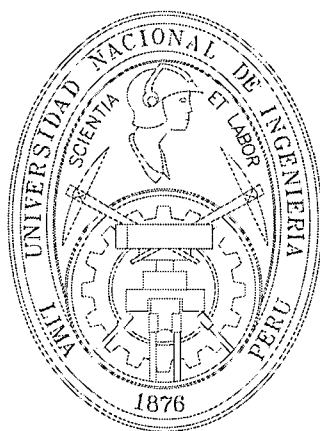


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**ESTUDIO DE MORTERO DE MEDIANA A BAJA RESISTENCIA
DE CEMENTO, CON ADICIÓN DE CAL AEREA**

TESIS

Para optar el Título Profesional de :
INGENIERO CIVIL

FREUD EDISON MEZA HIJAR

Lima - Perú
2004

Digitalizado por:

Consortio Digital del
Conocimiento MebLatam,
Hemisferio y Dalse

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos por haber sido mi soporte siempre y haberme encaminado con sus sabios consejos.

AGRADECIMIENTO

A las personas que me guiaron y contribuyeron
en el desarrollo de este trabajo.

Asesor Ing. Jesús Velarde Dorrego

Co-Asesora Ing. Ana Torre Carrillo

Técnicos del Laboratorio Ensayos de Materiales

Y amigos que me alegran la vida.

INDICE

INTRODUCCION

CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES DE LOS AGLOMERANTES.	2
1.1 El Cemento	2
1.1.1 Propiedades y Clasificación	2
1.2 La Cal.	9
1.2.1 Antecedentes Históricos	9
1.2.2 Clasificación y Propiedades	20
1.2.3 Producción y Ubicación de Principales Canteras del Perú.	23
1.2.4 Usos y Aplicaciones.	26
1.2.5 La Cal Aérea o Cal Ordinaria	28

CAPITULO II

EL MORTERO	32
2.1 Definición.	32
2.2 Clasificación y Propiedades.	33
2.3 Requisito del Mortero para su Uso según ASTM, NORMA PERUANA E07 y REGLAMENTO NACIONAL DE CONSTRUCCION (R.N.C).	41

CAPITULO III

PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES.	49
3.1 La Cal	49
3.1.1 Tipo de Cal.	49
3.1.2 Ensayos Físicas.	49
3.1.3 Ensayos Químicas	54
3.2 Agregado Fino.	63
3.2.1 Generalidades	63
3.2.2 Requisito de Uso	63
3.2.3 Propiedades Físicas y Normas.	63
3.3 Agua.	78
3.3.1 Generalidades y Requisitos.	78

CAPITULO IV

DISEÑO DE MEZCLA DE MORTEROS.	80
4.1 Criterio de Diseño.	81
4.1.1 Mortero Patrón (Cemento: Arena)	82
4.1.2 Mortero Adicionado con Cal (Cemento: Cal : Arena)	83
4.2 Cantidad de Materiales por metro cubico de Mortero	87

CAPITULO V

PROCEDIMIENTOS Y ENSAYOS DE LOS MORTEROS.	88
5.1 Ensayo en Mortero Fresco.	88
5.1.1 Fluidéz y Trabajabilidad ASTM C270).	88
5.1.2 Peso Unitario del Mortero (ASTM C138).	89
5.1.3 Tiempo de Fraguado (NTP.334.006-1968).	90
5.2 Ensayo en Mortero Endurecido.	94
5.2.1 Resistencia a la Compresión(ASTM C109).	94
5.2.2 Resistencia a la Tracción(ASTM C190)	96
5.2.3 Resistencia a la Flexión (NTP.334.042 :1981).	98
5.2.4 Absorción Capilar.	100
5.2.5 Adherencia.	101
5.2.6 Retracción (ASTM C157).	103
5.2.7 Permeabilidad.	107
5.2.8 Resistencia a Aguas Agresivas (Corrosión del Sulfato de Magnesio).	111
5.2.9 Modulo de Elasticidad (ASTM C469-83).	113

CAPITULO VI

TENDENCIA DE CURVA DE RESULTADO POR METODO ESTADISTICO.	118
---	-----

CAPITULO VII

ANALISIS DE RESULTADOS.	175
7.1 Ensayo en Mortero Fresco.	175
7.1.1 Fluidéz y Trabajabilidad.	175
7.1.2 Peso Unitario del Mortero.	176
7.1.3 Tiempo de Fraguado.	176
7.2 Ensayo en Mortero Endurecido.	178
7.2.1 Resistencia a la Compresión.	178
7.2.2 Resistencia a la Tracción	179
7.2.3 Resistencia a la Flexión.	180
7.2.4 Absorción Capilar	181
7.2.5 Adherencia.	182
7.2.6 Retracción.	183
7.2.7 Permeabilidad.	185
7.2.8 Resistencia a Aguas Agresivas (Corrosión del Sulfato de Magnesio)	186
7.2.9 Modulo de Elasticidad.	187

CAPITULO VIII

CUADRO COMPARATIVO DE COSTOS	190
------------------------------	-----

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	192
---------------------------------------	-----

BIBLIOGRAFIAS	196
----------------------	-----

ANEXOS	200
---------------	-----

INTRODUCCIÓN

En el afán de contribuir a la producción de Obras Civiles en todo el País, se propone un mortero ideal desde el punto de vista Tecnológico y Económico, es decir incentivar los aglomerantes naturales como "la Cal", cuyo origen se remonta desde hace mucho tiempo, es por su naturaleza y versatilidad uno de los materiales más nobles que ha empleado la arquitectura histórica.

Su desaparición es reciente, sustituida por el cemento "Portland", la exposición a nivel Mundial de 1891 permitió una demostración del nuevo producto y le dio una gran publicidad. A partir de ese momento, la mayor parte de los fabricantes de aglomerantes practicaban la calcinación a alta temperatura, y " la Cal " cada vez fue más reemplazada por el cemento; esto, unido a la sustitución y desaparición del viejo maestro de obras por el técnico, sus normativas y la productividad por el buen hacer, " la Cal " fue olvidada en la enseñanza de las generaciones futuras.

La idea de retomar la bondad de la Cal Aérea o Cal Ordinaria, sus resultados, la experiencia milenaria, su versatilidad, el no producir sales nocivas, su elasticidad, que evita retracciones, el no usarse con ella mas aditivos que los áridos necesarios en el diseño de su ulterior textura, pigmentación y sobre todas sus propiedades, está el hecho de haber sido el único cementante empleado por el hombre en esa expresión de la cultura que es el arte de construir. Por lo que se busca establecer características de Mortero con adición de Cal Aérea en comparación con el Mortero Patrón (cemento : Arena), esto ayudara a decidir el tipo de proporción a utilizar en los distintos papeles que toma el Mortero en las Obras Civiles. En el estudio se experimentará seis clases de morteros con proporciones variables de cemento y cal Aérea, pero todos en la relación de uno en material aglomerante por tres de arena en volumen. El presente estudio se realizará en el Laboratorio de Ensayos de Materiales de la UNI, con el fin de recopilar la mayor información del comportamiento del Mortero adicionado con Cal, para que en un futuro no muy lejano comience a producir cementos con cal adicionado en gran cantidades y así disminuir el costo de los aglomerantes artificiales y en aumentar la producción de obras civiles.

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES DE LOS AGLOMERANTES

1.1. EL CEMENTO

En su concepción más amplia es cualquier material que posee propiedades cohesivas. La definición actual del Cementos Pórtland es el resultado de una mezcla de materiales calcáreos arcillosos en proporciones convenientes llevada hasta fusión incipiente y posteriormente molida muy finamente sin contar con ninguna adición fuera del yeso.

1.1.1. CLASIFICACIÓN Y PROPIEDADES

Los cementos pertenecen a la clase de materiales denominados aglomerantes en construcción, como la cal aérea y el yeso (no hidráulico), el cemento endurece rápidamente y alcanza altas resistencias, esto gracias a reacciones complicadas de la combinación cal-sílice.

Ejemplo: Un análisis químico del cemento se muestra a continuación:

CaO	(cal)	63%
Si O ₂	(Sílice)	20%
Al ₂ O ₃	(Alúmina)	7%
Fe ₂ O ₃	(Oxido de Hierro)	3%
Mg O	(Oxido de Magnesia)	1.5%
K ₂ O + Na ₂ O	(Álcalis)	1%
Pérdida por calcinación		2%
Residuo insoluble		0.5%
SO ₃	(Anhídrido Sulfúrico)	2%
CaO	(Cal libre)	0%

Notamos que el principal componente es la cal, siguiéndole con bastante distancia la sílice luego la alúmina y por último el óxido de hierro.

Estos óxidos aportados por la materia prima, reaccionan entre sí, en el horno y forman productos más complejos los compuestos secundarios y principales.

Porcentaje de óxidos en la composición del cemento Pórtland Tipo I.

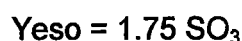
CaO	60% a 67%
SiO ₂	16% a 25%
Al ₂ O ₃	3% a 8%
Fe ₂ O ₃	0.5% a 5%
MgO	0.1% a 4%
SO	1% a 3%

Compuestos secundarios.- Dentro de este grupo vamos a considerar los componentes que encontramos en el análisis en menor porcentaje y aunque este sea pequeño, su importancia es grande.

Pérdida por Calcinación.- Es la disminución de peso de una muestra de cemento calentada a 1000 grados centígrados. Esta pérdida se debe a la evaporación del agua. Esta agua es absorbida durante la fabricación y almacenamiento. Este componente nos indica el grado de hidratación que tiene el cemento y está limitado por las normas de cemento a 3%; si supera este valor el cemento no podrá utilizarse en nuestras estructuras.

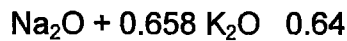
Residuo Insoluble.- La porción de arcilla del crudo es insoluble en el ácido clorhídrico, pero en el horno se forman los compuestos, todos ellos solubles. El residuo insoluble nos muestra que parte de la porción arcillosa no se ha combinado y no es soluble. Las causas pueden ser combinación incompleta, temperatura no suficiente en el horno o material puzolánica. La norma limita su proporción al 1%. Para el cemento puzolánica no existe restricción.

Anhídrido Sulfúrico.- Proviene del yeso añadido al clinker para controlar la fragua.



El SO_3 está limitado por las normas debido a que puede reaccionar con el C_3A y producir el sulfoaluminato de calcio con expansión de volumen.

Álcalis: Si su cantidad es mayor que la permitible pueden producir la reacción álcalis agregados, siempre y cuando se utilicen agregados reactivos (ópalo, calcedonia, etc.) y la humedad ambiente sea fuerte.



Oxido de Magnesia o Magnesio Libre: Es peligrosa si se encuentra en forma periclusa tanto mas desde que las expansiones se presentan a largo plazo (1 a 10 años). La norma limita el magnesio a 6%.

Cal Libre: Es la cal no combinada y se debe a una combinación imperfecta, por mala cocción, clasificación y homogenización (primaria) puede deberse también a la descomposición del C_3S en el enfriamiento (secundarios).

La cal Libre puede producir expansiones al pasar a hidrato; puede determinarse por el ensayo de estabilidad de volumen (autoclave).

Compuestos Principales.- en la práctica se puede considerar que los cementos Pórtland están formados por cuatro compuestos principales, que a continuación se dan con sus fórmulas químicas y abreviaturas.

Fórmula química	Abreviaturas	Porcentajes
Silicato bicálcico 2CaOSiO_2	$=\text{C}_2\text{S}$	15 a 46%
Silicato tricálcico 3CaOSiO_2	$=\text{C}_3\text{S}$	30 a 56%
Aluminato tricálcico $3\text{CaOAl}_2\text{O}_3$	$=\text{C}_3\text{A}$	4 a 12%
Ferroaluminato tetracálcico $4\text{CaO Al}_2\text{O}_3 \text{ Fe}_2\text{O}_3$	$=\text{C}_4\text{AF}$	8 a 13%

Propiedades de los compuestos Principales:

Las Resistencias mecánicas son debido a la suma de SC_3 y SC_2 siendo el primero que da la resistencia a corto plazo, y el segundo al cabo del tiempo.

El módulo de elasticidad está directamente relacionado con la resistencia mecánicas, y por tanto depende en igual grado que éstas del SC_3 y SC_2 .

El C_3A acelera el endurecimiento en las primeras horas.

El C_3A y C_4AF y principalmente éste último, actúan como verdaderos fundentes, bajando la temperatura necesaria dentro del horno para la cocción.

La resistencia a los sulfatos y al hielo-deshielo depende del C_3A . A mayor cantidad del C_3A , menor resistencia a ambos.

1.1.1.1. PROPIEDADES FÍSICAS

La determinación de ciertas propiedades físicas de los cementos es sumamente importante para la aceptación del material y para predecir su comportamiento.

Fineza.- Es evidente que la hidratación del cemento depende de la fineza de las partículas de cemento, pero por otro lado una fineza muy alta resulta costosa y da lugar a mayores cambios de volumen en las mezclas.

La fineza en el cemento se mide en términos de superficie específica, es decir el total del área superficial en la unidad de peso. El método de medida que consideran las normas ITINTEC, es el método del "Permeabilímetro de Blaine" y para cemento puzolánico y de escoria el método de tamizado por la malla N° 325 (Vía humedad).

Tiempo de Fraguado.- Fragua es el término que describe la toma de rigidez de la pasta de cemento, aunque en realidad este grado de rigidez resulta en cierta forma arbitraria, para explicarlo más claramente podríamos definirla como el instante en que la pasta pasa de fluida a sólida. Aunque al fraguar la pasta adquiere cierta resistencia ligera, no debemos confundirla con el endurecimiento, que se refiere a la toma de resistencia de una pasta fraguada.

En la práctica, los términos de fragua inicial y fragua final son métodos para describir estados escogidos arbitrariamente. La Norma ITINTEC correspondiente emplea el método de las agujas de Vicat y Gillmore.

Falsa Fragua.- Este fenómeno consiste en una prematura fragua del cemento pocos minutos después de mezclado, difiere de la fragua rápida (en algunos casos necesaria); en que no existe desprendimiento de calor y al remezclar sin adición de agua, se recupera la plasticidad. La causa más frecuente de la falsa fragua es la hidratación del yeso, usado como adición cuando éste se agregó al clinker muy caliente, lo cual convirtió en hemidrato o anhídrido. La norma considera como requisito opcional, porcentaje mínimo de penetración 50.

Estabilidad de Volumen.- La determinación de esta propiedad nos permite verificar la ausencia de agentes expansivos en el cemento, tales como cal libre, magnesita libre o sulfato de calcio (autoclave).

Resistencias Mecánicas.- La resistencia mecánica del cemento endurecido constituye evidentemente la propiedad más significativa del cemento con miras a su uso estructural. En consecuencia se consideran estas pruebas de resistencia en las especificaciones para el cemento. Las pruebas de resistencia del cemento no se realiza en pasta de cemento debido a dificultades en el moldeado y prueba misma, en general se trabaja con morteros de cemento y arena en proporciones fijadas, con el fin de eliminar las variaciones que pudieran deberse a la influencia del agregado, se usa arena blanca.

Existen diversas pruebas de resistencia tales como compresión, tracción, flexión, siendo obviamente la primera la que reviste mayor importancia y actualmente la única requerida por la Norma ASTM o ITINTEC.

Contenido de Aire.- Mide el porcentaje de aire atrapado en la mezcla, normalmente se realiza ensayos en mortero.

Calor de Hidratación.- Las reacciones de hidratación del cemento son exotérmicas y se denomina calor de hidratación a la cantidad de calor en calorías por gramo de cemento anhidro.

Siendo la conductividad del concreto comparativamente baja actúa como aislante y en el interior de una gran masa de concreto pueden producirse fuertes temperaturas, al mismo tiempo el exterior de la masa de concreto pierde calor de

modo que una gradiente de temperatura se establece y puede ser causante de fallas en el concreto.

