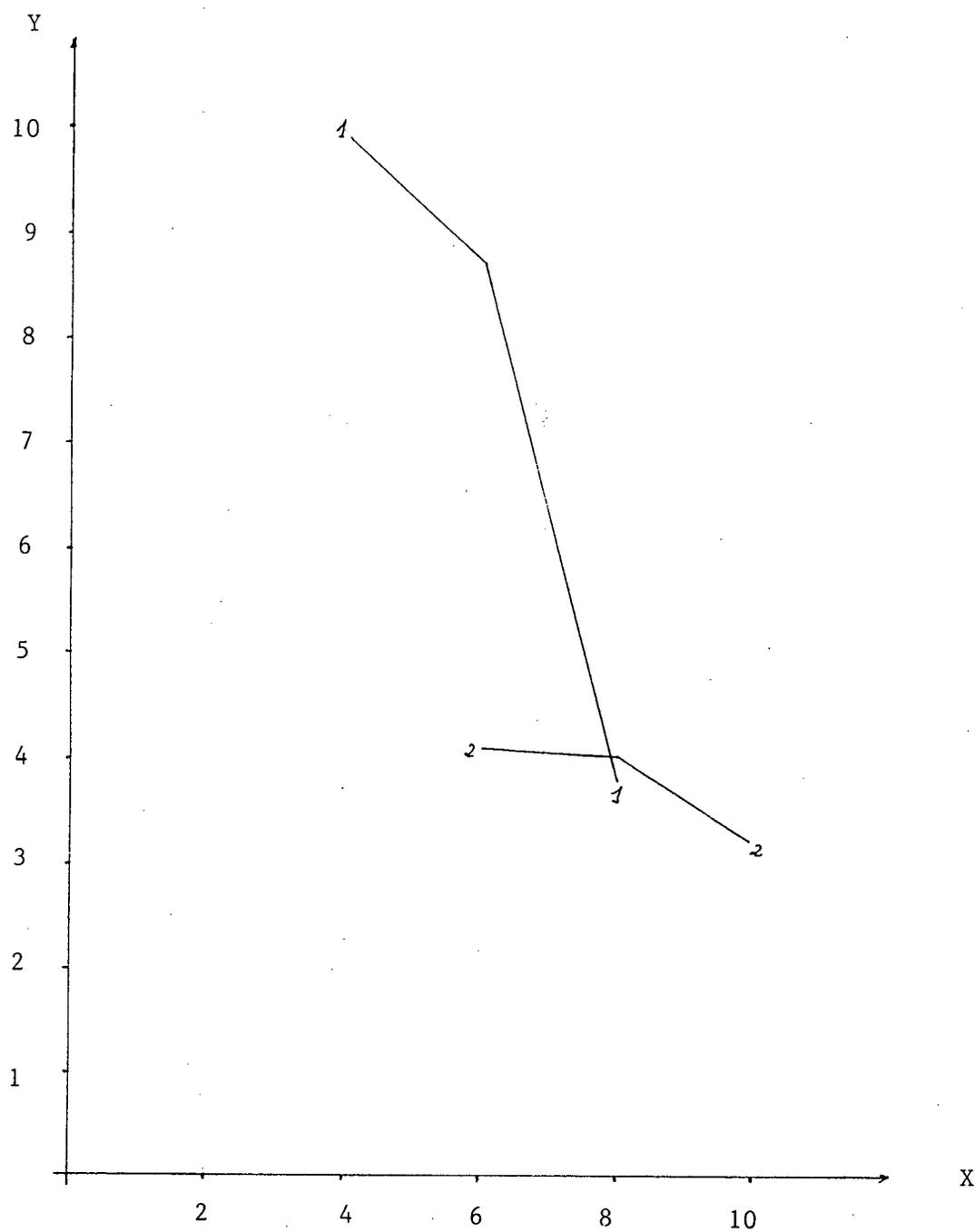
PROBETAS CUBICAS

Edad	28 días					
Fecha de moldeo	13 de marzo					
Fecha de rotura	10 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	490,7	574,2	552,9	495,3	550,8	570,9
Carga Media (kg)	539,13					
Area (cm ²)	25					
Resist. Compres.	21,56 Kg/cm ²					

PROBETAS CILINDRICAS

Edad	28 días					
Fecha de moldeo	13 de marzo					
Fecha de rotura	10 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	288,5	268,0	229,9	230,0	259,0	280,8
Carga Media (kg)	259,37					
Area (cm ²)	19,635					
Resist. Compres.	13,21 Kg/cm ²					

CAL APAGADA DE LOJA



CURVAS DE TRACCION

MORTEROS BASTARDOS DISEÑADOS EN PESO

TIPOS: ID, IID, IIID. Cal : 1 ; cemento: 1 (1-1)

IVD, VD, VID. Cal : 2 ; cemento: 1 (2-2)

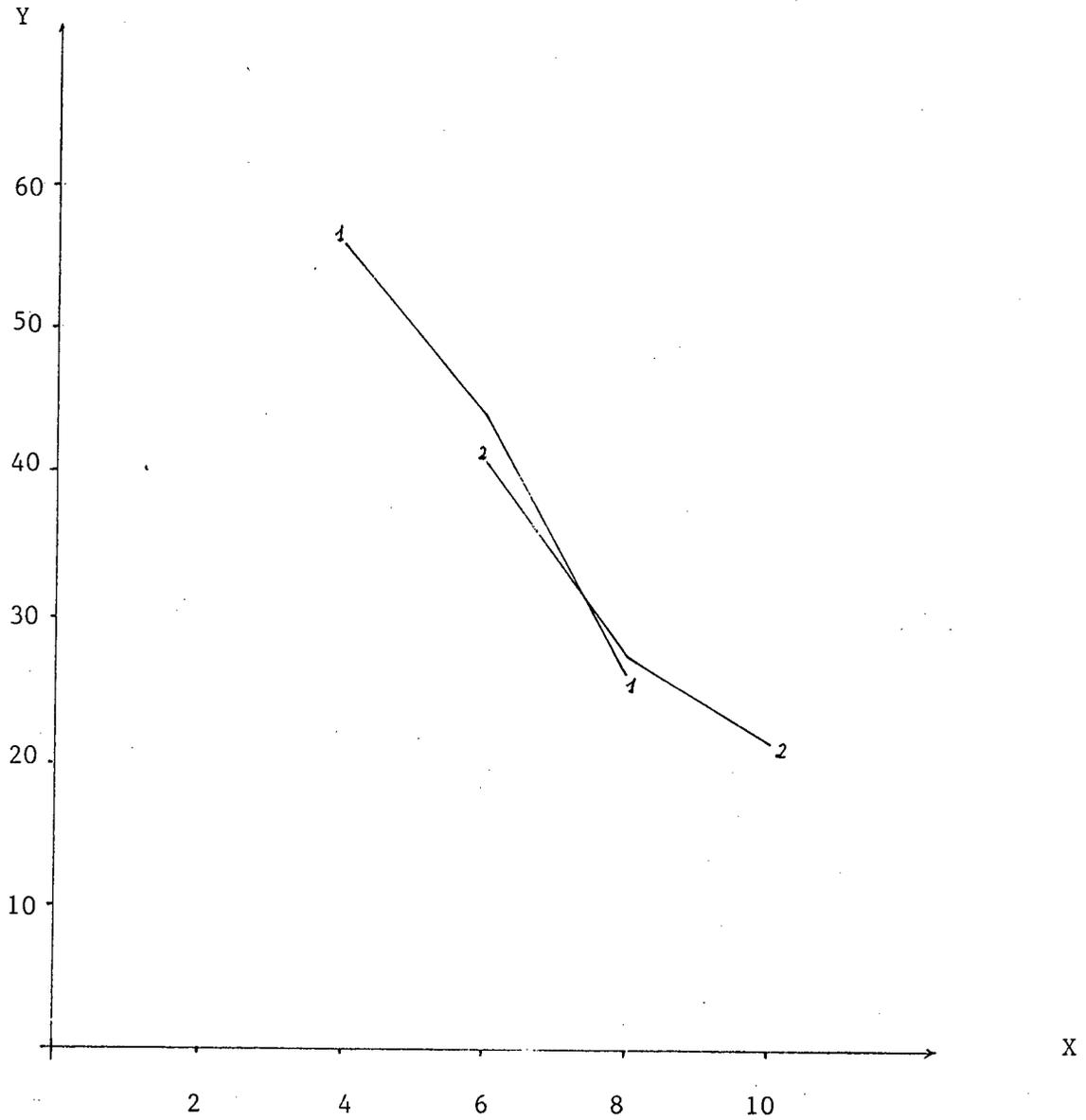
1-1 Resistencia a los 28 días

2-2 Resistencia a los 28 días

X = Proporción de arena

Y = Resistencia de Tracción Kg/cm²

CAL APAGADA DE LOJA



CURVAS DE COMPRESION. PROBETAS CUBICAS

MORTEROS BASTARDOS DISEÑADOS EN PESO

TIPOS: 1D, 2D, 3D. Cal:1; cemento: 1 (1-1)

4D, 5D, 6D. Cal:2; cemento: 1 (2-2)

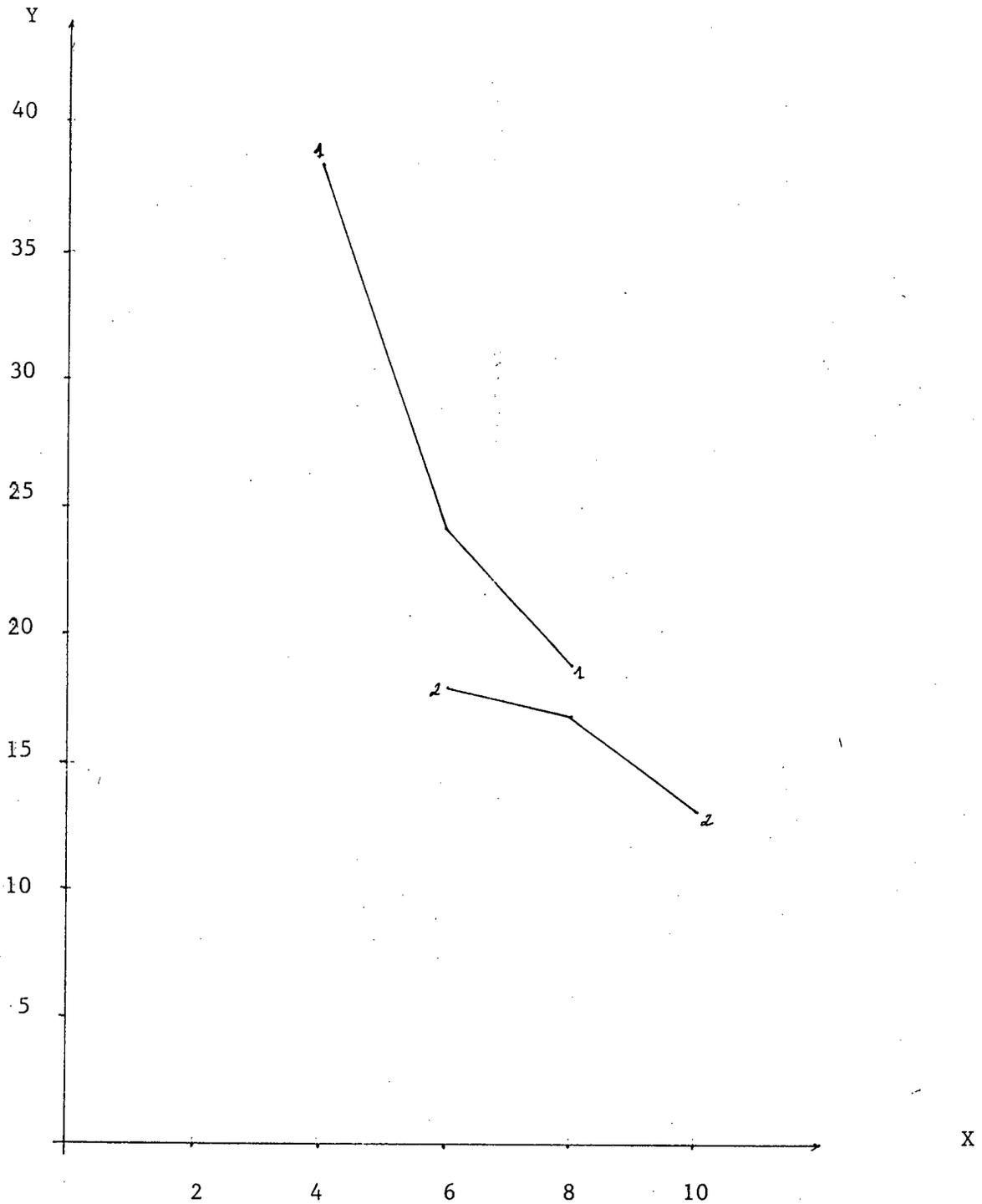
1-1 Resistencia a los 28 días

2-2 Resistencia a los 28 días

X = Proporción de arena

Y = Resistencia de compresión Kg/cm²

CAL APAGADA DE LOJA



CURVAS DE COMPRESION. PROBETAS CILINDRICAS

MORTEROS BASTARDOS DISEÑADOS EN PESO

TIPOS: 1D', 2D', 3D'. Cal: 1; cemento: 1 (1-1)