1.1.1.2. CLASIFICACIÓN

Cementos Pórtland Puros:

Tipo I.- Para usos generales en la construcción donde no se requiera que en el cemento tenga propiedades especiales.

Tipo II.- Para uso general y donde se requiere resistencia moderada a la acción de los sulfatos y donde se necesita un moderado calor de hidratación, como la construcción de presas donde hay vaciados masivos de concreto.

Tipo III.- Para obras donde se requiera de una alta resistencia inicial, como cuando se necesita que la estructura de concreto reciba carga lo antes posible o cuando es necesario desencofrar a los pocos días de vaciado.

Tipo IV.- Para uso en obra se requiere un bajo calor de hidratación. Por ejemplo vaciado de grandes cantidades de concreto y que no deben producirse dilataciones durante el fraguado, que mas tarde pueden sufrir contracciones con la consiguiente aparición de fisuras.

Tipo V.- Para uso en obras donde se requiere una alta resistencia a los sulfatos como el revestimiento de túneles o canales de ciertas minas o hidroeléctricas.

CLASIFICACIÓN Y EMPLEO DE LOS CEMENTOS NACIONALES:

Los cementos Pórtland se clasifican de acuerdo a su composición y usos. Según esto, existen los cementos Pórtland puros y Pórtland adicionados.

Dentro de, los Pórtland puros se tiene los tipos I, II, III, IV, V, produciéndose en el Perú, a la fecha, sólo los tipos I, II, y V.

1.1.1.3. NORMALIZACIÓN

INDECOPI por intermedio de su comité Especializado en Cemento, ha elaborado las siguientes Normas Técnicas:

- Cementos, Definiciones y Nomenclatura NTP 334,001.

- Cementos Métodos para la determinación de la finura expresada por la superficie específica (Blaine) NTP 334.002.
- Cementos. Procedimiento para la obtención de pastas y morteros de consistencia plástica por mezcla mecánica. NTP 334.003
- Cementos. Método de determinación del peso específico NTP 334.005.
- Cementos. Método de determinación de la resistencia normal y fraguado NTP 334.006.
- Cementos. Determinación del calor de hidratación NTP 334.064
- Cemento. Resistencia a la compresión y tracción NTP 334.051.
- Cementos. Estabilización de volumen NTP 334.05.

1.1.1.4. CEMENTO UTILIZADO EN LA INVESTIGACION

Para este estudio se ha tomado como cemento de referencia al Cemento Portland de tipo I "Cemento Sol" producida por la fábrica de Cementos Lima: La cual tiene su planta en la Av. Atocongo en el Distrito de Villa María del Triunfo.

El peso específico considerado en el presente estudio para el Cemento Sol es de 3.11, sin embargo en la ficha técnica del Cemento Sol figura con 3.13. La diferencia de pesos que se genera por la diferencia entre los pesos específicos es mínimo para la presente Investigación.

A continuación se presenta la ficha técnica obtenida con el apoyo Cementos Lima.

FICHA TÉCNICA CEMENTO PÓRTLAND TIPO I SOL

Composición Típica del Mes: Marzo

Fecha: 08/04/2002

ANÁLISIS QUÍMICO	VALORES	NTP 334,009, ASTM C-150 CEMENTO PÓRTLAND REQUISITOS	
Dióxido de Sílice (SiO ₂)%	20.28		
Oxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)%	6.18		
Oxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)%	2.98		

Oxido de Calcio (CaO)%	62.60		
Oxido de Magnesio (MgO)%	3.11	Max	6.00%
Trióxido de Azufre (SO ₃)%	2.78	Max	3.50%
Oxido de Potasio (K ₂ O)%	0.92		
Oxido de Sodio (Na ₂ O)%	0.27		
Perdida por Ignición (P.I.)%	0.75	Max	3.00%
TOTAL	99.86		
ÁLCALIS TOTALES %	0.88		
Insolubles %	0.60	Max	0.75%
Cal Libre (CaO _(f))	0.34		
ANÁLISIS FÍSICOS			
FINEZA Malla – 100%	0.09		
Malla – 200%	0.92		
Malla – 325%	7.81		
Superficie Especifica Blaine cm ² /g	3189	Min	2800 cm ² /g
Contenido de Aire %	8.06	Max	12.00%
Expansión Autoclave %	0.19	Max	0.80%
Densidad g/m ³	3.13		
Fraguado Vicat Inicial (hr)	02.29	Min	0.75h
Fraguado Vicat Final (hr)	05.05	Max	6.25
Resistencia a la compresión (kg/cm ²)			
24 Hrs.	140		
3 Días	249	Min	122 kg/cm ²
7 Días	311	Min	194 kg/cm ²
28 días	396		

1.2. LA CAL

1.2.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS.

El amplísimo abanico de su aplicación abarca toda la historia de la gran pintura al fresco, medio-oriental, griega, romana, medieval, renacentista y barroca, pasando por su intervención casi única como aglomerante de fábricas, con sus máximos ejemplos en la arquitectura concrecionada romana. En cuanto a revestimiento, siempre se empleó en revocos, esgrafiados, y en ese arte sutil de

los estucos a fuego imitando mármoles y decoraciones que cubren el interior de la arquitectura histórica santuaria.

ETAPAS CULTURALES DE LA CAL

NEOLÍTICO

Pocos datos y confusos se tienen de la utilización de la cal grasa y sus derivados en época neolítica. Los más antiguos y conocidos son los de esa antiquísima y misteriosa cultura de Anatolia en la actual Turquía, en Catal Hüyük (6000 a. J.C.), donde James Mellaart, en su clásica obra "Earl est Civilizations of the Near East" describe que cada una de las viviendas de la ciudad estaba provista de dos niveles; el más bajo de los dos estaba dotado de pilares de madera recubiertos con una mezcla de cal pintada de rojo y de igual manera se trababa el piso. Las paredes se cubren de frescos con bellísimos dibujos esquemáticos de animales, incluso está la representación de una ciudad con un volcán al fondo.

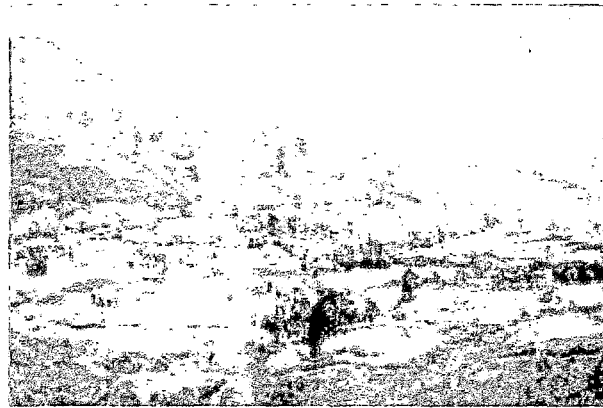
La cultura de Jericó, junto a Catal Hüyük, son dos de las más antiguas culturas urbanas neolíticas; también se encuentra en ella la presencia de la utilización de la cal en cisternas aparecidas. Edward Bacon cita suelos de morteros de cal en casas excavadas por arqueólogos rusos en Djeitun (Turkmenistan), al oeste del mar Caspio, pertenecientes a culturas del tercer y cuarto milenio (a. J.C.).

En Mesopotamia apareció un horno de cal del 2500 a. J.C. En esa área son constantes los descubrimientos de ejemplos de su utilización, como el palacio asirio de Til Barsib (Tel-Ahmar), del siglo XVIII a. J.C., con el bellísimo fresco que desarrolla una audiencia del rey Figlatpileser III con un friso de escribas, sirvientes y prisioneros. Las pinturas murales de Mari (siglo-XVIII a. J.C.), en Louvre, fueron pintadas sobre capa de yeso al temple. La ciudad caldea Ur, patria de Abraham, revoca con cal sus paredes (C.L. Woolley).

La cultura maya, que floreció entre los años 300-900 de nuestra era, utilizó la cal en los centros ceremoniales como Copan, Palenque, Chichéntzá, etc., estucando y tiñendo sus decoraciones esculpidas. Sus sucesores, los toltecas, la utilizan en Tula, así como los aztecas.

En las **Culturas Andinas del Perú** se usó la cal antes de la colonización española que la empleó. La usaron en coloraciones de frescos y otros temas. También se empleó la cal mezclada con asfalto para los morteros de mamposterías y se mezcla la cal con el barro para estabilizar adobes, igual que los árabes. Citaremos la investigación del **Lic. Enf. Marcelino Auccasi Rojas** sobre el lugar de Iscap en el Provincia de Ancash, Distrito de Huaylas, donde se desarrollo esta ciudadela Pre Inca.

Isicap Barrio Arqueológico y Milenario



Es importante destacar las construcciones halladas en esta ciudadela pre inca, que son de forma rectangular, intercalado con construcciones circulares que muy bien podría haber sido torreones de vigilancia, en muchos de ellos sobrepasaban mas de 2 pisos, con construcciones subterráneas que se pierden en el interior del recinto arquitectónico, cuyos accesos apenas se visualizan por estar cubierta por espesa vegetación. Puerta principal del Mausoleo y/o Torreón de Vigilancia de 5x4x3,



conservada íntegramente. Una joya del logro del hombre Iscapino en la ingeniería de construcciones, mudo testigo esperando ser descifrado por los investigadores.

Las paredes están construidas con piedras poco labradas, pero en ciertas construcciones como portales y ventanas están casi bien logradas, pero en su mayoría es de tipo común, en cuya disposición se hallan entre piedras grandes y chicas a manera de ladrillos / cuñas

perfectamente ordenadas **unidas con argamasa de cal** que le dio mayor resistencia y estabilidad a través de los tiempos hasta alcanzar a nuestros días.

En nuestra visita al recinto arqueológico el día 8 de julio de 1998 con los señores Félix Aquino Valverde y Lucio Aquino Tinco, al recorrer por el interior de la ciudadela nos encontramos en forma accidental al Noreste, cerca al camino real de los Incas un mausoleo de 5x4x3, conservada íntegramente cuyo acceso se da por una pequeña puerta cubierto de malezas y arbustos. Antes de ingresar al interior generó cierta duda y temor, pero la curiosidad y la necesidad de indagar ha sido posible nuestro ingreso al interior quedándonos helados de asombro del recinto cuya estructura arquitectónica estaba en perfecta condiciones venciendo el tiempo, podíamos desplazarnos palmo a palmo admirando lo colosal de esta obra de los Hombres de Paríán Punta. Nuestra observación externa se confirma que en la construcción hallamos piedras grandes con ángulos mas 8 tallados grotescos, con presencia de arte rupestre, intercalados con piedras pequeñas a manera de tejido o cuña, siempre **unidas con argamasa de cal**, que definitivamente supera enormemente al barro que es fácil de ser erosionado por la lluvia.

El techo del recinto esta coronado por 4 dinteles rectangulares cada una mide mas o menos 3.5 – 4 metros de largo, encima de ellos están tejidos por piedras como si fueran ladrillos, simulando la terminación de una bóveda, **unidas simétricamente con cal, tipo cemento**.

Al estar en su seno sentíamos una sensación de estar en unos de los pisos porque la construcción era de tipo piramidal.

Con este hallazgo podemos decir que los hombres de Paríán Punta habían descubierto el uso de la piedra para sus edificaciones, logrando portales y ventanas tipo piramidales, el uso de los dinteles de piedra para construcciones subterráneas que les facilitó realizar edificaciones subterráneas como en el caso del templo de Chavín de Huantar, la realización de túneles / socavones con fines defensivos y la realización de acueductos. **De igual forma el uso de la cuña, el uso de cal, probable cemento.**

Al realizar un análisis histórico retrospectivo, por la forma y características halladas en sus edificaciones la Cultura de Paríán Punta ha recibido la influencia de la Cultura Wari, cuyos constructores edificaban habitaciones de 2 ó 3

pisos con las características descritas por los años 1,000 – 200 a.c, eran expertos en construcciones de reservorios, acueductos, templos, edificios públicos.

Esta galería corresponde a Chavin de Huantar, probablemente construido por los hombres de Paríán Punta como consecuencia de la migración . Si comparamos con la calidad de construcción de paredes de nuestro recinto encontrado coinciden con las características arquitectónicas .



Morteros Egipcios , Griegos e India .

Los egipcios fueron los primeros en utilizar la escayola (sulfato de calcio semihidratado obtenido por cocción del yeso a 120°C) para unir bloques de la pirámide de Keops y cubrir su superficie con un estuco rojo, según se ha determinado recientemente; es del 2600 a. J.C. Los egipcios cubrían con una ligera capa de estuco sus edificaciones y para rejuntar sillares empleaban la escayola descrita

Las tumbas pintadas al fresco en Tebas del siglo XV a. J.C., en la época de Tutmosis III, que recorrió en brillantes campañas Siria y Palestina, y de Amenhotep II, contienen, entre otros motivos, profusas procesiones con extranjeros portadores de ofrendas, sirios, libios, hititas y con frecuencia, los keftiu o minoicos, identificados por sus atuendos y las cerámicas que portan. Las paredes que iban a ser decoradas eran dadas primero con un enlucido de yeso con cal. En el Fayum había yacimientos de yeso.

Muchos muros de estos palacios estaban formados con un armado de maderas con riostras diagonales y completadas con mampuestos. Su flexibilidad las dotaba de buenas condiciones antisísmicas. Estaban acabados coloreados, imitando a veces fábricas de sillería. Robertson cita que el hormigón de cal se usó como pavimento en los templos prehistóricos y primitivos. El palacio de Cnosos así lo tuvo.

En la edad micénica se usó la dura piedra caliza de Argos en las arquitecturas clásicas, una variedad distinta de piedra procedente del oeste y este del Peloponeso. Atenas usó el mármol del monte Pentélico, que posee una granulación muy fina y compacta y una gran blancura.

En Thera se introdujo a la mezcla cal-arena el polvo volcánico de la "tierra de Santorin", explotada en la isla. Se obtenían así morteros estables al agua y cuyas propiedades tienen una cierta analogía con los morteros modernos a base de aglomerantes hidráulicos. Esta forma de actuar era conocida fuera de la isla, ya que se ha encontrado "tierra de Santorin" en estatuas que adornaban el "Hephaisteion" de Atenas.

LOS MORTEROS ROMANOS

La civilización romana mejoró los procesos de fabricación de la cal y las técnicas de la puesta en práctica de los morteros y supo explotar todas las posibilidades de este material y además popularizaron y expandieron esta técnica por todo el imperio.

Una de las más antiguas menciones del Opus caementicum encontrada la cita Catón (s. II a. J.C.), que describe la construcción ex calce et caementis. La fecha exacta de introducción del mortero de cal en Roma no se conoce, pero se sabe que esta técnica fue utilizada en los dos últimos siglos de la república (s. II y I a. J.C.), en que se desarrolla y generaliza rápidamente, supliendo los sistemas utilizados anteriormente, tales como el Opus Quadratum (gruesos bloques ajustados sin mortero) y el Opus Latericium y el Later crudus o ladrillos secos.

Vitruvio es la fuente más completa para el estudio de los elementos constitutivos del mortero de cal (s. I a. J.C.). Por él sabemos que la mezcla de los materiales se hacía en la proporción de una unidad de cal por tres de arena o dos por cinco, según la calidad de la arena.

Menciona también el empleo de aditivos ya utilizado por los griegos, tales como cenizas volcánicas o la teja picada. En efecto, los romanos han practicado a gran escala el añadir a la cal arcilla cocida y sobre todo puzolana (roca volcánica que procede de los yacimientos descubiertos en Pozzuoli o Puzzoli, cerca de Nápoles), que confiere al mortero propiedades hidráulicas. Otra característica de la composición es la excepcional calidad del mortero romano, en el cual se tiene mucho cuidado al mezclar sus elementos constitutivos. Este mortero se ha utilizado masivamente para cubrir las mamposterías de las paredes. También lo vierten entre dos muros paralelos, que hace de encofrado perdido. Toda esta masa era aplastada con mazas para rellenar totalmente todos los intersticios, hasta eliminar la última burbuja de aire.

La excepcional calidad de los morteros romanos ha pasado a la leyenda; se suponía que era debido a secretos de fabricación y al uso de aditivos. La utilización de aditivos especiales, como albúmina, caseínas y aceites en otros

casos han sido siempre comentados en las leyendas esotéricas de las cales romanas, pero la realidad es que su buena elaboración, el perfecto cocido de las calizas, su buen apagado, la homogeneidad de las dosificaciones y la cuidadosa ejecución ha sido el secreto fundamental de su realización y lo que ha permitido que conozcamos su legado tras los dos mil años que nos separan.

Tras la desmembración del Imperio se pierde esta unidad formal de calidad, quizá aportada por las disciplinadas Legiones que transmitían a lo largo del Imperio, como una rígida ordenanza, lo que hoy llamaríamos normativa, todo el buen hacer del proceso.

Un capítulo importante en el uso de estucos en la antigüedad se desarrolla en el mundo romano, donde unas de las muestras más significativas se encontraron en Pompeya y Herculano. Es un arte derivado directamente del helenístico, como se comprobó en las excavaciones de Délos y Priene.

Las casas de la antigüedad, construidas en general por débiles muros, sus terminaciones eran generalmente revestidas de cal tanto el exterior como el interior. Vitruvio ya recomendaba superponer tres capas de mortero y otras tres de estuco de mármol. El grueso del estuco variaba de 5 a 8 cm. Estos estucos eran decorados con pintura al fresco, esto es, aplicar pigmentos diluidos en agua de cal sobre la capa de mortero de cal aún sin fraguar, distribuyendo la obra en tajos o tareas en que el pintor era capaz de decorar antes del fraguado.

En algunos aún se observa la huella del pincel por estar el mortero aún demasiado plástico. Algunas veces se retocaba in seco sobre el paramento ya fraguado, con témperas.

En el mundo pompeyano se han sucedido cuatro estilos, hasta la gran catástrofe.

El primer estilo, derivado del mundo helenístico, se desarrolla entre el siglo II y primera mitad del I (a. J.C.). Aparece primero en Délos, Priene, Pérgamo, Thera, tumbas de Alejandría, sur de Rusia y finalmente en Pompeya.

En este estilo domina una transcripción de la sillería isódoma de templos griegos. En la superficie blanca de la cal con arena de mármol se dibujan por incisión los

sillares. El interior se colorea al fresco, con zócalos negruzcos, dominando mucho el color rojo. En un posterior grado de evolución se significan los refundidos del borde de los sillares diferenciándolos de tono. Esta variante evolucionada es la primera que aparece en Pompeya y se la denomina estilo de incrustación. Se empleó en fachadas, patios y corredores abiertos. En Délos aparece este estilo sobre un zócalo amarillo, sobre el que aparecen fajas negras orladas en blanco. Sigue un friso pintado de amorcillos entre cenefas trenzadas. Sobre éste se superponen los sillares, imitando almohadillados, como las construcciones de piedra helenística.

El segundo estilo, donde se desarrolla ya la gran pintura mural decorativa, comienza en torno al año 80 a. J.C.

La parte basamental del muro aún se trata con el primer estilo, al que se superponen sillares imitando vetas marmóreas alternando con fajas decoradas con meandros y fileteadas a continuación sobre fondos claros; se desarrollan arquitecturas pintadas con techos en perspectivas, como rompiendo el muro, que juegan con efectos de luz y sombra. Estos efectos de perspectiva salen o penetran del muro con efecto de trompe d'oeil; en los paños libres se introducen estatuas figuradas, paisajes o elementos decorativos; las arquitecturas se coronan con copas o figuras aladas o guirnaldas.

El tercer estilo se desarrolla en época de Augusto. Esto es en las decenas anterior y posterior a. J.C.; aún se conserva la disposición basamental del segundo, pero la pared es más compartimentada y rica en ornamentos que, aparte de los figurados, destacan hilos tirantes con flores y hojas, pequeñas espirales, guirnaldas continuadas, todo ello completando profusas arquitecturas con perspectivas profundas. Ya se encuentran elementos egipcios, en poder romano desde la batalla de Actium (31 a. J.C.), como lotos y otros elementos importados, con cuidadosos dibujos y simetrías, con proporciones equilibradas y una discreta elección de colores caracterizan este estilo de la época augústea.

Su contemporáneo Vitruvio hace una feroz crítica de estas innovaciones estilísticas. Él fue un realista a ultranza y debió conocer el nacimiento del cuarto estilo, que tomará gran auge en la época de Nerón (50 d. J.C.), mucho más

barroco, con colores muy vivos y énfasis efectista en sus perspectivas fantásticas, esbeltezas inverosímiles de las columnas, gran superposición de elementos que, unido al uso de todos los colores posibles, crean unos efectos enervantes, contrastando con la mayor serenidad de la época de Augusto, tan del gusto de Vitruvio. En el año 79 de nuestra era fueron destruidas Pompeya y Herculano. Los estucos son los revocos de más calidad en los acabados de fábricas, sean de yeso, cal o mezcla de ambos. Vitruvio exigía tres capas de estuco de cal, dando a cada capa sucesiva una carga de polvo de mármol cada vez más fina.

España tiene una gran tradición en yesos y gran abundancia de ellos en su mitad oriental. Tuvo una fuerte tradición mudéjar y de yesaires, lo que explica el gran uso de ellos, incluso como aglomerante de fábricas, como se ve en el área aragonesa donde sus impurezas arcillosas (lo contrario de la cal) sirvieron como su propio impermeabilizante, observándose muros medievales trabados con yeso en perfecto estado. Se usó mucho el espejuelo para trabajos refinados, que es el que mejor imita marmoraciones y jaspeados. Vitruvio también lo recomienda en exteriores, siempre que se le dé dos o más capas de aceite de oliva extendidas con la mano. También se recomendaba grasa de cerdo rancia.

BIZANCIO

Los constructores bizantinos del siglo III al XIII creaban gruesas llagas de mortero de cal en la construcción de fábricas y bóvedas y están en excelente estado, a pesar de su endurecimiento imperfecto a veces. Utilizaban en la mezcla, además de arena, ladrillo troceado de un centímetro de diámetro aproximado, además de polvo de ladrillo. Este mortero tenía un aspecto rugoso y poco trabado, pero las hiladas estaban perfectamente ordenadas y horizontales. El mortero se aplicaba minuciosamente en capas de tres a cuatro centímetros de espesor. Los asientos por el peso de la fábrica estaban previstos, pero eran prácticamente eliminados, pues añadían a su vez piedra troceada de tres centímetros de diámetro, casi del tamaño de la llaga, las cuales repartían la presión eliminando asientos que se producirían antes del fraguado. Pero esto no los protegía bien de la erosión por el viento y la lluvia.

MORTEROS MEDIEVALES

A pesar de que los morteros medievales no se conocen bien, parece que no hay ningún progreso técnico destacable en este período. Después de la caída del impero romano es difícil mantener una vista de conjunto de la evolución, ya que a continuación de las grandes invasiones cada país, cada región, ha seguido su propio camino. Los morteros varían mucho de un sitio a otro y de época en época, incluso entre los edificios contemporáneos. Son frecuentemente de mediocre calidad, poco homogéneos y contruidos sin la base característica de las construcciones romanas; en el interior, en las paredes hay frecuentemente cavidades.

Evolución: Violet-Le-Duc ha intentado establecer una clasificación cronológica sumaria. Es una primera aproximación, pero ofrece puntos que pueden ser de gran utilidad.

Para los siglos IX, X y XI, Violet Le-Duc encuentra morteros de calidad muy mediocre, a pesar de la presencia de la tejoleta (hay que indicar que la tejoleta puede tener funciones muy distintas). Por su naturaleza porosa, los pequeños fragmentos de tierra cocida convierten a los morteros en más permeables al aire y permiten así una mejor carbonatación de la cal. Por otro lado, algunas arcillas cocidas pueden tener semejanza a las puzolanas. La reactividad es a menudo pequeña o nula, ya que de ella depende la naturaleza de la arcilla y la temperatura de cocción. Los mejores resultados se obtienen a temperaturas por debajo de la temperatura de cocción de las tejas y los ladrillos. Por consiguiente, la adición de tejoleta no mejora mucho la calidad de un mortero.

Violet-Le-Duc atribuye la baja calidad a la pérdida de los procedimientos romanos de la fabricación de la cal, pues subestima la importancia de una cuidada puesta en práctica del mortero; pero a partir del siglo XII las mezclas son más homogéneas y la calidad de los aglomerantes mejora de nuevo.

A menudo los morteros de cascotes son mezclados con arena gruesa y cal, mezclada con carbón de madera (como hay una gran cantidad de carbón, no se considera impureza, sino un elemento que, como es poroso, hace el mismo papel que los trozos de tierra cocida). Para las techadas y las uniones, los albañiles utilizaban arena fina y cal muy blanca.

Al comienzo del siglo XII, por motivos económicos, se les pusieron restricciones a los constructores: en sus contratos figuraba utilizar un poco de cal y arena mezclada con tierra. Así, los morteros de las catedrales de Laon, Troyes, Chalons-Sur-Marne, son de muy poca calidad. Por contra, en los siglos XIV y XV, las arenas gruesas apenas se empleaban y sí arenas del litoral, que parecía como si las hubieran lavado para quitarles la arcilla y la tierra. Naturalmente, los morteros eran de mucha mejor calidad.

En Alemania, algunas investigaciones han permitido establecer que no tienen fundamento ciertas creencias que existían respecto a las proteínas animales que habían sido incorporadas a los morteros medievales. El añadir sustancias tales como huevos, leche, caseína o sangre no está atestiguado por la literatura histórica; por otro lado, estos investigadores han examinado muestras de morteros del siglo XI al XVII y nunca han podido establecer la presencia de materias orgánicas; sin embargo, sí se ha visto que habían echado escayola o tejoleta, con lo cual quedó probada la adición de los aditivos clásicos.

A. Naef, arqueólogo natural de Vaud (Suiza), ha revelado que los albañiles de otro tiempo han utilizado en esa región un aglomerante a base de escayola. En Chillón, su uso se remonta a mediados del siglo XII, no solamente para revestimientos, sino también para guarniciones de vanos. Se trata de un hormigón fluido, mezclado con trozos de toba y piedras de distintos tamaños, muy pequeñas para los suelos, más gruesas para los soportes, pero siempre cubiertas por la masa. Según A. Naef, este sistema de construcción puede ser una reminiscencia de los romanos. En los siglos XIII y XIV, la escayola utilizada en Chillón proviene de los yacimientos de Villeneuve. En Valais es donde se conservan hasta la época moderna: hay todavía ejemplos numerosos. Baste citar la galería de Nuestra Señora de Valere, en Sión.

Es a final de la Edad Media cuando empieza a generalizarse la construcción con piedra en Francia. Por razones económicas, así como por tradición, este modo de construir estuvo reservado durante siglos a los edificios religiosos y militares. La población construía sus casas esencialmente con materias inflamables; estas aglomeraciones eran frecuentemente devastadas por incendios catastróficos. Es para luchar contra este peligro por lo que al final del siglo XIV las autoridades promulgaron numerosas ordenanzas para imponer la construcción a base de

piedras. Es evidente que hace falta tiempo para realizar un cambio tan profundo en las costumbres de los constructores. Es en el siglo XVII, en Lausanne cuando se generaliza este método.

ARTE ISLAMICO

La España musulmana en época califal utilizó los atauriques labrados en piedra como decoración parietal en Medina Azhara. En el mundo nazarí toman gran auge las yeserías o estuco "andalusí" con morteros de cal, yeso y polvo de mármol. El yeso retarda el fraguado para dar tiempo a estarcir las complicadas superposiciones de arabescos. Tallado con gubia o expulsados como en los esgrafiados y aplican, con técnica de fresco, esto es, con los morteros aún húmedos, los pigmentos en agua de cal para sus complejas policromías. La Alhambra y tantos monumentos andaluces son muestra de estas maravillosas decoraciones, que derivan de las yeserías almohades.

1.2.2. CLASIFICACIÓN Y PROPIEDADES

Según la Norma Técnica Peruana (NTP 24: 05-001) indica que la clasificación de las cales es como sigue:

- **Cales Aéreas:** Son aquellas que fraguan al combinarse con anhídrido carbónico del ambiente. También se les conoce con el nombre de cal viva o hidratada. Estas a su vez se divide en las siguientes clases:
 - **Cal altamente cálcica:** Es la que se obtiene a partir de calizas con alto contenido de carbonato de calcio (CaCO_3).
 - **Cal cálcica:** Es la que se obtiene a partir de calizas dolomíticas (con alto contenido de carbonato de magnesio: MgCO_3).
 - **Cal dolomítica:** Es la que se obtiene a partir de calizas dolomíticas (con alto contenido de carbonato de magnesio: MgCO_3).
- **Cales Hidráulicas:** Son aquellas que se obtienen a partir de calizas arcillosas por calcinación inferior a la de principio de fusión y que después de agregarles agua y dejarlas reposar un tiempo suficientemente largo al aire, fraguan bajo el agua. Se encuentra en el mercado con el nombre de cales hidráulicas hidratadas. Se clasifican en:

cales hidráulicas hidratadas. Se clasifican en:

- **Cal hidráulica 10:** Es la que su fraguado produce en parte por carbonatación y en parte por reacciones químicas complejas. Debe alcanzar una resistencia a la compresión mayor a 10 kg/cm², según clasificación de la Norma (NTP 24: 05-003).
- **Cal hidráulica 20:** Es la que se obtiene a partir de calizas arcillosas por calcinación a temperatura inferior a la de principio de fusión, con o sin adición de materias puzolánicas. Es la que puede ser obtenida por la mezcla de productos de calcinación a temperatura inferior a la de principio de fusión, con o sin adición de materias puzolánicas. Es la que puede ser obtenida por la mezcla de productos de calcinación de calizas con alto contenido de carbonato de calcio (CaCO₃) y calizas arcillosas a las que se puede agregar materias puzolánicas. Debe alcanzar una resistencia a la compresión igual o superior a 29 kg/cm².

1.2.2.1. CLASIFICACIÓN POR SU HIDRAULICIDAD

La hidraulicidad de la cual es generada por la relación que existe entre la arcilla, alúmina, sílice y oxido de calcio. La fórmula que se muestra a continuación fue propuesta por Vicat:

$$I = (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)(\text{CaO})$$

Donde:

SiO₂ Sílice

Al₂O₃ Alúmina

CaO Oxido de Cal

De acuerdo a la fórmula ya expuesta Durand Claye pudo establecer el siguiente cuadro de tipos de cale e índices de hidraulicidad:

CLASIFICACIÓN DE CALES POR SU CONTENIDO DE ARCILLA

TABLA N° 1.1

Tipo de Cal	Indice de Hidraulicidad (I)	Arcilla %	Caliza %

Cálcica	00.05-0.10	5.00-5.30	95 - 94.70
Hidráulica 10	0.10-0.16	5.30-8.20	94.70-91.80
Hidráulica 20	0.16-0.31	8.20-14.80	91.80-85.20
Hidráulica 50	0.31-0.50	14.80-21.80	85.20-78
Cemento			
De fraguado lento (Pórtland)	0.50-0.65	21.80-26.70	78.00-73.30
De fraguado rápido	0.65-1.20	26.70-40.00	73.30-60
Dolomítica	1.20-3.00	40.00-62.60	60-37.40
Puzolana	Más de 3.00	Más de 62.60	Menos de 37.40

Fuente:(1)

1.2.2.2. CLASIFICACIÓN DE ACUERDO AL TIEMPO DE FRAGUADO

El fraguado se basa fundamentalmente en una serie de reacciones químicas complejas entre el óxido de calcio, sílice, alúmina, óxidos de hierro y agua.