4D', 5D', 6D'. Cal: 2; cemento: 1 (2-2)

1-1 Resistencia a los 28 días

2-2 Resistencia a los 28 días

X = Proporción de arena

Y = Resistencia de Compresión Kg/cm²

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

MORTEROS BASTARDOS. CAL DE ALTO HORNO

Tipos		IE, 1E, 1E'			
Dosificación		1 : 1 : 4			
Material		Cemento	Cal	Arena	Agua
Dosif. Peso (gr)		827,0	827,0	3307,0	563,0
Dosif. Unitaria		1	1	4	0,68
Dosif. por M ³		355,81	355,81	1423,24	241,95
Cant. por saco (kg)		50	50	200	34
Dosif. en volum. (lt)		348,83	253,69	867,83	241,95
Dosif. unitaria		1	0,73	2,49	0,69
# de sacos/M ³		7,12	7,12		
# de parihuelas		4 de 31,82 cm por lado			

RESISTENCIA A TRACCION

Edad	28 días					
Fecha de moldeo	5 de marzo					
Fecha de rotura	2 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	128,9	158,9*	114,3	113,8	114,2	150,9*
Carga Media (kg)	117,8					
Area (cm ²)	6,502					
Resist. Tracc.	18,12 Kg/cm ²					

RESISTENCIA A COMPRESION

PROBETAS CUBICAS

Edad	28 días					
Fecha de moldeo	5 de marzo					
Fecha de rotura	2 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	4204,5	4426,3	4529,7	4502,7	4208,9	4420,0
Carga Media (kg)	4382,02					
Area (cm ²)	25					
Resist. Compres.	175,28 Kg/cm ²					

PROBETAS CILINDRICAS

Edad	28 días					
Fecha de moldeo	5 de marzo					
Fecha de rotura	2 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	1182,2	1289,0	1543,3*	1540,0	1200,0	1282,0
Carga Media (kg)	1298,64					
Area (cm ²)	19,635					
Resist. Compres.	66,14 Kg/cm ²					

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

MORTEROS BASTARDOS. CAL DE ALTO HORNO

Tipos		IIE, 2E, 2E'			
Dosificación		1 : 1 : 6			
Material	Cemento	Cal	Arena	Agua	
Dosif. Peso (gr)	620,0	620,0	3720,0	563,0	
Dosif. Unitaria	1	1	6	0,91	
Dosif. por M ³	265,5	265,5	1593,02	241,60	
Cant. por saco (kg)	50	50	300	45,5	
Dosif. en volum. (lt)	270,81	189,3	971,35	241,6	
Dosif. Unitaria	1	0,7	3,59	0,89	
# de sacos por M ³	5,31	5,31			
# de parihuelas	6 de 31,82 cm por lado				

RESISTENCIA A TRACCION

Edad	28 días					
Fecha de moldeo	5 de marzo					
Fecha de rotura	2 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	96,0	82,0	94,5	100,5	85,6	93,4
Carga Media (kg)	92,00					
Area (cm ²)	6,502					
Resist. Tracc.	14,15 Kg/cm ²					

RESISTENCIA A COMPRESION

PROBETAS CUBICAS

Edad	28 días					
Fecha de moldeo	5 de marzo					
Fecha de rotura	2 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	2594,5	2804,6	2524,1	2572,3	2720,0	2800,0
Carga Media (kg)	2669,25					
Area (cm ²)	25					
Resist. Compres.	106,77 Kg/cm ²					

PROBETAS CILINDRICAS

Edad	28 días					
Fecha de moldeo	5 de marzo					
Fecha de rotura	2 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	821,0	896,5	1059,8	890,0	820,0	935,0
Carga Media (kg)	903,72					
Area (cm ²)	19,635					
Resist. Compres.	46,02 Kg/cm ²					

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

MORTEROS BASTARDOS. CAL DE ALTO HORNO

Tipos		IIIE, 3E, 3E'			
Dosificación		1 : 1 : 8			
Material	Cemento	Cal	Arena	Agua	
Dosif. Peso (gr)	496,0	496,0	3968,0	443,0	
Dosif. Unitaria	1	1	8	0,89	
Dosif. por M ³	223,59	223,59	1788,75	198,99	
Cant. por saco (kg)	50	50	400	44,50	
Dosif. en volum. (lt)	228,06	159,42	1090,7	198,99	
Dosif. Unitaria	1	0,70	4,78	0,87	
# de sacos/M ³	4,47	4,47			
# de parihuelas	8 de 31,82 cm por lado				

RESISTENCIA A TRACCION

Edad	28 días					
Fecha de moldeo	9 de marzo					
Fecha de rotura	6 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	54,9	49,1	48,3	57,6	55,9	45,4
Carga Media (kg)	51,87					
Area (cm ²)	6,502					
Resist. Tracc.	7,98 Kg/cm ²					

RESISTENCIA A COMPRESION

PROBETAS CUBICAS

Edad	28 días					
Fecha de moldeo	9 de marzo					
Fecha de rotura	6 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	1366,0	1344,8	1423,9	1320,0	1420,7	1360,0
Carga Media (kg)	1372,6					
Area (cm ²)	25					
Resist. Compres.	54,90 Kg/cm ²					

PROBETAS CILINDRICAS

Edad	28 días					
Fecha de moldeo	9 de marzo					
Fecha de rotura	6 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	700,2	711,9	614,5	614,0	710,8	700,5
Carga Media (kg)	675,32					
Area (cm ²)	19,635					
Resist. Compres.	34,39 Kg/cm ²					

Cámara húmeda, temperatura $21 \pm 1,7$ °C. Humedad relativa del 90%.

Máquina de ensayo, en nuestro caso se usará la máquina Universal, la misma que tiene el equipo necesario para las distintas mediciones, capaz de aplicar una carga de 600 ± 25 Kg por pulgada cuadrada.

b.- Preparación de los moldes.-

b.1.- Cubrir las caras interiores de los moldes con una capa delgada de aceite.

b.2.- Cubrir las superficies de contacto entre las mitades de cada molde con una capa delgada de aceite.

b.3.- Ensamblar los moldes y eliminar el exceso de aceite de las caras interiores y de la superficie superior e inferior de cada molde.

b.4.- Colocar los moldes sobre placas planas y no absorbentes, en nuestro ensayo se usarán placas de vidrio.

c.- Preparación de la muestra.-

Se prepara para cada ensayo tres o más especímenes, usando una mezcla proporcionada por peso de una parte de cemento a tres partes de arena. La cantidad de material que se debe mezclar es de 1000 gr como mínimo y 1200gr como máximo, lo cual es suficiente para fabricar seis briquetas.

RESISTENCIA A COMPRESION

PROBETAS CUBICAS

Edad	28 días					
Fecha de moldeo	9 de marzo					
Fecha de rotura	6 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	3200,0	3564,3	3640,5	3620,8	3250,0	3560,0
Carga Media (kg)	3472,63					
Area (cm ²)	25					
Resist. Compres.	138,90 Kg/cm ²					

PROBETAS CILINDRICAS

Edad	28 días					
Fecha de moldeo	9 de marzo					
Fecha de rotura	6 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	1480,3	1265,7	1341,1	1340,0	1450,9	1480,3
Carga Media (kg)	1393,05					
Area (cm ²)	19,635					
Resist. Compres.	70,95 Kg/cm ²					

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

MORTEROS BASTARDOS. CAL DE ALTO HORNO

Tipos					V E, 5E, 5E'				
Dosificación					1 : 2 : 8				
Material	Cemento	Cal	Arena	Agua					
Dosif. Peso (gr)	450,92	901,73	2907,25	515,82					
Dosif. Unitaria	1	2	8	1,14					
Dosif. por M ³	196,72	393,44	1573,75	224,26					
Cant. por saco (kg)	50	100	400	57					
Dosif. en volum. (lt)	200,65	280,52	959,60	224,26					
Dosif. Unitaria	1	1,40	4,78	1,12					
# de sacos/M ³	3,93	7,87							
# de parihuelas	8 de 31,82 cm por lado								

RESISTENCIA A TRACCION

Edad	28 días					
Fecha de moldeo	10 de marzo					
Fecha de rotura	7 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	87,9	88,6	91,6	92,8	86,5	88,3
Carga Media (kg)	89,28					
Area (cm ²)	6,502					
Resist. Tracc.	13,73 Kg/cm ²					



RESISTENCIA A COMPRESION

PROBETAS CUBICAS

Edad	28 días					
Fecha de moldeo	10 de marzo					
Fecha de rotura	7 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	2149,1	2149,1	1922,0	2100,0	2000,0	2150,0
Carga Media (kg)	2078,37					
Area (cm ²)	25					
Resist. Compres.	83,13 Kg/cm ²					

PROBETAS CILINDRICAS

Edad	28 días					
Fecha de moldeo	10 de marzo					
Fecha de rotura	7 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	882,0	872,2	882,0	870,9	880,0	880,8
Carga Media (kg)	877,98					
Area (cm ²)	19,635					
Resist. Compres.	44,71 Kg/cm ²					

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

MORTEROS BASTARDOS. CAL DE ALTO HORNO

Tipos		VI E, 6E, 6E'			
Dosificación		1 : 2 : 10			
Material		Cemento	Cal	Arena	Agua
Dosif. Peso (gr)		368,94	739,07	3692,4	860,0
Dosif. Unitaria		1	2	10	2,33
Dosif. por M ³		142,02	284,04	1420,2	330,91
Cant. por saco (kg)		50	50	250	58,25
Dosif. en volum. (lt)		139,23	464,12	865,98	330,91
Dosif. Unitaria		1	3,3	6,22	2,38
# de sacos/M ³		2,84	5,68		
# de parihuelas		5 de 31,82 cm por lado			

RESISTENCIA A TRACCION

Edad	28 días					
Fecha de moldeo	10 de marzo					
Fecha de rotura	7 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	56,4	55,7	52,7	59,4	62,8	56,3
Carga Media (kg)	57,22					
Area (cm ²)	6,502					
Resist. Tracc.	8,80 Kg/cm ²					

RESISTENCIA A COMPRESION

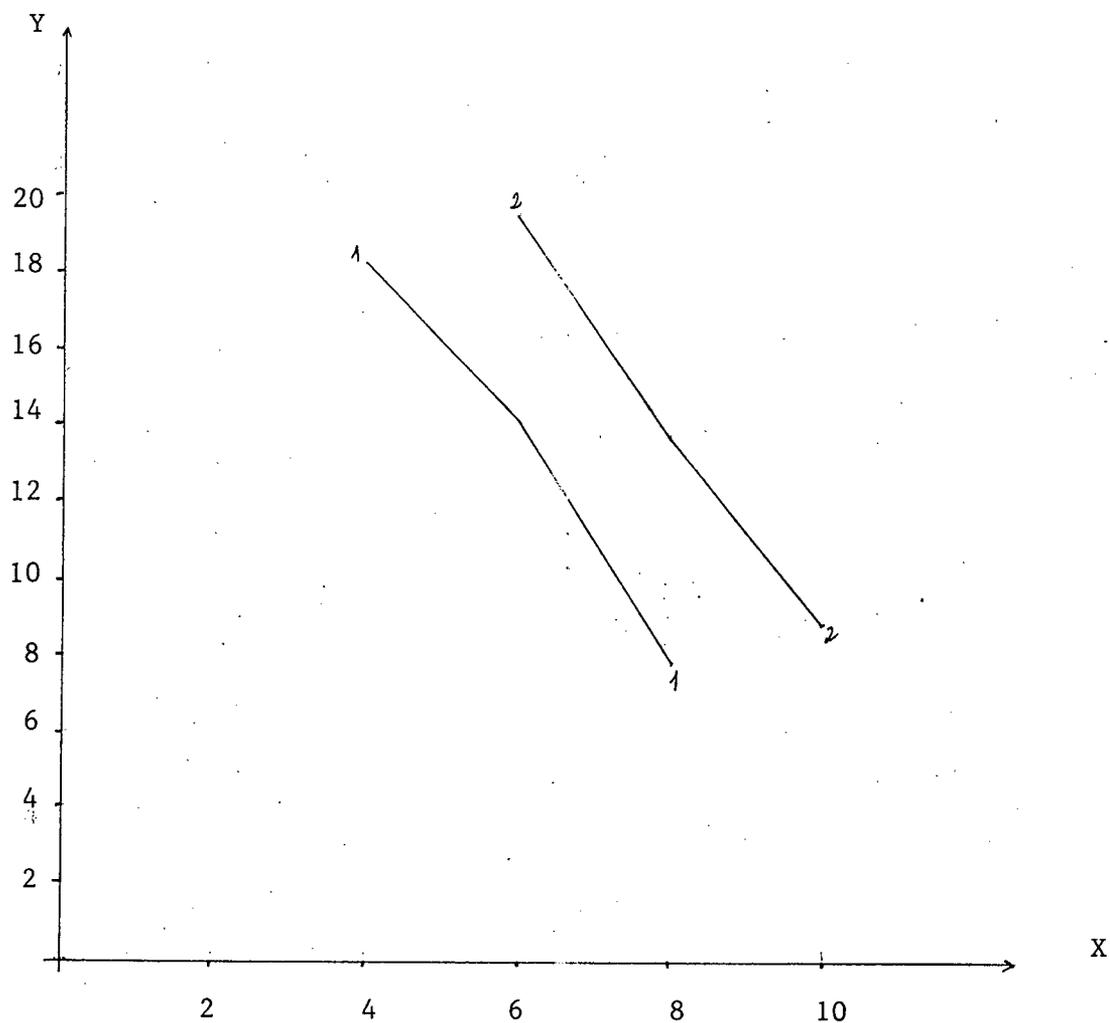
PROBETAS CUBICAS

Edad	28 días					
Fecha de moldeo	10 de marzo					
Fecha de rotura	7 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	1366,0	1587,2	1454,6	1450,0	1580,7	1450,0
Carga Media (kg)	1481,42					
Area (cm ²)	25					
Resist. Compres.	59,26 Kg/cm ²					

PROBETAS CILINDRICAS

Edad	28 días					
Fecha de moldeo	10 de marzo					
Fecha de rotura	7 de abril					
Muestras	1	2	3	4	5	6
Cargas (kg)	681,9	747,0	802,0	800,0	792,0	690,0
Carga Media (kg)	752,15					
Area (cm ²)	19,635					
Resist. Compres.	38,31 Kg/cm ²					

CAL DE ALTO HORNO



CURVAS DE TRACCION.

MORTEROS BASTARDOS DISEÑADOS EN PESO

TIPOS: IE, IIE, IIIE. Cal: 1; cemento: 1 (1-1)

IVE, VE, VIE. Cal: 2; cemento: 1 (2-2)

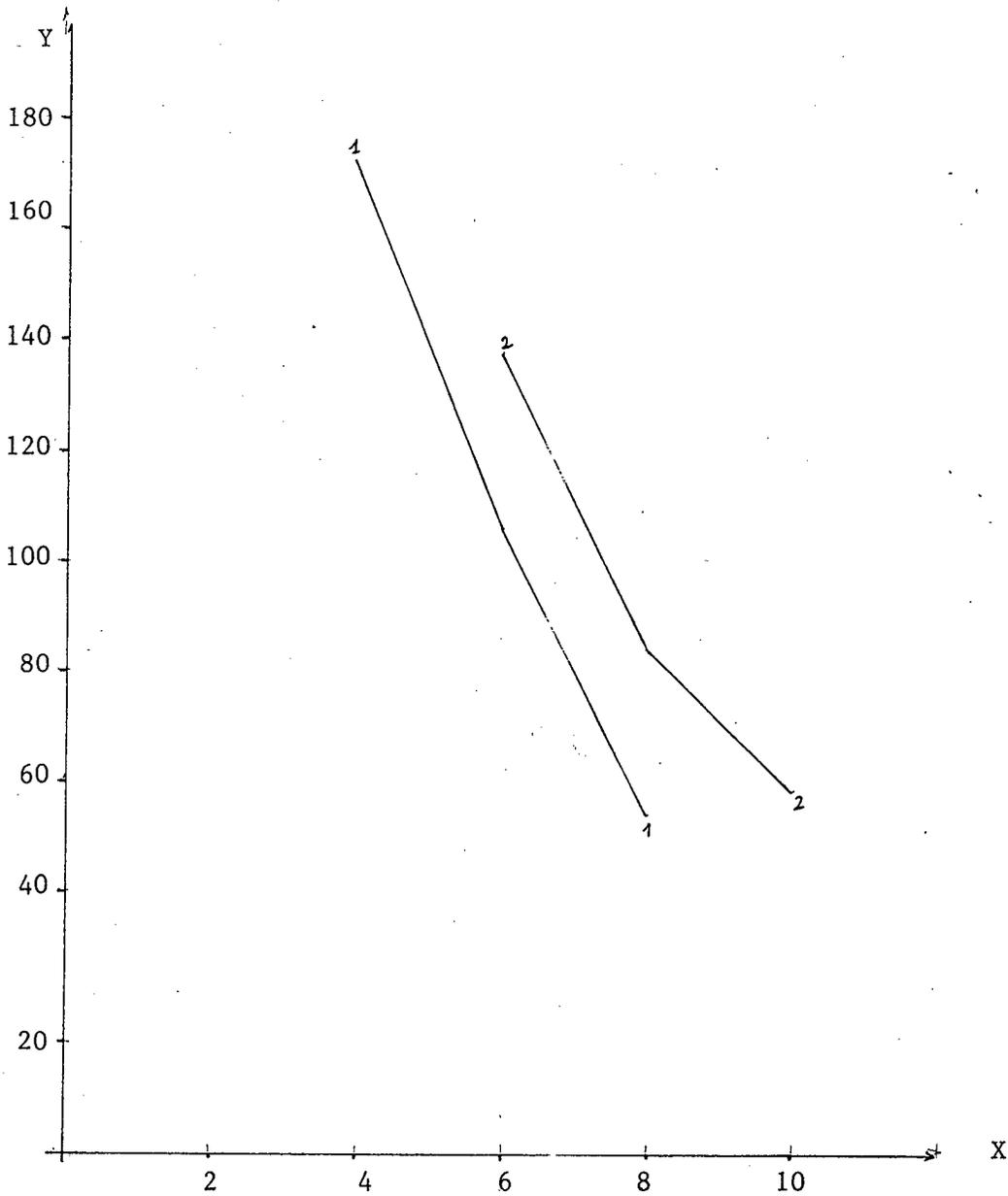
1-1 Resistencia a los 28 días

2-2 Resistencia a los 28 días

X = Proporción de arena

Y = Resistencia de Tracción Kg/cm²

CAL DE ALTO HORNO



CURVAS DE COMPRESION. PROBETAS CUBICAS

MORTEROS BASTARDOS DISIGNADOS EN PESO

TIPOS: 1E, 2E, 3E. Cal: 1; cemento: 1 (1-1)

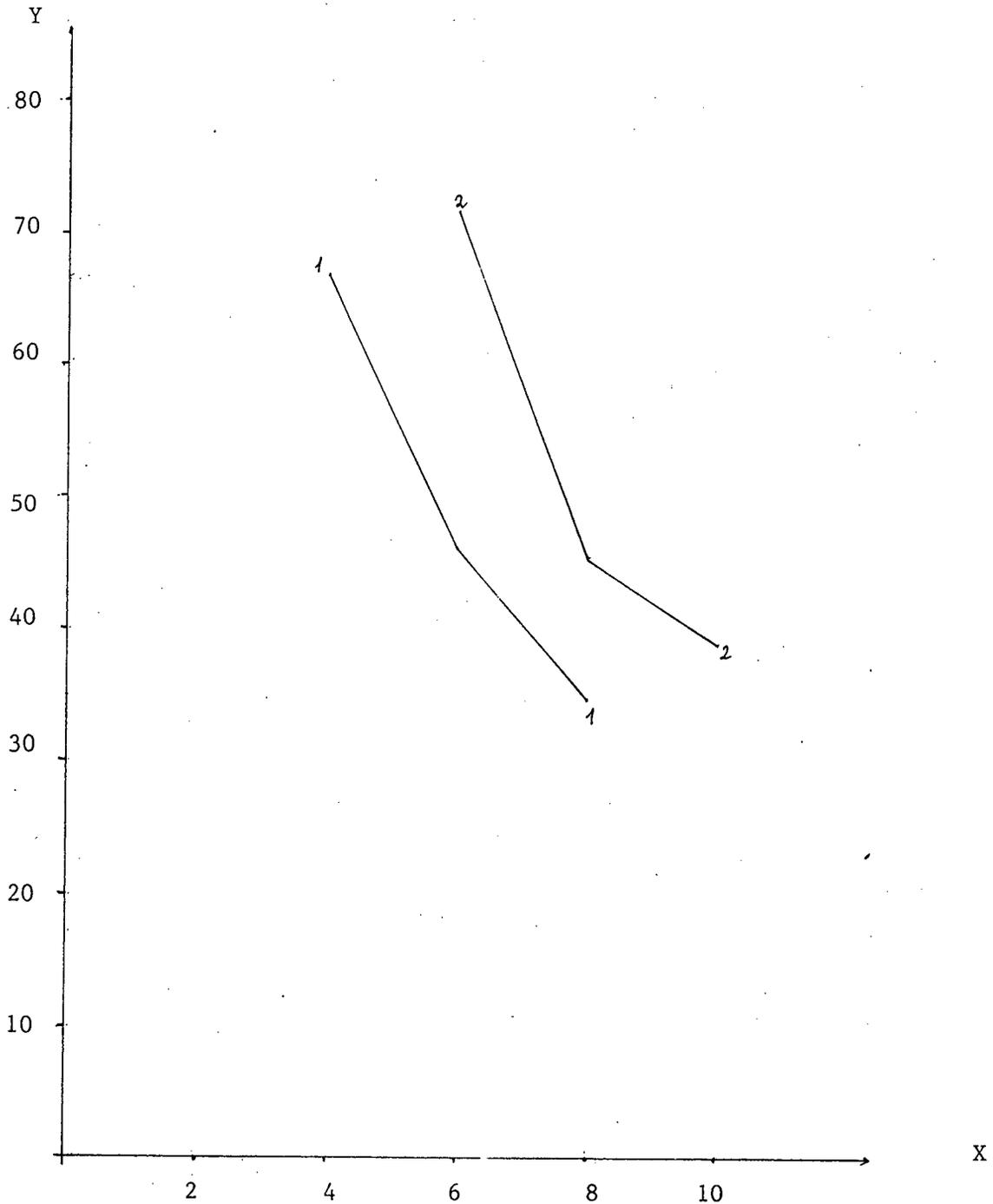
4E, 5E, 6E. Cal: 2; cemento: 1 (2-2)

1-1 Resistencia a los 28 días

2-2 Resistencia a los 28 días

X = Proporción de arena

Y = Resistencia de Compresión Kg/cm²



CURVAS DE COMPRESION. PROBETAS CILINDRICAS

MORTEROS BASTARDOS DISEÑADOS EN PESO

TIPOS: 1E', 2E', 3E'. Cal: 1, cemento: 1 (1-1)

4E', 5E', 6E'. Cal: 2; cemento: 1 (2-2)

1-1 Resistencia a los 28 días

2-2 Resistencia a los 28 días

X = Proporción de arena

Y = Resistencia de Compresión en Kg/cm²

4.9.6. RESUMEN DE RESISTENCIAS

4.9.6.1. MORTEROS COMUNES

a.- Morteros de Cemento Rocafuerte. Dosificación en Peso.

Dosif.	σ Tracc. (kg/cm ²) 28 días	Probetas Cubicas σ Compresión (Kg/cm ²)		Probetas Cilind. σ Compres. (kg/cm ²)	
		7 días	28 días	7 días	28 días
1:3	22,28	63,62	165,87	69,64	101,80
1:4	16,21	41,99	71,60	43,94	64,64
1:5	11,85	29,55	61,04	22,48	52,66
1:6	9,06	27,15	37,34	17,24	46,07
1:7	7,92	16,92	36,47	14,95	34,71
1:8	7,68	16,42	34,13	12,55	29,13
1:9	5,53	14,14	30,57	12,22	27,42
1:10	4,72	12,42	25,48	10,44	26,96

b.- Morteros de Cal Apagada de Loja. Dosificación en Peso

Dosif.	σ Tracc. (kg/cm ²) 2 meses	Probetas Cubicas σ Compres. (kg/cm ²) 2 meses	Probetas Cilindri. σ Compres. (kg/cm ²) 2 meses
1:3	5,71	29,09	14,06
1:4	3,43	18,41	10,97

Dosificación en Volumen.