AGLOMERANTE DE ACUERDO AL TIEMPO DE FRAGUADO

TABLA N° 1.2

MATERIAL		Tiempo de fraguado
Cales ordinarias:	Altamente Cálcica Cálcica Dolomítica	No fraguan en el agua, sólo fraguan en el aire seco.
Cales hidráulicas:	Hidráulica 10 Hidráulica 20 Hidráulica 50	15 a 30 días 10 a 15 días 2 a 10 días
Cemento	Lento (Pórtland) Rápido	6 a 12 horas 5 a 20 minutos

Fuente: (1)

1.2.3. PRODUCCIÓN Y UBICACIÓN DE PRINCIPALES CANTERAS EN EL PERÚ

En el Perú se extraen entre 1'600.000 y 4'100 000 toneladas anuales de calizas de los cuales más del 80% se utiliza para la fabricación de cemento.

Según datos proporcionados por INGEMMET las industrias de Lima y Callao pagan de \$2 a \$5 por la tonelada de caliza para fabricaciones de cemento y cal. Mientras que para otros materiales de construcción se pagan entre \$50 a \$60 por tonelada de cal.

1.2.3.1. PRODUCCIÓN DE CALIZAS EN EL AÑO 2000:

La tabla que se muestra a continuación pretende informar sobre los yacimientos de cal que se encuentran en todo el país y conocer la cifra aproximada de producción mayor de cal de estos yacimientos.

PRODUCCIÓN DE CALIZAS EN EL AÑO 2000

TABLA N° 1.3

DEPARTAMENTO	UNIDADES	TOTAL DE PRODUCCIÓN (TM)
Ancash	22	8 445 689
Arequipa	1	4047
Ayacucho	1	100
Cajamarca	60	11 175 000
Cuzco	2	2 000 000
Huancavelica	1	8 000 000
Ica	4	80 000
Junín	31	1 550 945
La Libertad	3	616 280
Lima	21	1 164 500
Pasco	1	10 000
Piura	2	85 997
Tacna	1	40 000

En el Año 2000 la Producción Nacional de Cal y Calizas fue de 33 172 558 TM.

Fuente (3)

Ver Capítulo de Anexos

1.2.3.2. PRODUCCIÓN MINERA DEL AÑO 2002 DE CAL Y CALIZA (ENERO A MARZO)

En la presente tabla se muestran: Las unidades mineras de cal y caliza, empresas que las explotan y el acumulado de la producción de enero a marzo del 2002.

TABLA N° 1.4

EMPRESA MINERA	UNIDAD MINERA	PRODUCTO	DPTO	PROVINCIA	DISTRITO	ACUMULADO ENE - MAR 2002
Yura S.A	Chili N° 1	Caliza	Arequipa	Arequipa	Yura	209,976
Juárez Pacheco, María Rosario	Liliana del Rocío	Caliza	Arequipa	Islay	Dean Valdivia	1
Emp. Siderurgica del Perú S.A.A.	Sider Nivín 1	Caliza	Ancash	Casma	Yautan	6,342
Cía. Mra. Agregados Calcereos S.A.	San Juan N° 1	Caliza	Ica	Nazca	Marcona	4,590
Cía. Mra. Agregados Calcereos S.A.	La Negra	Caliza	Ica	Palpa	Santa Cruz	475
Cía. Mra. Agregados Calceros S.A.	Piedras Azules	Caliza	Ica	Ica	Salas	383
Minsur S.A.	San Rafaelito	Caliza	Ica	Ica	Parcona	1,740
Cemento Andino S.A	Agrupamiento de Andino Huancayo Jaime	Caliza	Junín	Tarma	La Unión	125,839
Cía. Mra. Agregados Calceros S.A	La Mona	Caliza	Junín	Yauli	La Oroya	8,171
Cía. Minera Lafayette S.A.	Angélica	Caliza	Junín	Yauli	Santa Barbara de Carhuacayan Curicaca	6,740
Marmolería Gallos S.A.	Angélica	Caliza	Junín	Jauja	Curicaca	76
Marmolería Gallos S.A.	Angélica	Caliza	Junín	Jauja	Curicaca	37
Sominbor S.A.	Laive	Caliza	Junín	Huancayo	Chongos Alto	1,445
Sominbor S.A.	Laive	Caliza	Junín	Huancayo	Chongos Alto	933
Calera cut-off S.A.C.	Tríncherpe	Cal	Junín	Jauja	Curicaca	891
Calera cut-off S.A.C.	Tríncherpe	Cal	Junín	Jauja	Curicaca	656
Cía. Minera Bunyac S.A.	Cantera Charo	Cal	Junín	Tarma	Tarma	875
Mra. Centro S.A.C.	Porvenir	Caliza	Junín	Huancayo	Quichuay	402
Mra. Centro S.A.C	Porvenir	Cal	Junín	Huancayo	Quichuay	218
Cementos Pacasmayo S.A.A	Tembladera	Caliza	La Libertad	Pacasmayo	Pacasmayo	258,741
Cementos Lima S.A.	Atocongo	Caliza	Lima	Lima	Villa María del Triunfo	343,581
Cementos Lima S.A.	Pucara	Caliza	Lima	Lima	Pachacamac	232,283
Cía. Mra. Agregados Calceros S.A.	San Camilo	Caliza	Lima	Huachochiri	San Mateo	118
Cía. Mra. Luren S.A	Lomo de Corvina	Cal	Lima	Lima	Lurín	2,160
Cía. De inversiones Mineras y Agrícolas Lurín S.A.	Segundo Augusta Augusta	Cal	Lima	Huachochiri	San Mateo	968
Cía. De Inversiones Mineras y Agrícolas Lurín S.A.	Eduardo Segundo Augusta	Caliza	Lima	Huachochiri	San Mateo	1
Cemento Sur S.A	Junín	Caliza	Puno	San Román	Caracoto	39,550

Fuente (2)

En el año 2000 de hasta el mes de Marzo se presentaba un acumulado de producción a 1 247 192 TM de calizas y cal en el Perú. Esto se nota:

En las Tablas 1.3 y 1.4 con relación a las Unidades Mineras mostradas, varían debido a que no hay datos compatibilizados entre el INGEMMET y el Ministerio de Energía y Minas.

1.2.3.3. PERSPECTIVAS DE LA CAL EN EL MORTERO.

De acuerdo a la información obtenida por el Instituto Mexicano del Cemento y Concreto y por el Ing. Ricardo Ferrer, cuando la cal se emplea en reemplazo parcial del cemento se obtendrían los siguientes cambios y/o modificaciones en las propiedades del Mortero.

- **Trabajabilidad:** Debido al poder de retención de agua que posee la cal en la mezcla fresca es que hace al mortero más cohesivo y con mayor trabajabilidad.
- **Tiempo de Fraguado:** Por la retención del agua de la mezcla, se produce un retardo en el proceso de fraguado debido a que la cal brinda de manera paulatina el agua que necesita el cemento para adquirir resistencia.
- **Permeabilidad:** la adición de cal en el mortero produce un aumento de porcentaje finos y esto mejora el acomodo de partículas, por lo tanto produce una disminución de su permeabilidad.
- **Exudación:** la cal no permite el sangrado del mortero porque realiza una mejor mixtura de sus componentes.
- **Resistencia a Corrosión:** Debido a la disminución de la permeabilidad esto origina el difícil paso de las sustancias nocivas o corrosivas en el mortero.
- **Resistencia:** El aumento de la resistencia se debe realizar de manera lenta en comparación con la muestra patrón debido a su lento fraguado por la Cal.

La Investigación pretende corroborar la variación de las propiedades del mortero mencionadas y averiguar qué puede suceder con las demás propiedades físicas del mortero en el que ha sido reemplazado parcialmente el cemento por cal con respecto al mortero patrón (cemento, arena y agua). Para poder obtener resultados más reales del

comportamiento del mortero se han ensayado las muestras a distintas edades y porcentajes de reemplazo.

1.2.4. USOS Y APLICACIONES

La cal tiene múltiples aplicaciones en diversos campos de la actividad productiva como:

EN LA AGRICULTURA:

La cal ayuda en el combata de algunos hongos, bacterias e insectos que dañan las cosechas. También sirve para neutralizar la acidez de los suelos, suministra calcio que es nutriente esencial en las plantas e incrementa la disponibilidad de fósforo.

EN LA ECOLOGÍA:

- **Tratamiento de agua industriales y municipales:** Por ser alcalina es un poderoso desinfectante de bacteria y virus nocivos a la salud, suaviza y clarifica el agua, elimina sustancias negativas y neutraliza ácidos del agua, protegiendo las tuberías de la corrosión.
- **Tratamiento de lodos:** La estabilización con cal es un medio efectivo y económico para el tratamiento de lodos; el proceso comprende la adición de cal para lograr un pH igual o mayor de 12, obteniéndose una total reducción de olores y debido al alto pH se eliminan microorganismos y virus.
- **Tratamiento de basura:** Las bases y entre capas de los rellenos sanitarios, se tratan con cal para evitar que los lixiviados contaminen el suelo y los mantos acuíferos. Las cantidades adecuadas, no suprime la biodegradación pero sí evita la proliferación de organismos nocivos y los malos olores.
- **Desulfuración de gases:** Se emplea para abatir la contaminación del aire, mediante la eliminación de los óxidos azufre de los gases de chimeneas donde se quema carbón o combustible con alto contenido de azufre. La cal reacciona con el SO_3 y SO_2 formando sulfato de calcio y yeso.

INDUSTRIAS ESTRATÉGICAS:

- **Siderurgia:** Se emplea en la escorificación, desulfuración, desfosforización y la protección de los refractarios.
- **Minería:** Se utiliza como químico básico para recuperar metales como Cu, Pb, Zn, Ni, Ag, Au, se utiliza para controlar el pH, neutralizar y mantener atmósferas limpias como en la minería del carbón.
- **Vidrios:** La utilización de la cal en lugar de la caliza produce vidrios más brillantes y con mejor calor.
- **Azúcar:** La Cal precipita impurezas minerales y orgánicas, mezcladas con el azúcar en el líquido extraído de la caña o remolacha.
- **Papel:** La función de la cal es fungir como agente clasificador, como elemento de cocción para disolver elementos no celulósicos, como blanqueador de la pulpa, mejora la calidad del papel, regula la brillantez, color y textura.

EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN:

- **En morteros de albañilería:** Posibilita mayores resistencia, mejor adherencia y ayuda a las construcciones a ser térmicas e impermeables.
- **Para impermeabilizar:** Sus propiedades de absorción, retención de agua y por estar formadas por pequeñísimas partículas penetra mejor en todos los vacíos de tal manera que evita el paso del agua.
- **En pinturas:** Se puede elaborar una pintura a base de cal, sal de cocina y alumbre, Los resultados son notorios en cuanto a costos de esta elaboración se logra una pintura que se incorpora como ninguna otra a la superficie, es higiénica, de apariencia atractiva y durable.
- **Estabilización de suelos:** la cal es el estabilizador de suelos más utilizado por su versatilidad en su manejo, aplicación y bajo costo. Un suelo tratado con cal modifica las propiedades físicas del suelo de manera permanente, disminuye el índice plástico y la contracción lineal y la resistencia a la comprensión.
- **En mezclas asfálticas:** Con frecuencia se utiliza cal hidratada en las mezclas calientes de asfalto, la cual funciona como un agente antidesgarramiento, relleno y modificador. Además reduce la sensibilidad hacia la humedad, también incrementa el endurecimiento

inicial, contribuyendo de esta manera a minimizar las marcas de las rodadas y reducir el envejecimiento prematuro del asfalto (evita la oxidación).

1.2.5. CAL AÉREA O CAL ORDINARIA

La cal ordinaria pura es un óxido de cal (CaO), obteniéndose por calcinación de las piedras calizas (carbonato de cal) (CaCO_3) del que se separa el anhídrido carbónico durante aquel proceso.

La calcinación se verifica a la temperatura de 1.200 a 1 300° C., variando esta temperatura con las diversas clases de calizas y según los combustibles adoptados en la calcinación.

1.2.5.1. TIPOS DE CALES

Según que la caliza sea arcillosa, magnesiana o pura se obtienen los tres tipos de cal ordinaria o aérea designados por cal grasa, cal fuerte y cal árida.

- **Cal Grasa**

La cal grasa es una materia alcalina y cáustica que contiene más del 90% de cal, procediendo de piedras calizas conteniendo del 95 al 100% de carbonato de cal. Su índice de hidraulicidad es de 0,0 a 0,05; su peso específico es de 2,22; soluble en el agua en la relación de 1 a 800; absorbe el anhídrido carbónico del aire y con mayor avidez la humedad atmosférica o vapor de agua del aire.

Cuando se halla en estado anhidro se conoce bajo el nombre de cal viva, y en esta forma, machacada en fragmentos y sumergida en suficiente cantidad de agua, se produce su apagado, con notable desarrollo de calor, pues se eleva la temperatura hasta más de 100°C con desprendimiento de vapor en forma de burbujas y transformándose por este proceso en cal apagada o hidratada.

La relación entre el volumen resultante de cal apagada y el de la cal viva primitiva, se llama rendimiento.

100 kilos de cal viva producen 0,250 metros cúbicos de cal apagada o sea en pasta; el volumen resultante es tres veces a tres veces y

medio el volumen primitivo, según la calidad de la cal viva empleada en esta preparación.

La cal apagada $\text{Ca}(\text{OH})_2$ se presenta en forma de polvo blanco, suelto, de sabor y reacción alcalinos, poco soluble en el agua. Una parte de cal se disuelve en 757 partes de agua a 15°C de temperatura y en 1.675 partes a 100°C e inversamente 100 partes de agua disuelven 0,06 de cal.

La solución acuosa de cal llamada agua de cal es de reacción bastante alcalina, absorbiendo intensamente el anhídrido carbónico del aire y va enturbiándose a medida que se forma el carbonato. Desleída la cal apagada en escasa cantidad de agua, forma una masa blanquecina de consistencia pastosa que diluída produce un líquido lechoso, que se designa bajo el nombre de lechada de cal. Esta, en reposo se aclara, precipitándose el hidróxido de cal, que calentado al rojo pierde agua y se convierte en cal viva.

En las construcciones ordinarias se emplea mucho la cal grasa, en lugar de la cal hidráulica, por su rendimiento tan elevado y porque no se endurece nunca cuando se la protege del contacto con el aire atmosférico o se conserva en local muy húmedo. En contacto con el aire atmosférico absorbe lentamente el anhídrido carbónico y se endurece lentamente o también por desecación progresiva.

La cal grasa se emplea actualmente, de preferencia, en el enlucido y revoque de los tabiques y paramentos interiores de los muros. Para su mejor resultado conviene que la cal haya sido apagada con mucha anticipación, a ser posible más de sesenta días, para que no se produzcan ampollas y grietas por la extinción complementaria de las partículas que no han sido apagadas por completo, operación que exige, a veces, tiempo bastante más largo que el usado para ello. El fraguado del mortero de cal grasa es muy lento por consiguiente los trabajos que se realizan con el mismo han de desarrollarse con suma lentitud, pues de lo contrario, se terminaría la obra bastante antes de que la mampostería adquiriera la consistencia necesaria, originándose asientos desiguales, con las resquebrajaduras y derrumbamientos consiguientes.

Con el empleo de esta cal se pueden producir eflorescencias en los parámetros de los muros debidas al salitre o a sales de potasa o sosa y hasta de cloruro de cal, si se ha humedecido con agua salada. Considerando higiénicamente, el mortero, preparado con cal grasa no es muy recomendable, por su endurecimiento lento y su considerable humedad, que transmite a las obras de fábrica elaboradas con esta clase de mortero. Algunos Reglamentos y Ordenanzas municipales prescriben que e incluido de cal grasa no se aplique sobre los muros hasta después de sesenta días construidos los muros de un edificio.

- **Cal Fuerte**

La cal fuerte es una cal muy débilmente hidráulica, con un índice de hidráulicidad de 0,05 a 0,10, obteniéndose de las piedras calizas que contienen 5% de arcilla y 95% de carbonato de cal.