1:2	5,20	24,69	27,75
1:3	4,75	18,62	16,22
1:4	3,75	14,27	15,97

c.- Morteros de Cal de Alto Horno de Asoguez.

Dosificación en Peso

Dosif.	σ Tracc. (kg/cm ²) 2 meses	Probetas Cúbicas σ Compres. (Kg/cm ²) 2 meses	Probetas Cilíndricas σ Compres. (kg/cm ²) 2 meses
1:2	19,31	113,37	65,42
1:3	7,83	49,01	35,04
1:4	2,88	29,17	21,45

Dosificación en Volumen

1:2	14,51	125,30	91,00
1:3	10,21	49,53	41,43
1:4	4,48	33,52	21,85

4.9.6.2. MORTEROS BASTARDOS

a.- Morteros de Cemento + Cal Apagada de Loja

Dosificación en Peso

Dosific.	σ Tracc. (Kg/cm ²) 28 días	Probetas Cúbicas σ Compres. (Kg/cm ²) 28 días	Probetas Cilíndricas σ Compres. (Kg/cm ²) 28 días
1:1:4	9,95	55,93	38,86
1:1:6	8,73	44,14	24,38
1:1:8	3,79	26,06	18,89
1:2:6	4,10	40,89	17,92
1:2:8	4,06	27,36	16,79
1:2:10	3,27	21,56	13,21

b.- Morteros de Cemento + Cal de Alto Horno de Asoguez.

Dosificación en Peso

1:1:4	18,12	175,28	66,14
1:1:6	14,15	106,77	46,02
1:1:8	7,98	54,90	34,39
1:2:6	19,49	138,90	70,95
1:2:8	13,73	83,13	44,71
1:2:10	8,80	59,26	38,31

4.9.7. FORMULAS CONSIDERADAS PARA LAS DIFERENTES DOSIFICACIONES

4.9.7.1. DOSIFICACION EN PESO

El valor exacto de materiales necesarios para preparar $1M^3$ de morteros sin poros, ha sido calculado tomando en cuenta las densidades reales de cada elemento. La suma de volúmenes reales necesarios para las mezclas es:

$$a = \frac{l}{\rho_{Rc}} + \frac{A}{\rho_{RA}} + \frac{a}{\rho_{Ra}}$$

En donde:

$l = c =$ cemento = aglomerante

$A =$ dosificación unitaria de arena

$a =$ dosificación unitaria de agua

El peso por M^3 , cuando es compactado todo, es:

$$G = 1000/a (1 + A + a)$$

Cantidad de material por M^3 en Kg

$$c = G / (1 + A + a)$$

$$A = C \times A$$

$$a = C \times a$$

Cantidad de material por M^3 en Lt.

$$c = \text{Dosif. en peso} / \text{ap. } c$$

$$A = \text{Dosif. en peso} / \text{ap. } a$$

$$a = \text{dosif. en peso} / \text{ap. } a$$

También se puede utilizar las siguientes fórmulas usadas en las dosificaciones de hormigones:

$$CP = VM^3_c + VM^3_a$$

$$C = \frac{CP}{a/c + 1/RC}$$

En donde:

V = volumen

CP = Cantidad de pasta

a/c = relación agua cemento

Cantidad de arena será:

A = Dosif. unitaria en peso de arena x cantidad de cemento

a = cantidad de cemento x a/c

4.9.7.2. DOSIFICACION EN VOLUMEN

Para esta dosificación se ha considerado las densidades reales de cada elemento que constituye la mezcla.

$$c = M. \int a / \int r$$

$$A = M. \int a / \int r$$

$$a = M. \int a / \int r$$

La sumatoria de estos tres resultados nos da el valor total del Volumen Real del mortero: VTR.

La cantidad de mortero por M^3 en Lt. es:

$$c = c / VTR$$

$$A = A / VTR$$

$$a = a / VTR$$

En donde:

$c = A$; a son dosificaciones unitarias especificadas.

Para encontrar la dosificación en peso se consideró las densidades aparentes de cada elemento.

4.10. OBSERVACIONES

4.10.1. Para realizar los ensayos de Tracción y Compresión de probetas cúbicas como cilíndricas se han ensayado 6 muestras de cada dosi-

ficación; los cálculos se han efectuado bajo la siguiente norma:

- 1.- Se halla la media aritmética de las cargas
- 2.- Se considera un límite máximo igual a la media + 15% - de la Media.
- 3.- Se considera un límite mínimo igual a la Media - 15% - de la Media.
- 4.- Si uno o dos ensayos quedan fuera del intervalo comprendido dentro de estos límites, se desechan estos resultados y se halla la nueva media de las cargas restantes, que es precisamente el valor de la carga media que determinará el valor de la resistencia buscada.
- 5.- Si tres o más de los ensayos caen fuera de dicho intervalo - hay que repetir el ensayo.

En los cálculos presentados, el asterisco corresponde a los valores de las cargas que no están dentro de los límites mencionados.

4.10.2. Analizados los valores de las Resistencias de Tracción y Compresión de los diferentes morteros comunes sean éstos con Cal Apagada de Loja y Cal de Alto Horno de Asoguez bajo las diferentes dosificaciones; observamos que los segundos alcanzan resistencias mayores, esto es debido al alto grado de finura del aglomerante que actúa como lubricante sólido entre las partículas de arena proporcionando morteros de excelente calidad y trabajabilidad.

En cuanto a los morteros bastardos; al adicionar al mortero de cemento cal, observamos que la trabajabilidad de éste aumenta, debido a que la lechada de la cal disminuye la tensión superficial de la pasta con

glomerante y contribuye a mojar los agregados. En los valores analizados la adición a los morteros de cemento, Cal de alto horno, nos dió resistencias bastante altas debido a que este material tiene características físicas casi aproximadas a las del cemento Rocafuerte.

CAPITULO V

GENERALIDADES Y ANALISIS DE COSTO

5.1. GENERALIDADES

Como todo concepto fundamental el costo de un rubro, elemento o conjunto en general, está regido por características específicas, así:

1.- El análisis de Costos es aproximado, al no existir dos procesos constructivos iguales, el intervenir la habilidad personal del operario y el hacerse en condiciones promedio de consumos, insumos y desperdicios, permite asegurar que el cálculo monetario del costo no sea matemáticamente exacto.

2.- El análisis de costo es específico, puesto que a cada proceso constructivo se integra en base a sus condiciones específicas de tiempo, lugar y secuencia de eventos.

3.- El análisis de costo es dinámico, el mejoramiento constante de materiales, equipos, procesos constructivos, técnicas de planeación, organización, dirección, control, incrementos de costo de adquisición, establece la necesidad de una actualización constante de los costos.

4.- El análisis de costos puede elaborarse inductiva y deductivamente. Si de los hechos deducimos el resultado se estará analizando el costo inductivamente.

Si a través del razonamiento partimos del todo conocido para llegar a las partes desconocidas, se estará analizando el costo deductivamente.

5.- El costo está precedido de costos anteriores y éste a su vez es integrante de costos posteriores.

5.2. ANALISIS DEL COSTO EN LA CONSTRUCCION

El costo o presupuesto de una obra es la sumatoria de todas las inversiones necesarias, porcentaje de imprevistos y el porcentaje de utilidades que se requiere para su total y correcta ejecución y terminación de una obra establecida, sujeta a pautas técnico legales determinadas y dentro de un tiempo de ejecución fijado de antemano.

El costo total de un rubro de construcción está formado por el Costo Directo y el Costo Indirecto.

5.2.1. COSTO DIRECTO

Son aquellos gastos que tienen aplicación a un producto determinado, como material, mano de obra laboral y equipo necesario para la realización de un proceso constructivo.

El Costo Directo a su vez puede ser:

Costo Directo Preliminar, que es la suma de los gastos de material, de mano de obra laboral y equipo necesario para la elaboración de un subproducto.

Costo Directo Final, es la suma de gastos de material, mano de obra laboral y subproductos para la elaboración de un producto.

Los costos directos están influenciados por una serie de variables, las mismas que pueden ser: Variables Propiamente Dichas, en las cuales se considera, los valores de materiales, mano de obra laboral y equipo.

Variables Condicionales, podemos considerar las cantidades de cada uno de estos integrantes, es decir la parte que representa dentro de un costo directo. Podemos indicar que estas variables pueden convertirse en constantes para una obra específica o para un rango de obras promedio.

En consecuencia las variables propiamente dichas lo serán en función del tiempo y las variables condicionales lo serán en función del método constructivo, tipo de edificación y la tendencia estadística.

Si en un costo determinado llegásemos a convertir las variables condicionales en constantes, determinadas por valores promedio estadísticos, tendríamos controlado una gran parte del proceso constructivo y podríamos con mayor seguridad presuponer costos a tiempo inmediato y mediano, ya que, como su nombre lo indica, Presupuesto no es otra cosa que anticipar una serie de suposiciones con tendencias controladas a un tiempo inmediato. Por lo tanto el presupuesto ideal sería el que estuviere integrado por variables controladas, que circunstancialmente se convertirían en constantes.

Razones específicas en la realización del presente trabajo hacen que se fijen la atención de los costos directos de producción y de éstos lo concerniente a costos de materiales como elementos fundamentales en la fabricación de los morteros.

En lo referente a costos de mano de obra y equipo utilizado, por constituir variables para cada elemento constructivo, éstas no serán analizadas en el presente estudio.

a.- Costo de Materiales.- La cantidad de materiales que se utilizan en la fabricación o construcción de un elemento constructivo, multiplicado por su costo unitario nos da el primer elemento de precio.

El costo de los materiales lo forma el precio de compra, el costo de transporte hasta la obra donde ha de utilizarse y el desperdicio - que puede sufrir, dependiendo esto último del tipo de material y de su ca lidad.

5.2.2. COSTO INDIRECTO

Es la suma de gastos técnico-administrativos necesarios pa ra la correcta realización de cualquier proceso constructivo.

Se clasifican en:

Costo indirecto de operación.- Que es la suma de gastos que por su naturaleza son de aplicación a todas las obras efectuadas en un tiempo determinado.

Costo indirecto de obra.- Es la suma de todos los gastos que por su naturaleza son aplicables a todos los rubros de una obra en particular.

5.3. ANALISIS BASICOS

Los precios básicos y costos primarios son aquellos que intervienen en la formación de un precio unitario o precio de aplicación. Entre éstos se enlistan: los precios de los materiales, los salarios de mano de obra, el costo horario de máquinas, los morteros y hormigones.

5.3.1. COSTOS PRIMARIOS

LECHADAS.- Son mezclas simples de cemento y agua; de cemento, cal y agua, que se utilizan para juntar y lechadear así como para pegar o ligar elementos que exigen juntas perdidas, o que por sus dimensiones físicas muy pequeñas exigen aglutinantes casi líquidos o ligeramente pastosos.

MORTEROS.- Son mezclas aglomerantes, arena y agua más o menos plásticas, según el aglomerante, que sirve para pegar o ligar piedras naturales o artificiales e integrar un elemento constructivo. Se clasifican en aéreos y naturales de acuerdo con el aglomerante utilizado.

Cuando son aéreos, a base de cal aérea, sólo deben emplearse al aire; y, cuando son hidráulicos, a base de cemento o aglomerantes hidráulicos, pueden usarse en medios húmedos, dentro del agua o al aire. Se seleccionan de acuerdo con el objetivo a cumplir.

MORTEROS MIXTOS DE CEMENTO Y CAL.- Son mezclas en las que el cemento y la cal entran en partes iguales, y se usan en sustitución de los morteros hidráulicos a base de aglomerantes. Estas mezclas, además de plásticas, se contraen mucho menos que las de cemento, son más impermeables que otros morteros y pueden usarse tanto al aire como en medios altamente húmedos.

5.4. ANALISIS DE COSTO CONSIDERADO EN EL PRESENTE ESTUDIO

En este subtema me referiré al análisis de costo de los morteros con diferentes dosificaciones, los cuales han sido comprobados a esfuerzos de compresión y tracción en la máquina computarizada STM, durante el proceso de investigación llevado a cabo en el Laboratorio de Resistencia de Materiales de la Universidad Técnica Particular de Loja.

Por ser un trabajo investigativo y no un proyecto específico, de jo constancia simplemente del costo parcial del rubro "Elaboración de Morteros", que , como ya se anotó, está formado por los items: materiales, ma no de obra, equipo necesario y gastos indirectos.

El fundamento característico a que conlleva todo este análisis - es poder comparar los datos vertidos en la investigación.

5.4.1. COSTO BASE DE MATERIALES UTILIZADOS PARA LA FABRICACION EN OBRA.

El costo base de materiales que servirá para el análisis del costo unitario por M^3 de mortero, serán los precios de adquisición de materiales a pie de obra.