Esta cal se comporta con bastante semejanza a la cal grasa, aunque reacciona con menor intensidad con el agua; la temperatura que se desarrolla al hidratarla (extinción) es inferior a la que se produce en la hidratación de la cal grasa. Su rendimiento es menor que el de esta cal, así como su finura, pero fragua en mejores condiciones que el mortero de cal grasa. Como la hidráulicidad de esta cal es muy pequeña, no es recomendable su empleo en trabajos hidráulicos. No es conveniente en trabajos de cimentación sometidos a grandes esfuerzos, ni sitios húmedos.

- **Cal Árida**

La cal árida se obtiene por un proceso de calcinación de las piedras calizas ricas en magnesia, llegando a contener hasta el 50% de esta materia.

Las cales de esta categoría sometidas a la acción del agua, reaccionan con menor facilidad que las cales grasas y en consecuencia la temperatura resultante de este proceso es menos alta. Cuando mayor es la proporción de magnesia, su rendimiento es menor en pasta de cal.

1.2.5.2. FABRICACIÓN DE LA CAL

La fabricación de la cal es un proceso simple que puede practicarse artesanal e industrialmente; en ambos se reconocen las siguientes fases:

- **Extracción de la piedra caliza:** Siendo necesario investigar la calidad de ésta, se procede a tomar una muestra representativa y se disuelve en ácido clorhídrico, determinándose el porcentaje de arena y arcilla que la acompaña.

- **Calcinación:** El objeto de la calcinación es la eliminación del agua, que tiene la piedra caliza al estar a la intemperie, y seguidamente el CO₂. Entre los 150 a 450 °C de temperatura del horno para la cocción se evapora el agua hidrosférica contenida en los terrones de la piedra caliza. Cuando pasa los 450°C comienza la descomposición del carbonato de calcio hasta los 600°C y la arcilla se descompone cuando la temperatura del horno se halla comprendida entre los 800°C a 900°C. La reacción que se produce en esta etapa es la siguiente: $\text{CaCO}_3 + \text{calor} \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$

- **Apagado:** La cal es llevada a balsas de apagado, en las que la masa es bañada por aspersion por una cantidad de agua que es aproximadamente la décima parte del peso de la cal. La reacción que se produce en esta etapa es la siguiente:
 $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{calor}$

- **Clasificación y cernido:** Se debe comprobar que la cal procesada cumpla con los requisitos de granulometría que indica la Norma Técnica Peruana 339.002. El residuo retenido sobre el tamiz · 30 no podrá ser mayor de 0.5% y el residuo en el tamiz N° 200 no podrá ser mayor del 15%.

CAPITULO II

EL MORTERO

2.1. DEFINICIÓN

Se define como mortero a la mezcla de materiales cementante, agregado y agua que sirve como adhesivo para unir las unidades de albañilería y así formar un conjunto durable y resistente, para acabados, cimientos y otros usos.

En este trabajo se estudiará el uso del mortero no solo como adhesivo para las unidades de albañilería, por lo que se ha creído conveniente, a manera de introducción, definir los otros componentes de la albañilería y la influencia de ellos en el comportamiento de la estructura final.

2.1.1. COMPONENTES DEL MORTERO

AGREDADOS PARA MORTERO

Si el mortero se fabricara sólo de un material cementante y agua, las contracciones en la mezcla resultante serían tan grandes que se producirían rajaduras en las juntas. Para evitar estas fisuras y para lograr un mayor volumen a un mínimo de material cementante, disminuyendo así los costos, se adiciona agregado a la mezcla.

En general, el agregado debe estar limpio y no debe contener tierra y otros materiales. La presencia de tierra en el agregado reduce la resistencia del mortero hecho con ella.

El agregado debe estar bien graduado, es decir, debe contener granos grandes y pequeños. La pasta cementante debe cubrir completamente cada grano. Si el agregado está compuesto sólo de granos finos, se requerirá más pasta, incrementándose el costo. Si el agregado contiene granos gruesos, consiguiéndose un mortero más trabajable y plástico. Además, al estar

cubiertos todos los granos por material cementante, los granos finos actúan como esferas de apoyo, permitiendo a los granos gruesos rodar uno sobre otro; esto produce una base uniforme para las unidades.

AGUA PARA MORTERO

El agua debe estar limpia y libre de impurezas. El contenido de agua en el mortero esta en función exclusivamente de su trabajabilidad antes de la colocación de las unidades; una vez que entre en contacto con ellas, el agua empezara a disminuir primero debido a la succión de las mismas y luego debido a la evaporación.

En las secciones 3.2.3 y 3.3 se presentan los requisitos que deben cumplir los agregados y el agua usada en el mortero.

2.2. CLASIFICACIÓN Y PROPIEDADES

2.2.1. TIPO DE MORTERO

El tipo predominante de mortero de albañilería es el de cemento, cal y arena. Las cantidades de los diferentes ingredientes pueden variar desde cal pura y arena hasta cemento puro y arena

Los morteros están agrupados generalmente por su contenido de cemento y cal. Para cada grupo, el máximo y mínimo contenido de los ingredientes están indicados en códigos y especificaciones.

MORTERO DE CAL

Fabricado con cal hidratada o pasta de cal, arena y agua. La cal hidratada es un polvo blanco que puede ser añadido a la mezcla juntamente con la arena y agua. La pasta de cal debe ser preparada en obra con agua y cal rápida; a este proceso se le llama apagado.

Como es sabido, la cal es un plastificante y adhesivo conocido desde la antigüedad. Estas características hacen del mortero de cal el más limitado debido a las bajas resistencias mecánicas alcanzadas y a que el fraguado es muy lento.

MORTERO DE CEMENTO

Fabricado con cemento Pórtland, agregado y agua. Se usa cuando se requieren altas resistencias. Sus condiciones de trabajabilidad son variables de acuerdo a la proporción cemento: agregado usado, pero en general, la mezcla es menos plástica y trabajable que en los morteros con adición de cal. Este mortero fragua rápidamente, por lo que su fabricación en obra debe hacerse en forma continua, organizando un abastecimiento de acuerdo al consumo de cada momento, de forma tal que entre el mezclado y colocación no transcurra mucho tiempo.

No es conveniente usar en albañilería morteros muy ricos, ya que pueden ser demasiado resistentes y con alta retracción al secado, agrietándose fácilmente. Sin embargo, el uso de morteros ricos es muy común en obras de ingeniería que requieren altas resistencias, como por ejemplo muros de contención y cimientos que deban resistir la acción del agua.

MORTERO	USOS
1:1	Mortero muy rico para impermeabilizaciones. Rellenos.
1:2	Para impermeabilizaciones y pañeteos de tanques subterráneos. Rellenos.
1:3	Impermeabilizaciones menores. Pisos.
1:4	Para sentado de ladrillos en muros y baldosines. Pañeteos finos.
1:5	Pañeteos exteriores; pega para ladrillos y baldosines, pañeteos y albañilería en general. Pañeteos no muy finos.
1:6 y 1:7	Pañeteos interiores: pega para ladrillos y baldosines, pañeteos y albañilería en general. Pañeteos no muy finos.
1:8 y 1:9	Para sentado de ladrillo en construcciones que se van a demoler pronto. Estabilización de taludes de cimentaciones.

CUADRO 2.1 Usos de los morteros de cementos Pórtland (Sánchez de Guzmán)

MORTERO DE CEMENTO Y CAL

Es el fabricado con cemento Pórtland, cal hidratada o pasta de cal, agregado y agua. En nuestro medio se le conoce como mortero bastardo, el de uso más frecuente es el de cemento Pórtland, cal hidratada, arena y agua. Este tipo de mortero se usa cuando se busca trabajabilidad, buena retención de agua y altas resistencias iniciales.

La cal adicionada lo hace más denso, trabajable e impermeable que el mortero de cemento.

De investigaciones realizadas con anterioridad (Sánchez de Guzmán, pg. 8) se sabe que si el contenido de cemento es alto, las características del mortero será alta su resistencia y fragua rápida, la pasta tendrá una regular trabajabilidad y habrá contracciones (3%) si está muy seca.

Si el contenido de cal es alto, el mortero tendrá menos resistencia, el tiempo entre amasado y colocación podrá incrementarse, la pasta será más plástica y permeable pero mostrará mayor contracción (9%). Si el contenido de arena es alto, la resistencia disminuirá considerablemente y la pasta será poco trabajable, pero el mortero tendrá poca retracción.

En conclusión, los morteros de cal y cemento Pórtland deben dosificarse de tal manera que se aprovechen las propiedades adhesivas de la cal y las propiedades cohesivas del cemento, siendo importante tener en cuenta que al adicionar cal se incrementa la necesidad de agua.

DOSIFICACIÓN DE LOS MORTEROS DE CEMENTO Y CAL

En cada país, la dosificación de estos morteros obedece a propiedades específicas de resistencia a la compresión de acuerdo a las propiedades de los materiales usados.

Tal vez las normas difundida sea la Norma ASTM C270, que clasifica a los morteros de albañilería por propiedades mecánicas y dosificación; esta

clasificación se puede ver en el cuadro 4.4 y estudiar con más detalle en la sección 4.1.2.

En cuanto a los usos de los morteros de cemento y cal, en el cuadro 2.2 se muestra una relación de éstos de acuerdo a las dosificaciones de la Norma ASTM C270.

USOS	MORTERO
CIMIENTO	
Zapatas.....	M,S
Muros de unidades sólidas.....	M,S,N
Muros de unidades huecas	M,S
Muros huecos	M,S
ALBAÑILERIA QUE NO SE USA EN CIMENTOS	
Estribos de unidades sólidas.....	M,S,N
Estribos de unidades huecas.....	M,S
Muros de unidades sólidas, con espesores menores de 30 cm. y altura menor a 10 mt., soportados lateralmente a intervalos no mayores a 12 veces el espesor del muro	M,S,N,O
Muros de unidades huecas, portantes o exteriores y muros huecos de más de 30 cm. de espesor	M,S,N,
Muros de unidades huecas, con espesor no menor a 3 cm. y diseñadas para soportar cargas de viento:	
– mayores a 0.01 kg/cm. =	M,S
– menores a 0.01 kg/cm. =	M,S,N
Albañilería de bloques de vidrio	M,S,N,O
Tartajeo sobre albañilería existente	M,S
Otros usos	M,S,N

CUADRO 2.2 Usos del mortero de cemento y cal, de acuerdo a las dosificaciones indicadas en la Norma ASTM C270.

NOTA:

Según la Norma ASTM C270, los morteros M,S,N y O tienen las siguientes proporciones:

MORTERO	CEMENTO;	CAL	AGREGADO
M	1	$\frac{1}{4}$	No menos de $2\frac{1}{4}$ ni
S	1	$\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{2}$	Mas de 3 veces la suma
N	1	$\frac{1}{2}$ a $1\frac{1}{4}$	De los volúmenes separados de
O	1	$1\frac{1}{4}$ a $2\frac{1}{2}$	los aglomerantes.

2.2.2. PROPIEDADES DEL MORTERO DE ALBAÑILERÍA

TRABAJABILIDAD

Es probablemente la propiedad más importante del mortero en estado plástico debido a sus influencias sobre las otras propiedades tanto en estado plástico como en estado endurecido. La trabajabilidad es difícil de definir debido a que es la combinación de varias propiedades relacionadas entre sí. Las propiedades consideradas como las de mayor influencia en la trabajabilidad son la consistencia, retención de agua, tiempo de exposición al aire, peso unitario y cohesión.

Un albañil experimentado juzga la trabajabilidad del mortero por la forma en que se adhiere a su badilejo. La Portland Cement Association define a un mortero trabajable como a aquel que puede deslizarse fácilmente sobre la unidad de albañilería adhiriéndose a las superficies verticales y que permite el fácil acomodo de las unidades sobre él sin cambio en su espesor de las juntas anteriormente formadas.

En la práctica, para medir la trabajabilidad se cuantifican la consistencia y retentividad del mortero.

CONSISTENCIA

Se llama así a la habilidad del mortero de fluir. Esta propiedad tiene que ver directamente con la cantidad de agua que contiene el mortero. Generalmente, diferentes morteros requieren diferentes contenidos de agua para lograr el mismo grado de humedad. La consistencia ideal depende de la forma en que el mortero será usado; en la práctica, es el albañil quien determina la mejor consistencia que se ajuste a sus necesidades adicionado agua a la mezcla.

Una forma de cuantificar la consistencia o fluidez es medir el porcentaje de flujo de acuerdo a la Norma ASTM C270. El flujo es medido como el incremento en porcentaje del diámetro de un cono de mortero fresco de 2 pulgadas de base, que es dejado caer $\frac{1}{2}$ pulgada 25 veces en 15 segundos.

RETENCION DE AGUA

La retención de agua o retentividad es la medida de la capacidad de retener el agua impidiendo su pérdida por evaporación o por absorción de la unidad de albañilería.

La retentividad del mortero debe ser tal que pueda permanecer inalterable el tiempo suficiente para el asentamiento y acomodo aprobado de la nueva unidad de albañilería sin dañar el íntimo contacto entre el mortero y las unidades. Si el mortero tiene una retentividad baja y es colocado sobre una unidad de alta succión, puede endurecerse en muy corto tiempo; esto origina que la próxima unidad a colocar no podrá ser acomodada apropiadamente sobre el mortero endurecido, resultado algunas fisuras que perjudican la permeabilidad de la junta. Un mortero con alta retentividad ofrece una mayor resistencia a la succión de la unidad y por lo tanto endurecerá más lentamente.

El aumento de esta propiedad se logra por adición de cal, aditivos plásticos, incorporadores de aire o usando cementos pulzolánicos.

Para medir la retención de agua se mide la consistencia de la mezcla antes y después de su exposición a un aparato de vacío; la consistencia final y la inicial. Este ensayo está descrito en la Norma ASTM C91.

ADHESION

El más importante requerimiento de las construcciones de albañilería es que el mortero mantenga unidas las unidades tan fuertemente que formen una sola unidad. Para hacer esta ligazón posible, el mortero debe tener una buena adhesión con las unidades de albañilería. Un completo e íntimo contacto del mortero con las superficies de las unidades sobre las que está aplicado, es importante para que se desarrollen las fuerzas que mantienen dicha trabazón y para hacer las juntas resistentes a las filtraciones de agua.

La adhesión entre el mortero y la unidad es quizás la propiedad más importante del mortero endurecido. El mortero debe desarrollar suficiente adhesión para resistir los esfuerzos causados por vientos severos, terremotos, cambios volumétricos en las unidades o en el mismo mortero, cambios de temperaturas y otras fuerzas. Entre las variables que efectúan la adhesión figuran la cantidad de material cementante, la retentividad y las características de la unidad empleada.

Los morteros de baja retentividad y los morteros de alto contenido de cemento tienden a ser ásperos y a contraerse durante el proceso de hidratación, por lo que su adherencia es localizada, y por lo tanto pobre. La adición de cal mejora la adhesión debido a que aumenta la retentividad manteniendo al mortero plástico y con capacidad de extenderse completamente sobre las unidades. Por otro lado, la adhesión será incrementada por un aumento en la porosidad y rugosidad de la cara en

contacto con a unidad y por la presencia de alvéolos en los que el mortero pueda introducirse.

RESISTENCIA

Uno de los factores que afectan la resistencia final de la albañilería es la resistencia a la compresión del mortero. La resistencia a la compresión del muro aumenta cuando se usa un mortero más resistente, especialmente para resistencias del muro bajas, sin embargo, este incremento no es proporcional al incremento en la resistencia a la compresión del mortero. Los numerosos estudios realizados para establecer una relación entre la resistencia a la compresión del muro y la del mortero han dado un gran rango de valores. Investigaciones realizadas en muros de ladrillo y mortero (Shaling) muestran que para resistencias del mortero menores a 100 kg/cm^2 , un incremento de aproximadamente 230% en la resistencia del mortero aumenta únicamente en 25% la del muro; para resistencias de mortero mayores la relación entre la resistencia del muro y la del mortero parece mantenerse en aproximadamente 0.60.