MATERIAL	UNIDAD	COSTO (\$)
Agua	m ³	5,09
Cemento	saco (50 kg)	548,00
Cal Apagada de Loja	saco (25 kg)	150,00
Cal de Alto Horno	saco (50 kg)	600,00
Arido fino	M ³	1.500,00

5.4.2. EJEMPLO DE CALCULO DE COSTO UNITARIO PARCIAL POR M³ DE MORTERO
TERO

El análisis es para una dosificación 1 : 3 de un mortero de cemento, cuya resistencia a compresión obtenida es 165,87 kg/cm² y Resistencia a Tracción de 102,80 Kg/cm² a los 28 días.

MATERIALES	CANTIDAD POR M ³	DESPERD. %	CANT. TOTAL	VOL. APAR.
Agua	221,42 lt	20	265,7	
Cemento	553,56 kg	3	570,17	
Arido fino	1660,68 m ³	6	1.760,32	1073

AGUA:

$$\begin{aligned}
 &= \text{Costo } (\$ \text{ lt}) \times \text{cantidad (lt)} \\
 &= 0,00509 \text{ } \$/\text{lt} \times 265,7 \text{ lt.} \\
 &= 1.352 \text{ } \$
 \end{aligned}$$

CEMENTO:

$$\begin{aligned}
 &= \text{costo } (\$ \text{ kg}) \times \text{cantidad (kg)} \\
 &= 10,96 \text{ } \$ \text{ kg} \times 570,17 \text{ kg} \\
 &= 6249,06 \text{ } \$
 \end{aligned}$$

ARIDO FINO:

$$\begin{aligned}
 &= \text{costo } (\$ \text{ m}^3) \times \text{cantidad } (\text{m}^3) \\
 &= 1500 \$ / \text{m}^3 \times 1,073 \text{ m}^3 \\
 &= 1609,50 \$
 \end{aligned}$$

COSTO UNITARIO PARCIAL DEL MORTERO:

$$\begin{aligned}
 &= 1,352 + 6249,06 + 1609,50 \\
 &= \$ \underline{7859,91}
 \end{aligned}$$

5.4.3. RESULTADOS

Los resultados del análisis de costo de los morteros con distintas dosificaciones se detalla a continuación.

5.4.3.1. COSTO UNITARIO POR M³ DE MORTEROS DE CEMENTO

Dosif. 1 : 3	Unidad	Cantidad	P.U.	Costo
Materiales:				
Cemento + 3% desperd.	kg	570,17	10,96	6249,06
Arena + 6% desperd.	m ³	1760,32	1500,00	1609,50
Agua + 20% desperd.	lt	265,70	0,00509	1,352
Costo Primario: \$				7859,91

Dosif. 1 : 4	Unidad	Cantidad	P.U.	Costo
Materiales :				
Cemento + 3% desperd.	kg	453,85	10,96	4974,20
Arena + 6% desperd.	m ³	1903,53	1500,00	1708,80
Agua + 20% desperd.	lt	286,40	0,00509	1,458
Costo Primario:				\$ 6684,45
Dosif. 1 : 5	Unidad	Cantidad	P.U.	Costo
Materiales:				
Cemento + 3% desperd.	kg	376,95	10,96	4131,37
Arena + 6% desperd.	m ³	1976,25	1500,00	1774,50
Agua + 20% desperd.	lt	285,45	0,00509	1,453
Costo Primario:				\$ 5907,32
Dosif. 1 : 6	Unidad	Cantidad	P.U.	Costo
Materiales:				
Cemento + 3% desperd.	kg	322,33	10,96	3532,74
Arena + 6% desperd.	m ³	1990,35	1500,00	1821,00
Agua + 20% desperd.	lt	262,87	0,00509	1,34
Costo Primario:				\$ 5355,07
Dosif. 1 : 7	Unidad	Cantidad	P.U.	Costo
Materiales:				
Cemento + 3% desperd.	kg	281,54	10,96	3085,58
Arena + 6% desperd.	m ³	2028,21	1500,00	1855,50
Agua + 20% desperd.	lt	262,40	0,00509	1,335
Costo Primario:				\$ 4942,51

Dosif. 1 : 8	Unidad	Cantidad	P. U.	Costo
Materiales:				
Cemento + 3% desperd.	kg	249,92	10,96	2739,12
Arena + 6% desperd.	m ³	2051,57	1500,00	1876,50
Agua + 20% desperd.	lt	262,05	0,00509	1,334
Costo Primario: \$				4616,96

Dosif. 1 : 9	Unidad	Cantidad	P.U.	Costo
Materiales:				
Cemento + 3% desperd.	kg	224,67	10,96	2462,38
Arena + 6% desperd.	m ³	2080,99	1500,00	1903,50
Agua + 20% desperd.	lt	261,76	0,00509	1,332
Costo Primario: \$				4367,21

Dosif. 1 : 10	Unidad	Cantidad	P.U.	Costo
Materiales:				
Cemento + 3% desperd.	kg	204,06	10,96	2236,50
Arena + 6% desperd.	m ³	2100,12	1500,00	1920,00
Agua + 20% desperd.	lt	261,52	0,00509	1,331
Costo Primario: \$				4157,83

5.4.3.2. COSTO UNITARIO POR M³ DE MORTEROS DE CAL APAGADA
DE LOJA

Dosificación en Peso.

Dosif. 1 : 2	Unidad	Cantidad	P. U.	Costo
Materiales:				
Cal + 3% desperd.	kg	606,62	6,00	3639,71
Arena + 6% desperd.	m ³	1248,58	1500,00	1141,50
Agua + 20% desperd.	lt	416,98	0,00509	2,13
Costo Primario: \$				4783,33

Dosif. 1 : 3	Unidad	Cantidad	P. U.	Costo
Materiales:				
Cal + 3% desperd.	kg	455,57	6,00	2733,40
Arena + 6% desperd.	m ³	1406,51	1500,00	1287,00
Agua + 20% desperd.	lt	419,30	0,00509	2,13
Costo Primario: \$				4022,53

Dosif. 1 : 4	Unidad	Cantidad	P. U.	Costo
Materiales:				
Cal + 3% desperd.	kg	366,04	6,00	2196,20
Arena + 6% desperd.	m ³	1506,90	1500,00	1378,50
Agua + 20% desperd.	lt	417,92	0,00509	2,13
Costo Primario: \$				3576,83

5.4.3.3. COSTO UNITARIO POR M³ DE MORTEROS DE CAL APAGADA
DE LOJA

Dosificación en volumen

Dosif. 1 : 2	Unidad	Cantidad	P. U.	Costo
Materiales:				
Cal + 3% desperd.	kg	149,62	6,00	897,72
Arena + 6% desperd.	m ³	825,28	1500,00	754,50
Agua + 20% Desperd.	lt	273,6	0,00509	1,39
Costo Primario:				\$ 1653,61

Dosif. 1 : 3	Unidad	Cantidad	P. U.	Costo
Materiales:				
Cal + 3% desperd.	kg	139,31	6,00	835,86
Arena + 6% desperd.	m ³	1150,82	1500,00	1053,00
Agua + 20% desperd.	lt	338,88	0,00509	1,72
Costo Primario:				\$ 1890,58

Dosif. 1 : 4	Unidad	Cantidad	P. U.	Costo
Materiales:				
Cal + 3% desperd.	kg	133,63	6,00	801,78
Arena + 6% desperd.	m ³	1472,42	1500,00	1347,00
Agua + 20% desperd.	lt	409,20	0,00509	2,08
Costo Primario:				\$ 2150,86

5.4.3.4. COSTO UNITARIO POR M³ DE MORTEROS DE CAL DE ALTO
HORNO

Dosificación en Peso.

Dosif. 1 : 2	Unidad	Cantidad	P. U.	Costo
Materiales:				
Cal + 3% desperd.	kg	674,54	12,00	8094,48
Arena + 6% desperd.	m ³	1388,38	1500,00	1269,00
Agua + 20% desperd.	lt	345,78	0,00509	1,77
Costo Primario: \$				9365,25

Dosif. 1 : 3	Unidad	Cantidad	P. U.	Costo
Materiales:				
Cal + 3% desperd.	kg	504,91	12,00	6058,92
Arena + 6% desperd.	m ³	1558,90	1500,00	1425,00
Agua + 20% desperd.	lt	347,04	0,00509	1,77
Costo Primario: \$				7485,69

Dosif. 1 : 4	Unidad	Cantidad	P. U.	Costo
Materiales:				
Cal + 3% desperd.	kg	403,46	12,00	4841,52
Arena + 6% desperd.	m ³	1660,84	1500,00	1519,50
Agua + 20% desperd.	lt.	347,83	0,00509	1,77
Costo Primario: \$				6362,80



5.4.3.5. COSTO UNITARIO POR M³ DE MORTEROS DE CAL DE ALTO

HORNO.

Dosificación en Volumen

Dosif. 1 : 2	Unidad	Cantidad	P. U.	Costo
Materiales:				
Cal + 3% desperd.	kg	169,64	12,00	2035,68
Arena + 6% desperd.	m ³	803,16	1500,00	735,00
Agua + 20% desperd.	lt	213,96	0,00509	1,09
Costo Primario: \$				2771,77

Dosif. 1 : 3	Unidad	Cantidad	P. U.	Costo
Materiales:				
Cal + 3% desperd.	kg	157,9	12,00	1894,8
Arena + 6% desperd.	m ³	1121,80	1500,00	1026,00
Agua + 20% desperd.	lt	211,68	0,00509	1,077
Costo Primario: \$				2921,88

Dosif. 1 : 4	Unidad	Cantidad	P. U.	Costo
Materiales:				
Cal + 3% desperd.	kg	151,62	12,00	1819,44
Arena + 6% desperd.	m ³	1435,77	1500,00	1312,50
Agua + 20% desperd.	lt	255,24	0,00509	1,30
Costo Primario: \$				3133,24

5.4.3.6. COSTO UNITARIO POR M³ DE MORTEROS BASTARDOS.

CAL APAGADA DE LOJA

Dosif. 1 : 1 : 4	Unidad	Cantidad	P. U.	Costo
Materiales:				
Cemento + 3% desperd.	kg	319,28	10,96	3499,31
Cal + 3% desperd.	kg	319,28	6,00	1915,68
Arena + 6% desperd.	m ³	1314,30	1500,00	1201,50
Agua + 20% desperd.	lt	399,88	0,00509	2,03
Costo Primario: \$				6618,50
Dosif. 1 : 1 : 6	Unidad	Cantidad	P. U.	Costo
Materiales:				
Cemento + 3% desperd.	kg	239,12	10,96	2620,75
Cal + 3% desperd.	kg	239,12	6,00	1434,72
Arena + 6% desperd.	m ³	1476,53	1500,00	1351,50
Agua + 20% desperd.	lt	398,40	0,00509	2,03
Costo Primario: \$				5409,00
Dosif. 1 : 1 : 8	Unidad	Cantidad	P. U.	Costo
Materiales:				
Cemento + 3% desperd.	kg	190,97	10,96	2093,03
Cal + 3% desperd.	kg	190,97	6,00	1145,82
Arena + 6% desperd.	m ³	1572,31	1500,00	1438,50
Agua + 20% desperd.	m ³	402,75	0,00509	2,05
Costo Primario: \$				4679,40

Continúa

Continuación.

Dosif. 1 : 2 : 6	Unidad	Cantidad	P. U.	Costo
Materiales:				
Cemento + 3% desperd.	kg	211,54	10,96	2318,50
Cal + 3% desperd.	kg	423,08	6,00	2538,48
Arena + 6% desperd.	m ³	1306,22	1500,00	1194,00
Agua + 20% desperd.	lt	396,79	0,00509	2,02
Costo Primario: \$				6053,00

Dosif. 1 : 2 : 8	Unidad	Cantidad	P. U.	Costo
Materiales:				
Cemento + 3% desperd.	kg	172,96	10,96	1895,64
Cal + 3% desperd.	kg	345,90	6,00	2075,40
Arena + 6% desperd.	m ³	1423,94	1500,00	1302,00
Agua + 20% desperd.	lt	396,96	0,00509	2,02
Costo Primario: \$				5275,06

Dosif. 1 : 2 : 10	Unidad	Cantidad	P. U.	Costo
Materiales:				
Cemento + 3% desperd.	kg	146,28	10,96	1603,23
Cal + 3% desperd.	kg	292,56	6,00	1755,36
Arena + 6% desperd.	m ³	1505,41	1500,00	1377,00
Agua + 20% desperd.	lt	397,09	0,00509	2,02
Costo Primario: \$				4737,61

5.4.3.7. COSTO UNITARIO POR M³ DE MORTEROS BASTARDOS.

CAL DE ALTO HORNO.

Dosif. 1 : 1 : 4	Unidad	Cantidad	P. U.	Costo
Materiales:				
Cemento + 3% desperd.	kg	366,48	10,96	4016,60
Cal + 3% desperd.	kg	366,48	12,00	4397,76
Arena + 6% desperd.	m ³	1508,6	1500,00	1380,00
Agua + 20% desperd.	lt	290,34	0,00509	1,48
Costo Primario: \$				9795,84

Dosif. 1 : 1 : 6	Unidad	Cantidad	P. U.	Costo
Materiales:				
Cemento + 3% desperd.	kg	273,46	10,96	2997,12
Cal + 3% desperd.	kg	273,46	12,00	3281,52
Arena + 6% desperd.	m ³	1688,60	1500,00	1545,00
Agua + 20% desperd.	lt	289,90	0,00509	1,47
Costo Primario: \$				7828,11

Dosif. 1 : 1 : 8	Unidad	Cantidad	P. U.	Costo
Materiales:				
Cemento + 3% desperd.	kg	230,30	10,96	2524,09
Cal + 3% desperd.	kg	230,30	12,00	2763,60
Arena + 6% desperd.	m ³	1896,07	1500,00	1734,00
Agua + 20% desperd.	lt	238,80	0,00509	1,21
Costo Primario: \$				7022,90

Continúa

Continuación.

Dosif. 1 : 2 : 6	Unidad	Cantidad	P. U.	Costo
Materiales:				
Cemento + 3% desperd.	kg	248,30	10,96	2721,40
Cal + 3% desperd.	kg	496,70	12,00	5960,40
Arena + 6% desperd.	m ³	1533,50	1500,00	1402,50
Agua + 20% desperd.	lt	269,07	0,00509	1,37
Costo Primario: \$				10085,67

Dosif. 1 : 2 : 8	Unidad	Cantidad	P. U.	Costo
Materiales:				
Cemento + 3% desperd.	kg	202,62	10,96	2220,71
Cal + 3% desperd.	kg	405,24	12,00	4862,90
Arena + 6% desperd.	m ³	1668,17	1500,00	1525,50
Agua + 20% desperd.	lt	269,11	0,00509	1,37
Costo Primario: \$				8610,84

Dosif. 1 : 2 : 10	Unidad	Cantidad	P. U.	Costo
Materiales:				
Cemento + 3% desperd.	kg	171,11	10,96	1875,36
Cal + 3% desperd.	kg	342,23	12,00	4106,80
Arena + 6% desperd.	m ³	1760,99	1500,00	1611,00
Agua + 20% desperd.	lt	269,14	0,00509	1,37
Costo Primario: \$				7594,53

5.5. DIAGRAMAS DE RELACION COSTO - DOSIFICACION.

5.5.1. MORTEROS DE CEMENTO

Dosificación	Costo (\$)
1:3	7859,91
1:4	6684,45
1:5	5907,32
1:6	5355,07
1:7	4942,51
1:8	4616,96
1:9	4367,21
1:10	4157,83

5.5.2. MORTEROS DE CAL APAGADA DE LOJA

DOSIFICACION EN PESO

Dosificación	Costo (\$)
1:2	4783,33
1:3	4022,53
1:4	3576,83

DOSIFICACION EN VOLUMEN

1:2	1653,61
1:3	1390,58
1:4	2150,86

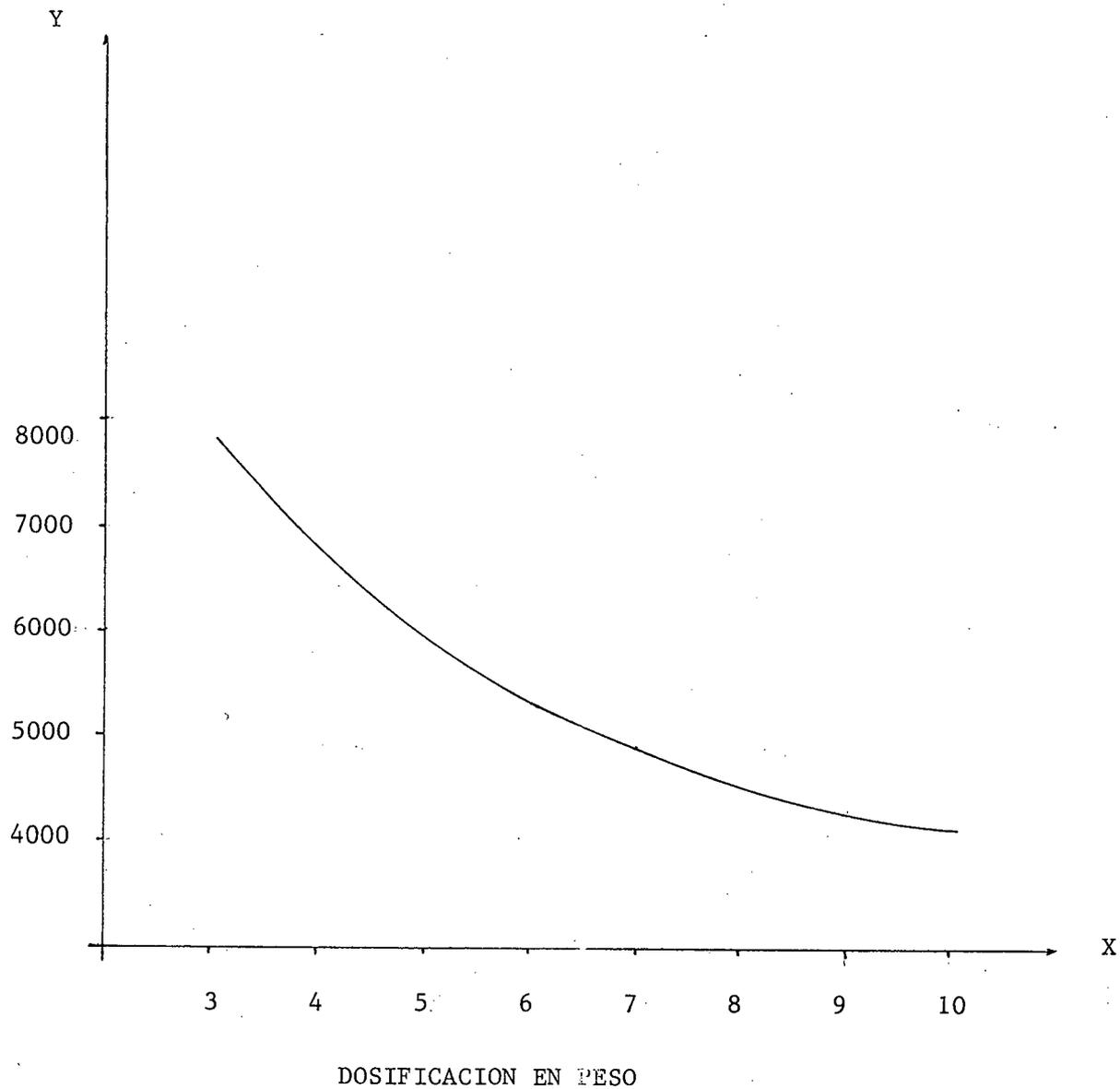
5.5.3. MORTEROS DE CAL DE ALTO HORNO

DOSIFICACION EN PESO		DOSIFICACION EN VOLUMEN	
Dosificac.	Costo (\$)	Dosificac.	Costo (\$)
1:2	9365,25	1:2	2771,77
1:3	7485,69	1:3	2921,88
1:4	6362,80	1:4	3133,24

5.5.4. MORTEROS BASTARDOS. DOSIFICACION EN PESO

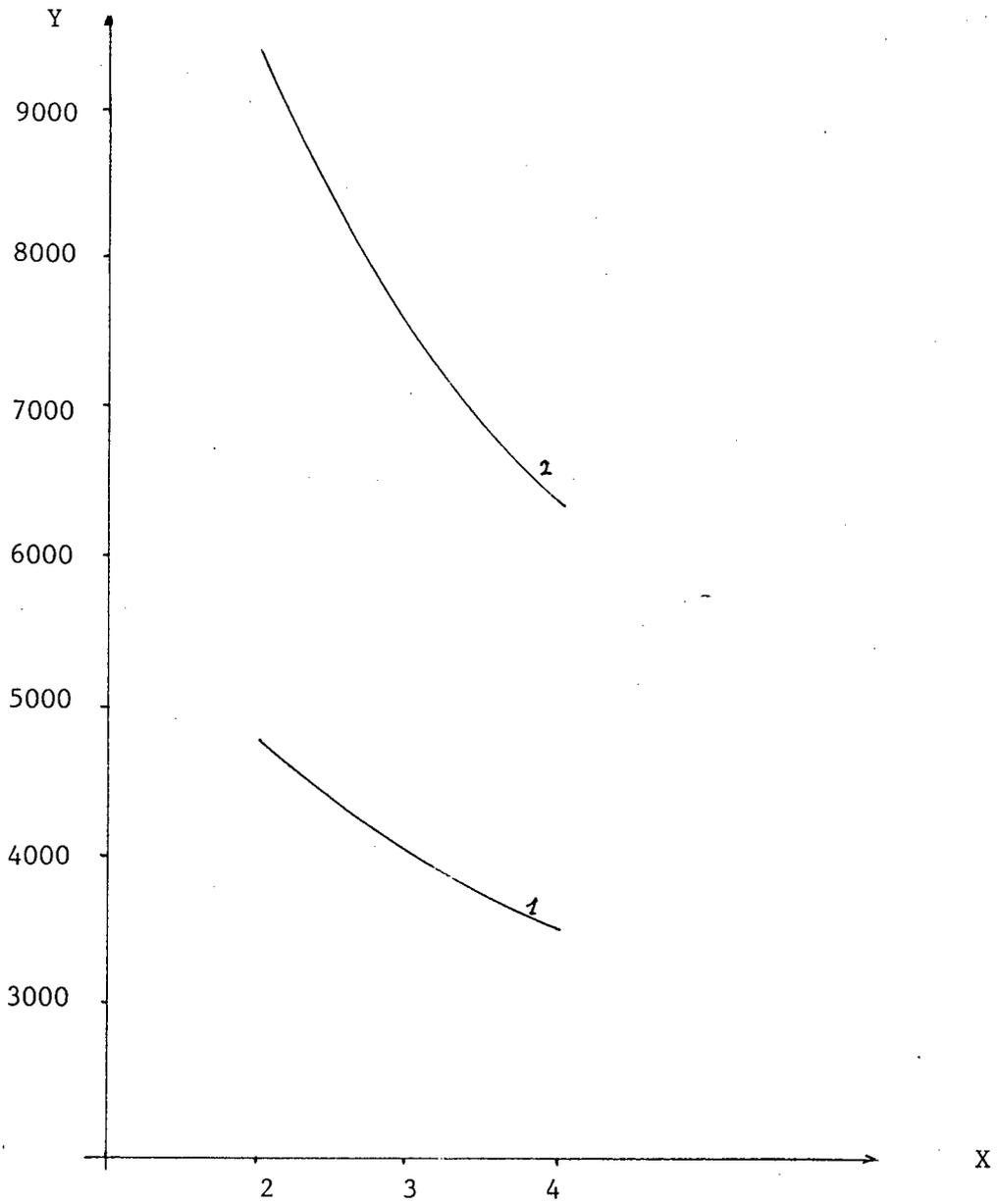
CAL APAGADA DE LOJA		CAL DE ALTO HORNO	
Dosificac.	Costo (\$)	Dosificac.	Costo (\$)
1:1:4	6618,50	1:1:4	9795,84
1:1:6	5409,00	1:1:6	7825,11
1:1:8	4679,40	1:1:8	7022,90
1:2:6	6053,00	1:2:6	10085,67
1:2:8	5275,06	1:2:8	8610,84
1:2:10	4737,61	1:2:10	7594,53

MORTEROS DE CEMENTO



X = Dosificación

Y = Costo (\$)