La resistencia a la tracción es la capacidad del mortero de resistir esfuerzos de tracción. En el caso que el muro de albañilería deba soportar cargas laterales como viento o sismo, en el extremo superior del mismo se producirán esfuerzos de tracción por flexión, siendo estos esfuerzos absorbidos principalmente por las fuerzas de adherencia entre mortero y unidad. Por esta razón la resistencia a la tracción no es importante en los morteros de asentar, ya que si el muro falla debido a esfuerzos de tracción, lo hará por fallas en la adherencia

2.3. REQUISITOS DEL MORTERO PARA USO SEGÚN ASTM, NORMA PERUANA E070 Y REGLAMENTO NACIONAL DE CONSTRUCCION.

2.3.1. REQUISITOS QUE DEBEN CUMPLIR LOS AGREGADOS

2.3.1.1. NORMAS ASTM

Las normas ASTM, en su especificación ASTM C144-81 fijan una serie de requisitos para el agregado usado en la elaboración de morteros, se debe resaltar que dicha norma no da la posibilidad de, si el agregado a usar no cumple con alguno de los requerimientos especificados en ella, poder usarlo siempre y cuando el mortero fabricado con el satisfaga los requisitos de la norma referente al mortero (Norma ASTM C270-89).

A continuación se presenta un resumen de la Norma ASTM C144-81; MATERIAL USADO.- Consistirá en arena natural o fabricada. La arena fabricada es el producto obtenido por la molienda de piedra, grava o escoria de altos hornos enfiada al aire.

GRADUACIÓN DEL AGREGADO.- Debe cumplir con los límites especificados en el Cuadro 2.3.

La graduación debe mantenerse constante, esto es, el módulo de finura no debe variar en más de 0.2 entre una muestra y otra. Además, no debe haber más del 50% de material retenido entre 2 mallas consecutivas ni más de 25% entre la malla 50 y la 100.

MALLA	% QUE PASA	
	ARENA NATURAL	ARENA FABRICADA
N° 4	100	100
N° 8	95 a 100	95 a 100
N° 16	70 a 100	70 a 100
N° 30	40 a 75	40 a 75
N° 50	10 a 35	20 a 40
N° 100	2 a 5	10 a 35
N° 200	—	0 a 10

CUADRO 2.3 Requisitos de la Norma ASTM para la graduación de agregados para mortero.

PARTICULAS DELEZNABLES.- No se debe exceder los siguientes límites:

% EN PESO MAXIMO PERMITIDO

PARTICULAS FRIABLES	1.0
PARTICULAS LIGERAS	0.5

IMPUREZAS ORGANICAS.- El agregado debe estar libre de toda clase de impurezas orgánicas en cantidades perjudiciales. Serán desechados los agregados que al ser sometidos a la prueba especificada en la Norma ASTM C40, presenten un color más oscuro que el permisible, a menos que se compruebe que dicha coloración es debida principalmente a la presencia de pequeñas cantidades de carbón, lignito o similares.

DURABILIDAD.- Dependiendo del agente desintegrador usado, se debe cumplir lo siguiente:

AGENTE	% DE PERDIDA EN PESO MAXIMO PERMISIBLE
SULFATO DE SODIO	10%
SULFATO DE MAGNESIO	15%

2.3.1.2. NORMA PERUANA E070

La norma técnica de Edificación E070 también presenta algunos requerimientos para el agregado usado en la fabricación de morteros.

MATERIAL USADO.- La arena a usar será natural y libre de materia orgánica.

GRADUACION DEL AGREGADO.- Concuerta en las mallas especificaciones, con las Normas ASTM:

MALLA	% QUE PASA
N° 4	100
N° 8	95 a 100
N° 100	25 máximo
N° 200	10 máximo

El módulo de fineza debe estar entre 1.6 y 2.5.

PARTÍCULAS FRIABLES.- Deben ser menores de:

MÁXIMO % PERMITIDO EN PESO
1%

2.3.2. REQUISITOS PARA LOS AGLOMERANTES USADOS

NORMA: ASTM C270-89

Pueden usarse los siguientes aglomerantes:

CEMENTO PORTLAND.- Los tipos I, IA, IIA, III o IIIA de las especificaciones ASTM C150.

CEMENTO ADICIONADOS.- Los tipos IS, IS-A, IP, IP-A(PM) o I(PM)/A de las especificaciones ASTM C595.

CEMENTOS DE ESCORIA.- Para uso en especificaciones de propiedad solamente, los tipos S o SA de las especificaciones ASTM C595.

CEMENTO DE ALBAÑILERÍA.- Que concuerde con la especificación ASTM C91.

CAL HIDRATADA.- Pueden usarse los tipos S o SA de las especificaciones ASTM C207. También está permitido el uso de la cal hidratada N o NA, siempre y cuando no perjudique la durabilidad del mortero.

CAL RAPIDA.- La especificada en la Norma ASTM C5.

2.3.3. REQUISITOS PARA EL AGUA

NORMA: ASTM C270-89

AGUA.- Debe estar limpia y libre de sólidos, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica u otras sustancias perjudiciales para el mortero o metales existentes en el muro de albañilería.

2.3.4. REQUISITOS QUE DEBE CUMPLIR EL MORTERO

2.3.4.1. NORMAS ASTM

La norma ASTM C270-89 ha dividido los requisitos que debe cumplir el mortero usado en albañilería en dos grupos: especificaciones de propiedad y especificaciones de proporción.

Las especificaciones de propiedad se refieren a las propiedades del mortero tanto en estado endurecido como en estado plástico. Estas deben ser comprobadas mediante pruebas de laboratorio siguiendo las normas respectivas.

Las especificaciones de proporción se refieren a la cantidad de cada uno de los materiales usados en la preparación de un mortero determinado, dividiéndose a los morteros en cuatro tipos principales: M, S, N y O.

ESPECIFICACIONES DE PROPORCIÓN

El mortero consistirá en una mezcla de cemento, cal, agregado y agua según las proporciones indicadas en el Cuadro 2.4. La cantidad de agua será la necesaria para conseguir una trabajabilidad y consistencia adecuadas para la manipulación y colocación del mortero.

TIPO	CEMENTO PORTLAND O CEMENTO ADICIONADO	CAL HIDRATADA O CAL RÁPIDA	AGREGADO
M	1	¼	No menos de 2¼ ni más de 3 veces la suma de los volúmenes separados de los aglomerantes
S	1	¼ a ½	
N	1	½ a 1¼	
O	1	1¼ a 2½	

CUADRO 2.4 Requerimientos de las especificaciones de proporción, Norma ASTM C270-89.

La medición de los materiales se realizará de tal manera que se pueda controlar y mantener correctamente la proporción especificada.

ESPECIFICACIONES DE PROPIEDAD

Se deben cumplir los requerimientos presentados en el Cuadro 2.5. Para verificar esto se realizará pruebas de laboratorio para cada propiedad, las mismas que se harán de acuerdo a las siguientes normas.

Resistencia promedio a la compresión a los 28 días, ASTM C109.

Retentividad, ASTM C91

Los morteros preparados para las pruebas de laboratorio deberán tener un flujo de $110 \pm 5\%$.

TIPO	RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS MÍNIMO, Kg/cm ²	RETENCIÓN DE AGUA MÍNIMO, %
M	175	75
S	127	75
N	53	75
O	25	75

CUADRO 2.5 Principales requerimiento de las especificaciones de propiedad, Norma ASTM C270-89.

Como consta en las normas, el mortero fabricado en obra deberá tener un flujo mayor a $110 \pm 5\%$ para poder asegurar una adecuada unión del mismo con las unidades de albañilería, esto es debido a la succión o absorción inicial de las unidades al entrar en contacto con el mortero, por lo tanto, los valores obtenidos para las diferentes propiedades del mortero son solo una aproximación al comportamiento real del mortero colocado en el muro luego de la succión inicial mencionada y no deben ser tomadas como una evaluación de la calidad del mortero colocado y endurecido en el muro

2.3.4.2. NORMA PERUANA E070

La Norma Técnica de Edificación E070 ha dividido al mortero en seis tipos de acuerdo a las proporciones de cada material en la mezcla. Dicha norma menciona como aglomerantes únicamente al cemento Portland tipo I y a la cal hidratada. Las proporciones especificadas se muestran en el Cuadro 2.6.

a) CEMENTO PORTLAND TIPO I Y CAL HIDRATADA				
TIPO	CEMENTO	CAL	ARENA	
P1-C	1	1	4	
P2-C	1	1	5	
NP-C	1	1	6	

b) CEMENTO PORTLAND TIPO I			
TIPO	CEMENTO	ARENA	
P1-C	1	4	
P2-C	1	5	
NP-C	1	6	

CUADRO 2.6 Proporciones del mortero en volumen, Norma E070.

Como se puede observar, las normas ASTM nos dan una mayor amplitud de requerimientos y especificaciones acerca de los morteros de cemento, cal y agregado usados en albañilería. En comparación, las Normas Peruanas solamente indican para cada tipo de mortero las proporciones en volumen de cada material constituyente, pero no dicen nada acerca de los requerimientos mínimos de las propiedades de los mismos.

2.3.4.3. REGLAMENTO NACIONAL DE CONSTRUCCIÓN

El Reglamento Nacional de Construcción ha dividido a los morteros usados en albañilería en seis tipos; los tres primeros, que son los más resistentes son para ser usados en la fabricación de muros portantes y los otros tres para la fabricación de muros no portantes. También especifica algunas propiedades para dichos morteros. En los Cuadros 2.7 y 2.8 se muestra dichas especificaciones.

TIPO	PROPORCION CEMENTO: CAL: ARENA	RESISTENCIA MINIMA COMPRESIÓN (kg/cm ²)	% DE ENCOGIMIENTO LINEAL PROMEDIO EN 40 HRS.	RETENCION DE AGUA (%)
M-1	1:0:3	175	0.22	35
M-2	1:0:4	100	—	—
S-1	1: ½ :4 ½	100	EST. 0.26	EST. 30-70

CUADRO 2.7 Especificaciones del RNC para muros portantes.

TIPO	PROPORCION CEMENTO: CAL: ARENA	RESISTENCIA MINIMA COMPRESIÓN (kg/cm ²)	% DE ENCOGIMIENTO LINEAL PROMEDIO EN 40 HRS.	RETENCION DE AGUA (%)
S-2	1:0:5	60	—	—
N	1:1:6	50	0.30	60-80
O	1:2:9	25	0.48	80

CUADRO 2.8 Especificaciones del RNC para muros no portantes y acabados.

El Reglamento Nacional de Construcciones nos indica la resistencia, retención de agua y encogimientos lineales mínimos que deben de cumplir los morteros, pero no dice nada de la forma de cuantificar dichas propiedades. Por otro lado, comparando los dos últimos cuadros con los Cuadros 2.7 y 2.8 vemos que las dosificaciones S-1, N y 0 del RNC corresponden a las dosificaciones S, N y O de las Normas ASTM, y que en cuanto a resistencia a compresión mínima requerida ambas especificaciones son parecidas; no ocurre lo mismo con la retención de agua mínima requerida, puesto que las especificaciones del RNC son mucho más tolerantes.

CAPITULO III

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

3.1. CAL

3.1.1. TIPOS DE CAL

La cal utilizada para el presente estudio es una cal aérea obtenida de la Sierra en la Provincia de Huaraz. Esta cal fue proporcionada por la Institución Pronamachs en colaboración con el laboratorio de Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil. El tipo de cal se determinó por medio de diversos ensayos físicos y químicos, los cuales son detallados a continuación.

3.1.2. PROPIEDADES FÍSICAS (NTP 339.004)

3.1.2.1. GRANULOMETRÍA DE LA CAL

La Norma NTP 24:05-002 indica que “El residuo retenido sobre el tamiz · 30 no podrá ser mayor de 0.5%. y “El residuo retenido en la malla · 200 no podrá ser mayor al 15%”.

• PROCEDIMIENTO

- Sobre el tamiz N° 30 colocar la muestra de 100 gr. De cal hidratada. Debajo de este tamiz se coloca el tamiz N° 200.
- El material se lava a través de los tamices, mediante una corriente de agua proveniente de un caño o grifo. –Se adherirá al caño, un pedazo de tubería de caucho, pero debe cuidarse de que la muestra no salpique fuera del tamiz.
- El lavado se continúa hasta que el agua que pasa a través del tamiz, sea clara, pero en ningún caso se podrá continuar el lavado por más de 30 minutos.
- Debe tenerse cuidado para que el agua no se acumule en el tamiz N° 200 porque las aberturas pueden taparse y la operación no sería completa en 30 minutos.

- Los residuos sobre ambos tamices se secan hasta obtener un peso constante a una atmósfera libre de anhídrido carbónico a una temperatura entre 100°C y 120°C.

- **DATOS Y RESULTADOS DE LABORATORIO**

Los datos obtenidos son:

Peso malla N° 30 + Peso de vasija = 268 gr.

Peso malla N° 200 + Peso de vasija = 271.5 gr.

Peso vasija N° 30 = 268 gr.

Peso vasija N° 200 = 269.50 gr.

Peso neto N° 30 = 268-268 = 0 gr.

Peso neto N° 200 = 271.5 – 269.50 = 2 gr.

Peso neto total N° 200 = P.neto N° 30 + P.neto N° 200 = 0+2gr.= 2gr.

- El peso retenido de la malla N° 30 es de 0%
- El peso retenido en la malla N° 200 es de 0.74%.

Según las Normas la cal utilizada en este estudio cumple con los requisitos de Granulometría. En caso de no cumplir se recomienda la molienda de la cal para permitir su cumplimiento de granulometrías.

3.1.2.2. TRABAJABILIDAD (NTP 339.004)

Este ensayo consiste en medir la cantidad del agua necesaria para cumplir con la trabajabilidad óptima que la Norma NTP **339.004** precisa de la siguiente manera:

- Para la cal altamente cálcica, esta cantidad de agua no debe ser menor del 75%.
- Para la cal cálcica, la cantidad de agua no debe ser menor al 70%
- Para la cal dolomítica, esta cantidad de agua no debe ser menor al 65%.

- **PROCEDIMIENTO**

- Colocar el molde al centro de la plancha de vidrio de la mesa de sacudidas haciendo que su borde coincida con el círculo de 100 mm de diámetro del tablero de la mesa.
- Llenar el molde con la pasta, en dos capas, apisonando cada una con golpes cortos del pisón de madera.
- La pasta que rebalsa del borde, se enrasa con una regla y después de 10 o 15 segundos se retira el molde verticalmente hacia arriba.
- Extender la pasta sobre la plancha de vidrio con 15 golpes de sacudidas, cuidando que las sacudidas se realicen con una velocidad constante de una vuelta por segundo.
- La extensión de la torta se mide en dos diámetros perpendiculares entre sí.
- El ensayo se repite con una nueva mezcla y diferente adición de agua, previamente pesada, hasta que la medida de extensión alcance en ambas direcciones $18 \text{ cm} \pm 0.2 \text{ cm}$.
- La constatación de la medida de extensión se debe terminar a más tardar 10 minutos después de la adición del agua a la cal.

- **DATOS Y RESULTADOS DE LABORATORIO**

$W_{\text{MUESTRA CAL}} = 600 \text{ gr.}$

$W_{\text{agua}} = 455 \text{ gr.}$

$\text{AGUA} / \text{CAL} = 600/455 = 75\%$

De cual podemos mencionar que la cal que se ha usado es altamente cálcica o cálcica

3.1.2.3. ESTABILIDAD VOLUMÉTRICA DE LA CAL

Es considerado que la cal de construcción presenta estabilidad de volumen, si los resultados de la prueba rápida o del tiempo son aceptables.

- **PROCEDIMIENTO**

Prueba Rápida:

- Se mezcla 100 gr. de cal con agua hasta lograr una pasta suave pero no flúa.
- Sobre una superficie absorbente (por ejemplo una plancha de asbesto o ladrillos espolvoreados con arena fina) formar de esta pasta dos tortas de aproximadamente 9 cm. de diámetro y 1 cm. de altura al centro.
- Después de unos 15 minutos retirar las tortas, colocar sobre las planchas de vidrio y luego dejar reposar en el aire, protegidas contra corrientes de éste, durante 24 horas.
- Después de este tiempo de reposo, colocar ambas tortas se colocan con la parte abovedada hacia abajo sobre la parrilla de alambre del baño al vapor.
- El recipiente se llena en sus $\frac{3}{4}$ partes de agua, el cual deberá hervir en $\frac{1}{4}$ hora.
- Las tortas se someten al vapor durante una hora en total.
- En el caso de cales que deban ser apagadas o remojadas, la prueba se hará con unos 200 gr. De pasta de cal.

Prueba de Tiempo:

Mezclar 100 gr. De la muestra de cal con 200 gr. De arena fina y 400 gr. De arena gruesa adicionándoles el agua correspondiente hasta formar un mortero ligeramente plástico. La arena fina y la arena gruesa deben cumplir con los requisitos indicados en la Tabla N° 3.1.

TABLA N° 3.1

ARENA	FINA			GRUESA	
TAMIZ ITINTEC	63 μm (N° 230)	88 μm (N° 170)	210 μm (N° 70)	595 μm (N° 30)	1.19 μm (N° 16)
% EN PESO RETENIDO	70 A 80	60 A 70	8 A 14	95	1

- En la arena gruesa el contenido de partículas hasta 88 μm (N° 170) y utilizando agua, no debe ser mayor de 0.15% de dióxido de silicio. La arena gruesa debe contener como mínimo 99% de dióxido de silicio. La arena gruesa debe contener como mínimo 95% de dióxido de silicio.
- Colocar el mortero en 5 planchas de vidrio, las cuales se sacuden hasta que se formen tortas de 9 cm. De diámetro y 1 cm. De grosor en el centro.
- Si es el caso de cales aéreas, las tortas se ponen a reposar al aire y cada séptimo día se sumerge 1 minuto en agua con su plancha de vidrio.
- La prueba con cales aéreas se considera de resultados satisfactorios si las tortas después de reposar 28 días al aire no muestran grietas ni torceduras.

• RESULTADOS DEL LABORATORIO

La cal utilizada es una cal aérea hidratada y al realizar el ensayo se observó que posee estabilidad volumétrica

3.1.3. ENSAYOS QUÍMICOS DE LA CAL (NTP 339.048)

La finalidad de realizar ensayos químicos a la cal que se utiliza en el presente estudio es para poder clasificar la cal hallando las cantidades de los compuestos químicos principales:

- OMg
 - MgO + CaO
 - Humedad
- **Tratamiento de la Muestra en el Laboratorio para sus Análisis Químico**

Tal como se reciba la muestra en el laboratorio, se mezclará perfectamente bien y se reducirá su cantidad mediante cuarteos sucesivos hasta que queda una mínima porción de 75 gr. De la muestra para el análisis químico.

➤ **Muestra para Pruebas Especiales:**

Las muestras para las pruebas especiales pedidas para las especificaciones particulares se tomarán mezclando y cuarteando el material sobrante después de haber tomado los 75 gr. De la muestra para el análisis químico.

➤ **PROCEDIMIENTO**

Determinación de la Humedad

- Pesar 2 g a 5 g de la muestra preparada en una pesa filtrodorado.
- Calentar en una estufa, sin tapanlo a la temperatura de 120°C durante 2 horas.
- Tapar rápidamente, enfriar en un desecador y pesar quitando la tapa en el instante preciso antes de hacer la pesada.
- La pérdida en peso representa el agua higroscópica de la cal hidratada.

Determinación de la Materia Insoluble más Bióxido de Silicio:

- Pesar aproximadamente 0.5 gr. De muestra. (si se trata de piedra caliza o cal hidratada, calcinar en crisol de platino, con la tapa

- puesta, en una mufla eléctrica por 15 minutos o más, si el calor no fuera lo suficientemente fuerte para completar la descomposición).
- Transferir a una cápsula de precipitación; preferible de platino, para acelerar la evaporación, mezclar con agua destilada hasta formar una pasta delgada, añadir de 5 a 10 al de ácido clorhídrico ($d = 1.19$) y se hace digerir con ayuda de calor y agitación, hasta disolución completa.
 - Se puede ayudar la solubilidad y disminuir el tiempo rompiendo los trocitos existentes mediante la punta aplanada de una baqueta.
 - Evaporar a seguridad, tanto como sea posible, en baño maría.
 - Una vez seco, o casi seco, colocar la cápsula con su contenido (cubierta) en un baño de aire o en plancha caliente, sobre un triángulo de platino no resistente.
 - Si se analiza una caliza de alto contenido de calcio, calentar por 1 hora a 200°C .
 - Enfriar y mojar la masa con ácido clorhídrico ($d = 1.19$) y dejar reposar unos minutos.
 - Añadir un volumen igual de agua, tapar la cápsula y se coloca en el baño de agua por 10 minutos.
 - Filtrar a través de papel de filtro de tamaño aparente, para separar los insolubles
 - Lavar completamente con ácido clorhídrico diluido y luego dos veces con agua fría
 - Evaporar el filtrado a sequedad.
 - Extraer este residuo con ácido clorhídrico exactamente como antes, pero digerir solamente unos minutos.
 - Filtrar a través de un papel de filtro más pequeño.
 - Lavar varias veces con agua caliente.
 - Transferir los dos papeles de filtro conteniendo los residuos de un crisol de platino dorado. Secar cuidadosamente sin que se inflame el papel de filtro y luego calcinar hasta peso constante en mufla eléctrica. El incremento en peso indica el insoluble más bióxido de

silicio y se reporta como materia insoluble más bióxido de silicio (a).

Determinación de los óxidos de fierro y de aluminio:

- Agregar a la solución clorhídrica proveniente de la determinación anterior unas gotas de agua de bromo o de ácido nítrico y hervir hasta que desaparezcan toda traza de cloro o bromo.
- Agregar ácido clorhídrico en suficiente cantidad para asegurar que haya de 10 a 15 mde ácido clorhídrico (d=1.19).
- Agregar unas gotas de rojo de metilo y diluir a 200 ml o 250 ml con agua.
- Calentar a ebullición y neutralizar con hidróxido de amonio (diluido, casi al final) hasta que el color vire de rojo al amarillo.
- Hervir todavía 1 0 2 minutos, decantar, filtrar y lavar inmediatamente el precipitado del papel filtro 2 o 3 veces con solución caliente al 2% cloruro de amonio(1).
- Conservar aparte las aguas del filtrado (2).
- El precipitado del papel de filtro se disuelve con ácido clorhídrico diluido y caliente, lavar con agua caliente, recibiendo la solución en el mismo vaso donde se hizo la precipitación (1).
- Hervir esta solución para expeler cualquier traza de cloro y precipitar los hidróxidos de fierro y aluminio con hidróxido de amonio.
- Filtrar y lavar como anteriormente y calcinar el papel filtro con el precipitado en crisol de platino dorador(1).
- Juntar las aguas del filtrado con las de (2).
- Enfriar en desecador y pesar como óxidos de fierro y aluminio.
- El papel de filtro de la primera precipitación (1) se seca, calcina y pesa, agregando su peso al de materia insoluble más bióxido de silicio (a).

Determinación de la pérdida por calcinación

- Pesar 1 gr. de la muestra en un crisol de porcelana o platino previamente dorado.

- Cubrir con la tapa y calentar suavemente en una mufla eléctrica por 5 minutos, aumentando gradualmente la temperatura hasta que su peso sea constante (por lo general unos 15 minutos entre 900°C y 1000°C).
- La diferencia entre el peso original de la muestra y su peso final representa la pérdida por calcinación.

Determinación del óxido de calcio;

Método gravimétrico : El método gravimétrico debe emplearse cuando se requieren una recuperación de alúmina o una determinación de estroncio.

- Agregar algunas gotas de solución de hidróxido de amonio a la solución resultante de la filtración de los hidróxidos de fierro y aluminio y llevar a ebullición (7)
- Se entiende que esta solución es la resultante de la separación previa de sílice, aluminio y óxido de fierro.
- A la solución hirviendo, agregarle 35 ml de una solución saturada de oxalato de amonio hirviendo y se deja que continúe hirviendo hasta que el precipitado (CaC_2O_4) asuma una forma granular.
- Deja reposar 20 minutos o hasta que el precipitado se haya asentado y la solución esté clara, filtrar y lavar perfectamente con agua hirviendo. Cada 1000 ml de agua hirviendo disuelven 10 mg de precipitado (CaC_2O_4).
- Colocar el papel filtro de cenizas tadas húmedo, conteniendo el precipitado (CaC_2O_4) en un crisol de platino previamente dorado y se quema el papel sobre la pequeña llama de un quemador Bunsen o en una mufla eléctrica.
- Calcinar el residuo, disolver en solución caliente al 10% de ácido clorhídrico y se lleva el volumen de la solución a 100 ml con agua.
- Agregar una pequeña cantidad de hidróxido de amonio y poner a hervir el líquido.

- En caso de que se produjera un pequeño precipitado de hidróxido de aluminio, se le filtra lavando con una solución al 2% de cloruro de amonio, volver a calcinar, pesar y agregar este peso a aquel encontrado en la primera determinación (7)
- Luego, volver a precipitar el calcio usando oxalato de amonio, dejar reposar hasta que se asiente, filtrar, lavar perfectamente con agua hirviendo y se pesa como óxido de calcio después de calcinación hasta peso constante en un crisol de platino cubierto.

Método Volumétrico: El método volumétrico puede ser usado para controles ordinarios de trabajo en el laboratorio de la planta. En este método, todo el óxido de estroncio está incluido en el óxido de calcio determinado.

- Agregar algunas gotas de solución de hidróxido de amonio a la solución resultante de la filtración de los hidróxidos de fierro y aluminio y llevar a ebullición
- A la solución hirviendo, agregar 35 ml de una solución saturada de oxalato de amonio hirviendo ~ dejar que continúe hirviendo hasta el precipitado (CaC_2O_4) asuma su forma granular.
- Agitar vigorosamente y se deja reposar hasta que el precipitado se haya sentado, filtrar sobre un papel de filtro de 11 cm. de diámetro y lavar 10 veces con agua hirviendo sin pasar e 125 ml para este lavado.
- Transferir el papel que contiene el precipitado (CaC_2O_4) al vaso en que se realizó la precipitación y extender el papel contra la parte superior del vaso.
- Lavar el precipitado del papel con un chorro de agua caliente proveniente de un pisceta, doblar el papel y se adherir a la parte superior del vaso.
- Agregar al contenido del vaso, 50 ml de una solución 1:10 de ácido sulfúrico, llevar hasta un volumen de 230 ml con agua y se calienta hasta $95 \pm 5^\circ\text{C}$.

- Luego se titula con la solución 1 N valorada de permanganato de potasio, hasta que se obtenga el punto de viraje rosado. Luego se introduce el papel filtro plegado (que se habla adherido a la parte superior del vaso) dentro del líquido. El color rosado de este último debe desaparecer.
- Terminar la titulación agregando la solución 1 N de permanganato de potasio, gota a gota, hasta que el punto de viraje rosado se obtenga de nuevo. Se puede usar un crisol Gooch en lugar de papel de filtro.
- De la cantidad total de solución de permanganato de potasio utilizada, calcular el porcentaje de óxido de calcio.

Determinación del óxido de magnesio

- Reunir los filtrados y lavados procedentes de la filtración de oxalato de calcio y acidificar con ácidos clorhídricos. Concentrar la solución en baño maría hasta un volumen de 150 ml aproximadamente. Calentar a ebullición y se añade 10 ml de solución saturada de fosfato ácido de sodio y amonio y continuar la ebullición por algunos minutos. Luego enfriar a temperatura ambiente y añadir hidróxido de amonio, gota a gota, agitar constantemente hasta aparición del precipitado de ortofosfato amonio-magnesiano, añadir un ligero exceso de hidróxido de amonio y se continúa la agitación por algunos minutos. Deja reposar la solución en atmósfera fría de 12 a 48 horas y se filtra. El tiempo de reposo es mayor a medida que la cantidad de magnesio presente es menor.
- Disolver el precipitado en ácido clorhídrico diluido y caliente diluir la solución con agua hasta más o menos 100 ml se añade 1 ml de solución saturada de fosfato ácido de sodio y amonio, gota a gota, agitando continuamente, hasta a aparición del precipitado y como anteriormente se añade un ligero exceso de hidróxido de amonio. Dejar reposar en atmósfera fría de 12 horas \pm 48 horas se filtra sobre papel filtro de cenizas taradas o sobre un crisol

gooch, lavar con una solución e hidróxido de amonio que contenga nitrato de amonio, calcinar el precipitado en crisol de platino dorado, en mufla eléctrica entre 1050⁰C y 1100⁰C, por periodo de 30 minutos, enfriando y pasando hasta peso constante como Mg₂P₂O₇.

- Cuando el manganeso está presente en la muestra precipita en gran parte junto con el magnesio. Si el manganeso no ha sido eliminado antes de la precipitación del magnesio, el pirofosfato pesado será disuelto en ácido nítrico y se determina el manganeso de la solución por el método de bismutato, se pasa por cálculo este manganeso a pirofosfato de manganeso y se deduce éste del peso Mg₂P₂O₇. Se calcula el porcentaje de óxido de magnesio.

Determinación del anhídrido sulfúrico

- Pesar 2 gr. De muestra y se coloca en un vaso pequeño, añadiendo 10 ml de agua y se agita hasta que todas las partículas queden disgregadas y las más livianas estén en suspensión.
- Agregar 15 ml de solución 1:1 de ácido clorhídrico y calentar hasta solución completa.
- Filtrar en papel filtro pequeño y lavar el residuo perfectamente con agua caliente.
- Diluir el filtrado a 250 ml, calentar a ebullición y se agrega, gota a gota, 10 ml de una solución hirviendo al 10% de cloruro de bario.
- Agitar bien y dejar reposar durante la noche, filtrar, lavar con agua hirviendo, calcinar y pesar como sulfato de bario.
- Calcular el por ciento de anhídrido sulfúrico multiplicando el peso del sulfato de bario por el factor 34.3.

Determinación del anhídrido carbónico.

Método de alcalímetro de Schrotter:

- Llenar con ácido clorhídrico y sulfúrico los bulbos del

alcalímetro, introducir 1 gr. De la muestra en el depósito y humedecer con agua procurando hacer una pasta suave.

- Pear todo el aparato.
- Abrir poco a poco la llave del ácido clorhídrico, cuando ha pasado todo el ácido clorhídrico se cierra la llave y se calienta el aparato a una temperatura próxima a la de ebullición de la solución.
- Conectar el bulbo del ácido sulfúrico con un aspirador dejando pasar a través del aparato como 300 ml de aire seco y libre de anhídrido carbónico.

Método de absorción

- Antes de realizar esta determinación se debe hacer las pruebas siguientes:

Hermeticidad del aparato; que consiste en que cerrando la llave del embudo de decantación, la corriente de aire se debe extinguir (cesa el burbujeo en el frasco lavador de observación).

Eficiencia del tubo de accarita; esto se efectúa pesando el tubo en U de cal sodada con el Erlenmeyer llena de agua, antes y después de pasar una corriente lenta de aire durante 10 minutos. Si las dos pasadas coinciden el tubo ascarita funciona bien.