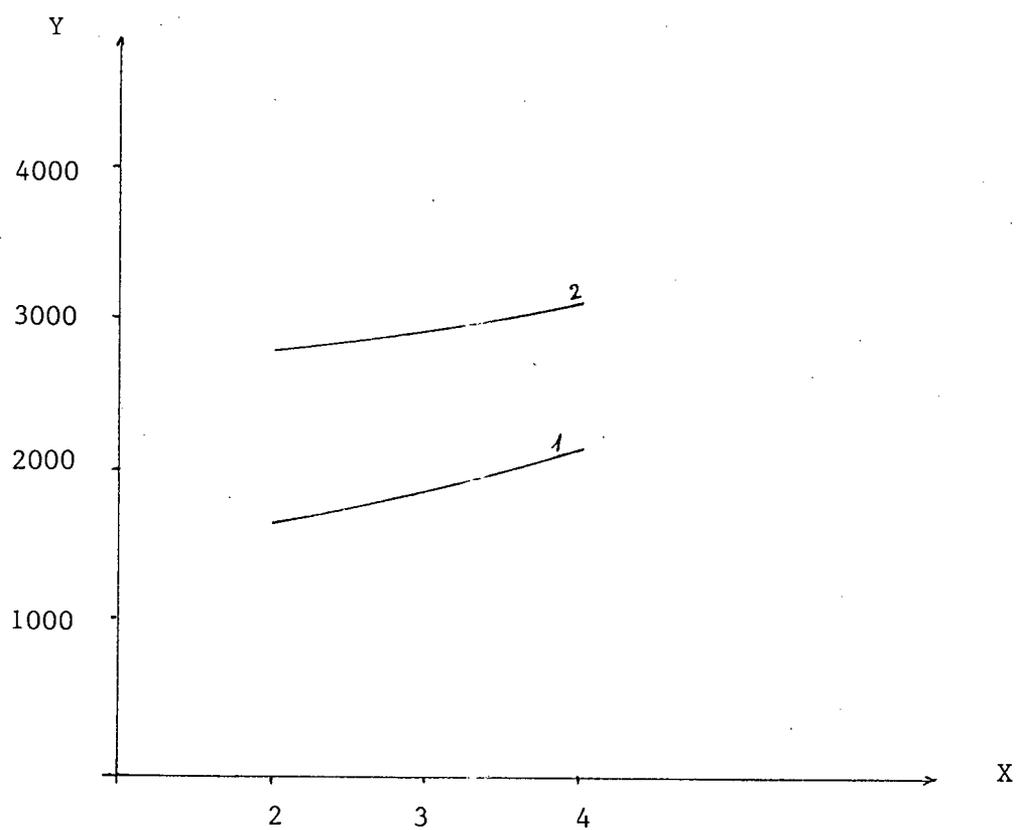
DOSIFICACION EN PESO

X = Dosificación

Y = Costo \$

1 = Curva de costo de cal apagada de Loja

2 = Curva de costo de cal de alto horno



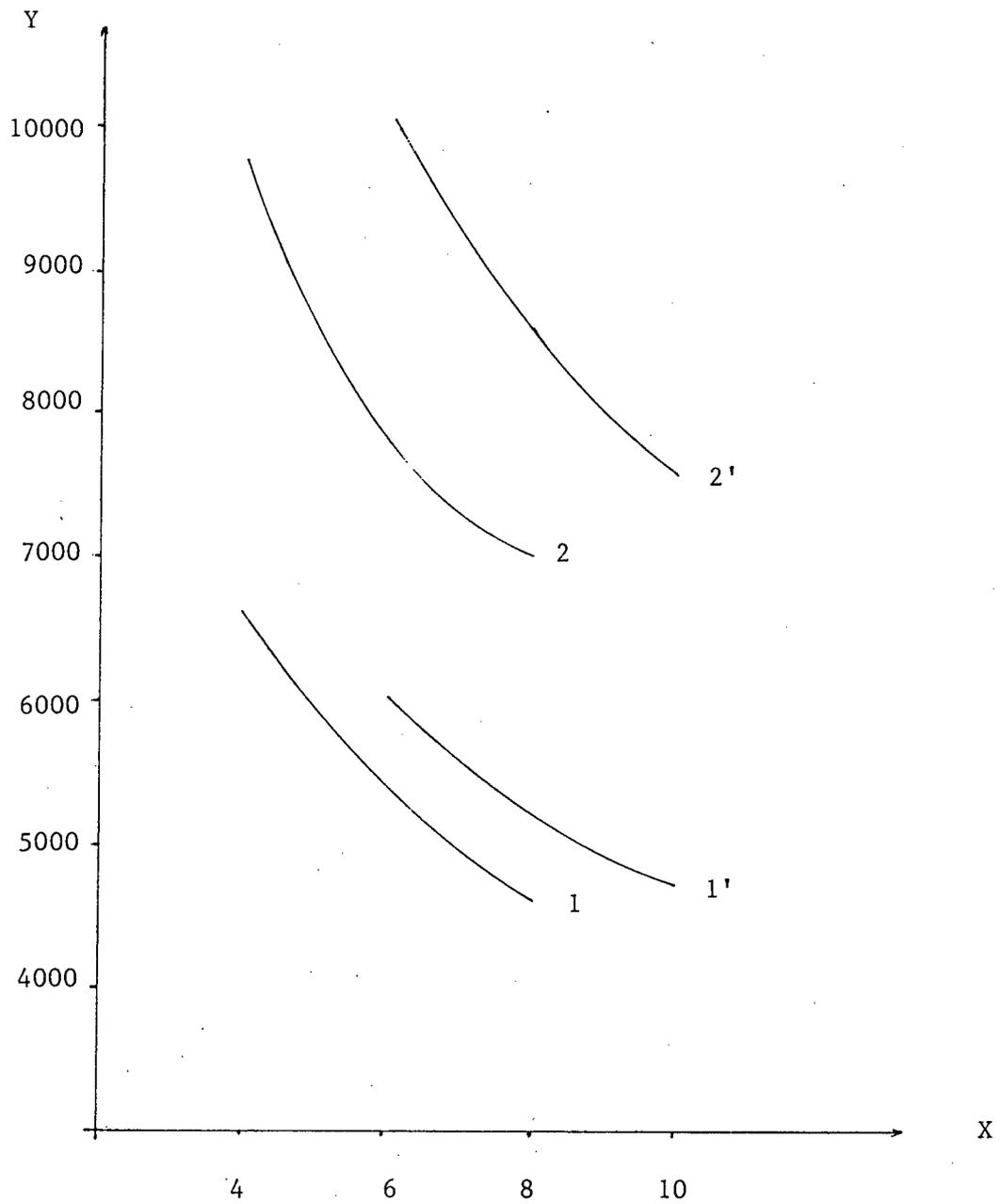
DOSIFICACION EN VOLUMEN

X = Dosificación

Y = Costo

(1) = Curva de costos de morteros de cal apagada

(2) = Curva de costos de morteros de alto horno



X = Dosificación

Y = Costo

1-1' = Curvas de costo de mortero cal apagada de Loja

2-2' = Curvas de costo de mortero de cal de alto horno

CAPITULO VI

6.1. RESISTENCIA DE LOS MORTEROS DE IGUAL COSTO

Al analizar los costos, aunque éstos están dentro de un mismo rango de valores, observamos que la resistencia varía de acuerdo a la dosificación y uso de los diferentes materiales.

En el cuadro siguiente se hace un estudio detallado de dichas observaciones:

MORTEROS DE:	Dosif.	Resist. Cubicas	Compres. Cilíndric.	Costo \$
Cemento	1:3	165,87	101,80	7859,91
Cemento + Cal de Azogues	1:1:6	106,77	46,02	7825,11
Cemento+Cal de Azogues	1:2:10	59,26	38,31	7594,53
Cal de Azogues	1:3	49,01	35,04	7485,69
Cemento + Cal de Azogues	1:1:8	54,90	34,39	7022,90
Cemento	1:4	71,60	64,64	6684,45
Cemento + Cal de Azogues	1:1:4	55,93	38,86	6618,50
Cal de Azogues	1:4	29,17	21,45	6362,80
Cemento + Cal de Azogues	1:2:6	40,89	17,92	6053,00
Cemento	1:5	61,04	52,66	5907,32
Cemento + Cal de Loja	1:1:6	44,14	24,38	5409,00
Cemento	1:6	37,34	46,07	5355,07

Cemento + Cal de Loja	1:2:8	27,36	16,79	5275,06
Cemento	1:7	36,47	34,71	4942,51
Cal de Loja	1:2	41,80	23,13	4783,33
Cemento + Cal de Loja	1:2:10	21,56	13,21	4737,61
Cemento + Cal de Loja	1:1:8	26,06	18,89	4679,40
Cemento	1:8	34,13	29,13	4616,96
Cemento	1:9	30,57	27,42	4367,21
Cemento	1:10	25,48	26,96	4157,83
Cal de Loja	1:3	29,09	14,06	4022,53
Cal de Loja	1:4	18,41	10,97	3576,83
Cal de Azogues	1:4	33,52	21,85	3133,24
Cal de Loja	1:4	14,27	15,97	2150,86
Cal de Azogues	1:2	125,30	91,00	2771,77
Cal de Azogues	1:3	49,53	41,43	2921,88

La resistencia es directamente proporcional al costo: A mayor resistencia mayor será el costo.

6.2. APLICACION DE LOS MORTEROS

6.2.1. Se trata de determinar el costo unitario de una mampostería de ladrillo.

1 m² de pared; bloque jaboncillo, cuyas dimensiones son:

270 x 130 x 80 mm; el número de piezas es 39 por m²

Costo = 36 bloques/m² x \$ 12 = \$ 432

Volumen en 1 m^2 de pared

$$V_1 = 1 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 0,13 \text{ m} = 0,13 \text{ m}^3$$

Volumen de bloques en 1 m^2 de pared

$$\begin{aligned} V_2 &= 36 \text{ bloques} \times 0,13 \times 0,27 \times 0,80 \\ &= 0,101 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Volumen de mortero en 1 m^2 de mortero

$$\begin{aligned} V_1 - V_2 &= 0,13 - 0,101 \text{ m}^3 \\ &= 0,029 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Costo:

1.- Mano de obra	Cantidad	Salario mayorado	Costo
Albañil	1	576 x 2,2/8	158,4 \$/h
peón	1	360 x 2,5/8	<u>112,5 \$/h</u>
			271,0 \$/h

2.- Equipo a utilizar:

$$\begin{aligned} \text{Herramienta menor} &= 3\% - 5\% \text{ de mano de obra} \\ &= 0,05 (271) \\ &= 13,55 \text{ $/h} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{3.- Rendimiento} &= 7 \text{ m}^2/8\text{h} \\ &= 0,88 \text{ m}^2/\text{h} \end{aligned}$$

4.- Costo unitario sin materiales:

$$= \frac{271 + 13,55}{0,88} = 323,35 \$/m^2$$

5.- Materiales:

	Unidad	Costo	Consumo	Costo unitario
Ladrillos	U	12	39	468
mortero	m ³	7859,91	0,029(1.3)	296,32
agua	m ³	5,09	0,10	<u>0,509</u>
			TOTAL: \$	764,83

6.- Costo Unitario Total:

$$= 323,35 + 764,83$$

$$= 1088,13 \$/m^2$$

7.- Precio Unitario Total: Se tomará en cuenta el % de costos indirectos:

$$= 1088,12 (1,3671)$$

$$= 1487,65 \$/m^2$$

OBSERVACION: Se ha trabajado con un mortero de cemento de dosificación 1:3

6.2.2. MAMPOSTERIA CON MORTERO DE CAL APAGADA DE LOJA, DOSIFICACION 1:2

Materiales	Unidad	Costo	Consumo	Costo Unitario
Ladrillos	U	12	39	468,00
mortero	m ³	4783,33	0,038	180,33
Agua	m ³	5,09	0,10	<u>0,509</u>
			Total: \$	649,00

- Costo unitario total:

$$= 323,35 + 649$$

$$= 972,20 \text{ \$/m}^2$$

- Precio unitario total

$$= 972,20 (1,3671)$$

$$= 1329,08 \text{ \$/m}^2$$

6.2.3. MAMPOSTERIA CON MORTERO DE CAL DE ALTO HORNO; DOSIFICACION

1:2

Materiales	Unidad	Costo	Consumo	Costo Unitario
Ladrillos	U	12	39	468,00
mortero	m ³	9365,25	0,038	353,07
agua	m ³	5,09	0,10	<u>0,509</u>
			TOTAL: \$	821,60

- Costo unitario total:

$$= 323,35 + 821,60$$

$$= 1144,93 \text{ \$/m}^2$$

- Precio unitario total:

$$= 1144,93 (1,3671)$$

$$= 1565,23 \text{ \$/m}^2$$

6.2.4. MAMPOSTERIA CON MORTERO DE CAL DE ALTO HORNO: MAS CEMENTO

(MORTERO BASTARDO), DOSIFICACION 1 : 1 : 4

Materiales	Unidad	Costo	Consumo	Costo Unitario
Ladrillos	U	12	39	468,00
mortero	m ³	9795,84	0,038	369,30
agua	m ³	5,09	0,10	<u>0,509</u>
			TOTAL:	\$ 837,81

- Costo unitario total:

$$= 323,35 + 837,81$$

$$= 1161,20 \$/m^2$$

- Precio unitario total

$$= 1161,29 (1,3671)$$

$$= 1587,42 \$/m^2$$

6.2.5. MAMPOSTERIA CON MORTERO DE CAL APAGADA DE LOJA MAS CEMENTO
(MORTEROS BASTARDOS), DOSIFICACION 1:1:4

Materiales	Unidad	Costo	Consumo	Costo Unitario
Ladrillo	U	12	39	468,00
morteros	m ³	6618,5	0,038	249,52
agua	m ³	5,09	0,10	<u>0,509</u>
			TOTAL:	\$ 718,03

- Costo unitario total:

$$= 323,35 + 718,03$$

$$= 1041,38 \$/m^2$$

- Precio unitario total:

$$= 1041,38 (1,3671)$$

$$= 1423,70 \$/m^2$$

6.3. DETERMINACION DEL COSTO UNITARIO DE REVESTIMIENTO DE PAREDES.

6.3.1. MORTERO DE CEMENTO, DOSIFICACION 1:2

Volumen de 1 m² de mortero

$$= 1\text{m} \times 1\text{m} \times 0,02 \text{ m}$$

$$= 0,02 \text{ m}^3$$

Mano de obra:	Cantidad	Salario mayorado
peón	1	112,5 \$/h

Equipo a utilizar:

$$= 0.05 (112,5)$$

$$= 5,62$$

$$\text{Rendimiento} = 8 \text{ m}^2/8 \text{ h}$$

$$= 1 \text{ m}^2/\text{h}$$

- Costo unitario sin materiales

$$= 5,62 + 112,5$$

$$= 118,12 \text{ $/h}$$

- Materiales	Unidad	Costo	Consumo	Costo unitario
mortero	m ³	7859,91	0,02 (1,3)	204,36
agua	m ³	5,09	0,10	<u>0,509</u>
			TOTAL: \$	204,87

- Costo unitario total:

$$= 118,12 + 204,87$$

$$= 322,99 \text{ \$/m}^2$$

- Precio unitario total:

$$= 322,99 (1,3671)$$

$$= 441,50 \text{ \$/m}^2$$

6.3.2. Realizando el análisis anterior de costo de revestimientos de paredes y utilizando diferentes morteros se ha obtenido los siguientes costos unitarios:

Mortero de:	Dosificación	Costo
Cal apagada de Loja	1:2	332,2 $\text{\$/m}^2$
Cal de alto horno	1:2	495,06
Cal de Loja + cemento	1:1:4	397,43
Cal de Azogues + cemento	1:1:4	510,37

Como observamos, tanto en la mampostería de bloques o ladrillos, como en revestimientos de paredes los costos por m^2 varían de acuerdo a la dosificación y a los tipos de material empleados.

CAPITULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. GENERALIDADES

La presente investigación se efectuó bajo un punto de vista útil, práctico y económico, en el cual se realizó un estudio crítico sobre las proporciones de los materiales y comprobación de la resistencia a compresión y tracción de probetas cilíndricas y cúbicas.

La finalidad de este trabajo ha sido la de adquirir experiencia en el comportamiento de los morteros analizados con las diversas dosificaciones utilizadas en la construcción en general.

7.2. CONCLUSIONES

En base a la investigación bibliográfica, ensayos de laboratorio y análisis de resultados, se citan una serie de conclusiones generales, con las cuales se pretende contribuir a la optimización de futuros trabajos u obras de ingeniería en los que se necesite la utilización de morteros, tomando en cuenta las técnicas y normas expuestas en este trabajo.

7.2.1. Cuando se determine experimentalmente la curva granulométrica de un árido para morteros y observamos que ésta se encuentra dentro

del área de cribado, aunque la curva presente pequeñas discontinuidades en su curso, estamos en presencia de un árido de granulometría aceptablemente buena.

7.2.2. La granulometría de los áridos, caracterizada por una curva de cribado, empleando los métodos corrientes de asentado y compactación influye en las cantidades de cemento o cal y agua necesaria en el mortero, debido a la variación de la actitud de compactación, a la variación de la superficie específica del granulado y del contenido de huecos. Con ello también influye en la resistencia a compresión, a la tracción y a la compacidad del mortero endurecido.

7.2.3. No fue necesario mejorar la granulometría en la investigación realizada, pero queda demostrado que para poder dosificar por un método normalizado hay necesidad de acoplar la granulometría de una manera acorde con lo establecido con las normas.

7.2.4. Existe muchos factores que influyen en las propiedades de los morteros, una elevación de la dosis de cemento o cal, proporciona una mejor docilidad y trabajabilidad del mortero, como también un aumento en las resistencias de compresión y tracción.

7.2.5. La consistencia del mortero fresco influye directamente en el tipo de puesta en obra y la manera de compactar y la uniformidad de la estructura. Siendo el agua el factor influyente en la consistencia.

7.2.6. Cuando se dosifica en peso los componentes del mortero, pueden despreciarse los contenidos de humedad del árido. Cuando se miden en volumen aparente, el grado de humedad del árido no solamente falsea la pro

porción de agua sino también alteran la relación conglomerante árido en me
dida no despreciable.

7.2.7. La cal puede brindar un mejoramiento en un mortero común, ya que reduce la plasticidad y aumenta la trabajabilidad.

7.2.8. La proporción de cal-agua en la lechada dependerá del porcentaje de cal requerido, del porcentaje de humedad óptimo del material y el porcentaje de humedad del material en el momento de aplicación.

7.2.9. El fraguado de la cal no termina sino a los seis meses por lo que los valores que se han obtenido a los dos meses, en el presente tra
bajo, no son definitivos y pueden llegar a superar a los de bajo contenido de cemento, teniendo un costo menor.

7.2.10. Las fallas de las probetas para determinar la resistencia a compresión son anormales, cuando éstas no son homogéneas debido a la mala compactación, por mala colocación de la probeta con respecto a los cabe
zales de la máquina de prueba y falta de paralelismo entre la cara de apli
cación de la carga y la cara de la probeta.

7.2.11. En general los morteros de cal y bastardos utilizados en la obra, proporcionan plasticidad que es una propiedad que da cierta elasticidad en la colocación de los ladrillos y bloques, permitiendo que éstos se cuadren perfectamente no sólo en sentido vertical sino también horizontalmente, ya que la mezcla no adquiere rigidez ni fragua rápidamente permi
tiendo con esto hacer su colocación correcta.

7.2.12. La plasticidad y manejabilidad de las pastas de morteros

del cal permiten soportar ligeros movimientos o vibraciones de las piezas sin producir cuarteaduras. En los enlucidos tienen la propiedad de resistir las fuerzas de pandeo (cargas verticales provocadas por el peso del material y vibraciones del muro) permitiendo por su fácil adherencia y poca contracción lograr una construcción más rígida, mayor resistencia además de proporcionar impermeabilidad a la pared.

7.2.13. Debido a las propiedades de la cal de alto horno se observa que tiene la capacidad de mezclarse homogéneamente con agua de amasado y aprovecharla para una completa reacción química en el elemento cementante. En referencia al costo es bajo y las resistencias casi igual a los morteros de cemento; pero debido a que debe ser transportada por no encontrarse en nuestro medio su costo es mayor.

7.2.14. Los morteros de cal reducen los costos considerablemente por las siguientes razones:

- Aumenta el volumen del material de la mezcla, lo que significa mayor rendimiento a un menor costo por metro cuadrado.

- Utiliza mayor cantidad de arena que es un elemento más barato.

- Debido a su trabajabilidad se obtiene un mayor rendimiento del operario.

7.3. RECOMENDACIONES

Los resultados de los ensayos realizados y las relaciones obteni

das en este trabajo, sólo pretenden constituir un paso para futuras investigaciones sobre dichos morteros, mediante el empleo de nuevas técnicas, - otros métodos de tratamiento de los materiales constitutivos de los morteros de tal manera que satisfagan de mejor forma los requerimientos de quienes están al frente y son responsables de las diferentes aplicaciones de los morteros.

Se recomienda:

7.3.1. Previo a la fabricación del mortero; el agua, cemento, - agregado deberán poseer las características y condiciones de tratamiento que a cada uno exigen las normas para la fabricación del mismo.

7.3.2. Al ser medidos el árido en volumen mediante parihuelas, se recomienda su utilización siempre que se consideren las correcciones por contenido de humedad, el mismo que es el causante para que se produzcan - los aumentos de volumen sobre todo en la arena, debido al entumecimiento, mientras mayor sea la humedad, evitando de esta manera alteraciones en la relación agua, cemento, cal y árido.

7.3.3. Con la finalidad de dar facilidad a las mediciones volumétricas de los materiales, se proporciona las dosificaciones por saco de cemento y saco de cal, en las que el agua se medirá en litros; los áridos en parihuelas, las dimensiones de las parihuelas son propias para cada dosificación, cuya sección es constante, siendo variable la altura de la misma.

7.3.4. Se recomienda proporcionar a los morteros de cemento un curado adecuado durante 7 días, con la finalidad de permitir se produzcan

reacciones químicas del fraguado del cemento.

7.3.5. Para efectos de control en obra de los morteros, debe tenerse en cuenta los siguientes aspectos: fabricación adecuada, transporte adecuado y además, en lo posible, que el árido tenga características físicas y granulométricas aceptables.

7.3.6. En el presente estudio se han obtenido resistencias a la compresión y tracción experimentales para una gama de dosificaciones propuestas.

La puesta en práctica del contenido de este trabajo ha de ser sin duda alguna, un paso muy importante desde el punto de vista tecnológico, como contribución al control de calidad de los diferentes morteros, dentro del campo de la construcción en nuestro medio.

BIBLIOGRAFIA

- Aguirre T. Fausto; Teoría y Técnica de la Investigación Científica, Loja, Departamento de Publicaciones del ITSDAB, 1973.
- Arredondo Francisco y Verdú; Los Aridos en la Construcción, Barcelona, Editores Técnicos Asociados S.A. 1974.
- Arredondo Francisco y Verdú; Estudio de Materiales, Tomo V. IX, Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento, Octava Edición, 1975.
- Arredondo Francisco y Verdú; Estudio de Materiales, Tomo II, Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento, Sexta Edición-1967.
- Arredondo Francisco y Verdú; Dosificación del Hormigón, Madrid I., Eduardo Torroja, 1972.
- Arredondo Francisco y Verdú; Panorama actual de las técnicas del cemento y del hormigón, Barcelona, Técnicos Asociados, 1974.
- Barrios Martínez Manuel; Estudio crítico sobre la resistencia a compresión de probetas de hormigón de cemento puzolánico a diferentes edades, Madrid, Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del cemento, primera edición, 1976.
- Camuñas Antonio; Materiales de Construcción, Madrid, 1974.
- Cassinello Pérez Fernando; Construcción hormigonera, Madrid, Editorial Rueda, 1974.
- Clauser M. R.; Diccionario de Materiales y Procesos de Ingeniería, Barcelona, Editorial Labor, 1970.
- Colegio Oficial de Arquitectos de Cataluña; Instrucciones para el proyecto y ejecución de obras de hormigón en masa y armado, España, 1971.

- Ecuador, Instituto Ecuatoriano INEN; Código Ecuatoriano de la Construcción, Tomos I, II, III.
- Ediciones CEAC; Materiales y elementos de la construcción, Barcelona, 1977.
- Ediciones CEAC; Cálculos en la construcción. Barcelona, 1977.
- Ensayo e Inspección de materiales de Davis Marmer E.
- Fuenzalida Hernán, Segunda conferencia de cementos, cales y yesos.
- Loayza Vivanco Luis; Informe sobre la evaluación de algunos yacimientos de caliza ubicados en la provincia de Loja.
- López Antonio; Materiales aglomerantes.
- Mayor González Gerardo, Materiales de Construcción, Colección Shaum.
- Manual de Tecnología Química, Ediciones Salvat.
- Manual de Construcciones del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, junio 1985,
- Maezachi L. Cales y Cementos, Segunda Edición, Barcelona.
- Orus Asso Feliz; Materiales de Construcción, Editorial DOSSAT S.A., Séptima Edición, 1973.
- Parker Harry; Ingeniería simplificada para ingenieros y constructores, Editorial Limusa Wiley S.A., México, 1972.
- SECAP; Contabilidad de la construcción, Loja, 1985.
- Suárez Salazar; Costo y tiempo en edificación, Editorial Limusa, Tercera edición.
- Urreta Luis F.; Conocimientos básicos sobre el ladrillo; Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, 1974.



- Universidad Técnica Particular de Loja; Laboratorios de Mecánica de Suelos y Materiales de Construcción.
- Valdehita Rosello Ma. Teresa; Morteros de cemento para albañilería, Madrid, octubre 1976.
- Varios autores; Los áridos en la construcción, Barcelona, Editores Técnicos Asociados. S.A. 1976.