- Colocar la muestra dentro del Erlenmeyer y cubrir con agua, se coloca 50 cm³ de una solución 1:1 de ácido clorhídrico en el embudo de decantación.
- Conectar todas las partes del aparato y se abre la llave del embudo de decantación, tan lentamente que sólo se produzcan tres burbujas por segundo.
- Tan pronto se haya vaciado todo el ácido, se enciende un mechero por debajo del Erlenmeyer y se comienza el paso del agua de refrigeración por el condensador. Se debe hervir muy lentamente. Después de un tiempo suficiente se

apaga la llama y se hace aumentar la corriente de aire.

- Cuando esté frío el tubo de absorción de cal sodada, se desconecta del aparato y se lleva a la vitrina de la balanza hasta que dos pesadas con un intervalo de 30 minutos coincidan en una diferencia de 0.5 mg.

Determinación de los óxidos de calcio y magnesio libres:

- Determinar los porcentajes de humedad, pérdida por calcinación, CaO, MgO, CO₂.
- Calcular el agua combinada con la cal hidratada a partir de la determinación de la pérdida por calcinación 002 y humedad como sigue

H_2O combinada = Pérdida por calcinación $-(CO_2 + \text{humedad})$.

- Calcular el porcentaje de óxidos no hidratados de la muestra tal como se recibe, en la forma siguiente:

Calcular el equivalente de CaO combinado con 002 y SO₃

Restar la suma de este equivalente de CaO del CaO total.

Restar este valor de H₂O del agua combinada ya determinada. Calcular el equivalente de MgO combinado con el agua.

Restar este equivalente de MgO del total MgO ya determinado, para obtener el porcentaje de MgO e la muestra tal como se recibió.

- **RESULTADOS DE LABORATORIO:**

La cal utilizada se le practicó los ensayos químicos ya mencionados, las cuales se proporcionan en la ficha de laboratorio que fueron realizados en el Laboratorio de La Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Ingeniería. Los resultados nos presenta un producto que se encuentra dentro de las especificaciones técnicas en lo referente a CAL CALCICA. (Ver ficha técnica)

3.2. AGREGADO FINO

3.2.1. GENERALIDADES

Se considera como agregado fino a la arena o piedra natural finamente triturada, de dimensiones reducidas y que pasan el tamiz 9.5 mm (3/8") y que cumple con los límites establecidos en la norma NTP 400.037.

El agregado fino podrá consistir de arena natural, manufacturada o una combinación de amas. Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular, duras, compactas y resistentes; debiendo estar libres de partículas escamosas, materia orgánica u otras sustancias dañinas.

Fuente (5).

3.2.2. REQUISITOS DE USO

- El agregado fino será de arena natural. Sus partículas serán limpias, de perfiles preferentemente angulares duros, compactos y resistentes.
- El agregado fino deberá estar libres de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, álcalis, pizarras, materia orgánica, sales u otras sustancias perjudiciales.
- Debe cumplir sus normas de Granulometría NTP 400.12.
- Se recomienda que las sustancias dañinas, no excedan los porcentajes máximos siguientes: partículas deleznable 3%, material más fino que la malla # 200 un 5%.Fuente: (6)

3.2.3. .PROPIEDADES Y NORMAS

3.2.3.1. GRANULOMETRÍA Y MODULO DE FINEZA DEL AGREGADO FINO (NTP 400.012)

Con este ensayo se busca averiguar la distribución del agregado fino, con relación a los diferentes diámetros de sus partículas. Los tamices estándar usados para determinar la gradación de los agregados finos son las No 4, 8, 16, 30, 50 y 100. El agregado no deberá retener más de

45% en dos tamices consecutivos cualesquiera. La granulometría más conveniente para el agregado fino depende del tipo de trabajo, riqueza de la mezcla y tamaño máximo del agregado grueso.

Las cantidades de agregado fino que pasan los tamices N° 50 y N° 100 afectan la manejabilidad, la facilidad para lograr buenos acabados, la textura superficial y la exudación del mortero. Se permite que pase el tamiz N° 50 del 10% al 30% cuando el vaciado es fácil o cuando los acabados se hacen mecánicamente, como en los pavimentos. Pero si se desea un acabado con textura superficial tersa en pisos con acabados a mano; se usará un agregado fino tal que pase cuando menos el 15% por el tamiz N° 50 y 30 o más por el tamiz N° 100.

El Reglamento Nacional de Construcción especifica la granulometría de la arena en concordancia con las normas ASTM.

LÍMITE DE GRANULOMETRÍA SEGÚN NORMA ASTM C-33 PARA EL AGREGADO FINO

TABLA N° 3.2

Malla		Porcentaje que pasa (acumulado)
3/8"	9.5 mm	100
N° 4	4.75 mm	95 a 100
N° 8	2.36 mm	80 a 100
N° 16	1.18 mm	50 a 85
N° 30	600 um	25 a 60
N° 50	300 um	10 a 30
N° 100	150um	2 a 10

➤ PROCEDIMIENTO

- Las pesadas se hacen con 0.1% de aproximación.
- Se seca la muestra a 110°C +/-5°C hasta que en dos pesadas sucesivas y separadas por una hora de secado, su peso no difiera en más de 0.1% entre ambas mediciones.
- El tamizado se hace a través de tamices que cumplan con la norma NTP 350.001.

- El material a tamizarse se colocará en la malla superior, las que estarán dispuestas en orden decreciente según el tamaño de las aberturas.
- El tamizado se puede hacer a mano o mediante el empleo de una máquina adecuada. Sin embargo, en caso de duda, se toma por válido el tamizado a mano.
- Se tomará cada tamiz con su tapa y base y se imprimirá movimiento permanente con direcciones frecuentemente cambiantes. Para ello se imprime al tamiz los distintos movimientos de vaivén; adelante, atrás, izquierda, derecha. Arriba, abajo y circular.
- En ningún caso con la mano, el pasaje de una partícula a través del tamiz.
- Se da por finalizada la operación del tamizado cuando en el transcurso de un minuto no pasa más del 1% en peso del material retenido sobre el tamiz.

➤ DATOS GENERALES

El agregado fino que se utilizó en esta tesis es la obtenida de la Cantera de Trapiche. Los datos que se obtuvieron del ensayo se muestran en el cuadro 3.3. En el cuadro 3.4 se muestran los husos de las curvas granulométricas del agregado fino según la Norma ASTM C-33.

MODULO DE FINEZA DE LA ARENA DE TRAPICHE

CUADRO N° 3.3

Malla	Pesos Retenidos					Peso ret. Acum. (gr.)	Porc. (%) Retenido	Porc. (%) Rete. acum.	Porc. (%) acum. Pasa
	M1 (gr.)	M2 (gr.)	M3 (gr.)	M4 (gr.)	Promedio (gr.)				
N4	4.00	4.00	4.00	3.50	3.88	3.88	0.78	0.78	99.23
N8	50.00	40.50	49.00	45.50	46.25	50.13	9.25	10.03	89.98
N16	113.00	100.00	103.00	106.00	105.50	155.63	21.10	31.13	68.88
N30	104.50	106.00	104.00	104.00	104.63	260.25	20.93	52.05	47.95
N50	110.00	118.00	117.50	115.00	115.13	375.38	23.03	75.08	24.93
N100	73.00	78.00	76.50	78.00	76.38	451.75	15.28	90.35	9.65
FONDO	45.50	53.50	45.00	48.00	48.25	500.00	9.65	100.00	0.00
TOTAL	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00		100.00	259.40	

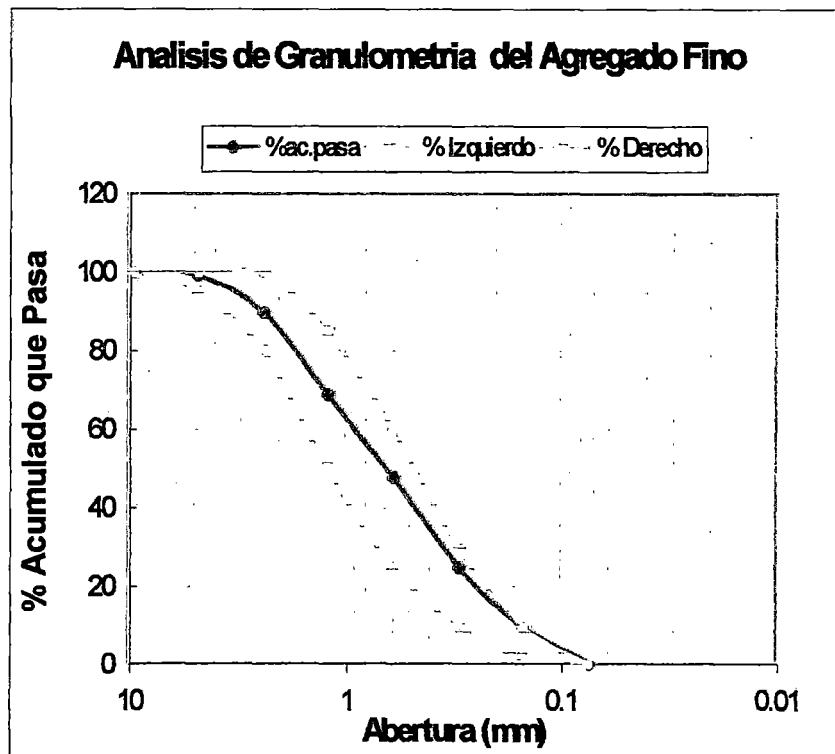
Modulo de Fineza = 2.59

Curva Granulométrica Según la Norma ASTM C-33

CUADRO N° 3.4

Malla		Arena Gruesa - C		Arena media -M		Arena Fina -F	
N°	mm	Izquierdo %	Derecho %	Izquierdo %	Derecho %	Izquierdo %	Derecho %
3/8"	9.525	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
N4	4.76	95.00	100.00	89.00	100.00	89.00	100.00
N8	2.38	80.00	100.00	65.00	100.00	80.00	100.00
N15	1.19	50.00	85.00	45.00	100.00	70.00	100.00
N30	0.595	25.00	60.00	25.00	80.00	55.00	100.00
N50	0.297	10.00	30.00	5.00	48.00	55.00	70.00
N100	0.149	2.00	10.00	0.00	12.00	0.00	12.00
FONDO	0.074	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Grafico N° 3.5



En módulo de finza de la arena de Trapiche es de 2.59. Se sabe que las arenas recomendables son las que se encuentran en los siguientes rangos de módulo de finza:

Según ASTM: $1.6 < MF < 2.5$

Se observa del gráfico N° 3.5 que la arena de Trapiche está considerada como arena gruesa según la norma ASTM C -33 debido a que se encuentra totalmente

dentro de husos: Tipo "C" por lo tanto no es necesario hacerle ninguna corrección por granulometría.

3.2.3.2. PESO ESPECÍFICO

El peso específico de un agregado es la relación de su peso de un volumen igual de agua. Se usa en los cálculos para el control y diseño de mezclas. El peso específico es también un indicador de la calidad del agregado que se usa en la preparación de morteros. Si el peso específico es bajo generalmente corresponde a agregados absorbentes y débiles y en caso de ser un peso específico alto corresponde a agregados de buena calidad, es por eso que es necesario el estudio de esta propiedad. Fuente: (7)

Peso específico de masa: es la relación entre el peso de la masa del agregado y el volumen total (incluyendo los poros permeables e impermeables naturales del material). Se calcula de la manera siguiente:

$$P_e = W_o / (V - V_a)$$

P_e	Es el peso específico de masa.
W_o	Es el peso en el aire de la muestra secada al horno en gramos
V	Es el volumen del frasco en centímetros cúbicos
V_a	Es el peso en gramos o volumen en cm ³ del agua añadida al frasco.

Peso específico de masa saturada superficialmente seca: es la relación entre el peso del agregado saturado superficialmente seco y el volumen del mismo. Se calcula de la manera siguiente:

$$P_{es} = 500 / (V - V_a)$$

P_{es}	Es el peso específico de masa del material saturado con superficie seca.
----------	--

Peso específico aparente: es la relación entre el peso de la masa del agregado y el volumen impermeable de masa del mismo. Se calcula de la manera siguiente:

$$P_{ea} = W_0 / [V - V_a] - (500 - W_0)$$

P_{es} Peso específico aparente

3.2.3.3. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN

La absorción de los agregados debe determinarse, de manera que la proporción de agua en el mortero pueda controlarse y puedan determinar los pesos correctos de las mezclas. La estructura interna de las partículas está formada por materia sólida y por poros que pueden contener agua o no. La absorción es la propiedad interna, teniendo como consecuencia un aumento en su peso, es importante tener en cuenta esta característica en el diseño de mezclas de mortero ya que esta puede quitar o agregar agua a las mezclas.

La absorción de un degradado está representada por el porcentaje de agua que les es necesario para llegar a la condición de saturada superficialmente seca. Fuente (8)

Se calcula de la siguiente manera:

$$A_b = (500 - W_0) / W_0 \times 100$$

A_b = Porcentaje de absorción

W_0 = Peso de la muestra después de ser seca al horno.

➤ PROCEDIMIENTO

- Colocar aproximadamente 1000 gr. de agregado fino, obtenido del agregado que se desea ensayar por el método de cuarteo en un envase adecuado, luego se procede a secarla a peso constante a una temperatura de 100 °C a 110 °C.
- Cubrir la muestra con agua y se deja en reposo durante 24 horas.
- Extender sobre una superficie plana expuesta a una corriente suave de aire tibio y remover con frecuencia para garantizar un secado uniforme. Continuar esta operación hasta que los granos del agregado fino no se adhieran marcadamente entre sí. Luego colocar

el agregado fino en forma suelta en el molde cónico y golpear la superficie 25 veces con la barra de metal y levantar el molde verticalmente. Si existe humedad libre, el cono de agregado fino mantendrá su forma. Se prosigue con el secado revolviendo constantemente y se prueba a intervalos frecuentes hasta el momento en que el cono se derrumbe al quitar el molde, esto significa que el agregado fino presenta una condición de superficie seca.

- Se introduce de inmediato en el frasco una muestra de 500 gramos del material preparado, se llena de agua hasta alcanzar casi la marca de 500 cm³ a una temperatura de 23°C +/- 2°C. Después de aproximadamente una hora se llena con agua hasta la marca de 500 cm³ y se determina el peso total del agua introducida en el frasco con aproximación de 0.1g.
- Sacar el agregado fino del frasco, secar en horno hasta obtener un peso constante a una temperatura de 100°C a 110°C, luego enfriara a temperatura ambiente en un secador durante ½ h a 1 ½ h y por último pesar.

➤ DATOS Y RESULTADOS DE LABORATORIO

Peso Específico y Absorción de Arena de Trapiche

CUADRO N° 3.6

Descripción	M1	M2	M3	M4	Promedio
Volumen de Agua (ml)	500	500	500	500	500
Peso de Agregado fino (gr)	500	500	500	500	500
Volumen de agua + Agregado fino	680.00	680.00	690.00	685.00	685.00
Peso de Agregado fino seco (gr)	489.00	489.00	493.50	491.25	491.25
Peso específico de Masa (gr/cm³)					2.66
Absorción (%)					1.78

El peso específico del agregado de Trapiches es de 2.66 gr/cm³ y el porcentaje de absorción es de 1.78%.

3.2.3.4. CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO (NTP 400.22)

Se entiende por contenido de humedad a la cantidad de agua que contiene el agregado en su estado natural, debido a esto es que el agua que permanece en el agregado en su estado natural debe invertir también en el diseño de mezclas por lo tanto se debe realizar una corrección al hacer el diseño de mezclas.

➤ PROCEDIMIENTO

- Pesar 500 gr. del material en estado natural (W_n), luego se coloca en el horno un tiempo de 24 horas, para obtener el peso (W_s), con la finalidad de obtener el contenido de humedad.

Contenido Humedad Del Agregado Fino

TABLA N° 3.7

Descripción	Resultados	Unidades
Peso, muestra en estado natural (W_n) (1)	W_n	gr.
Peso, muestra en estado seco (W_s) (2)	W_s	gr.
$(1)-(2)*100/(1) =$ contenido humedad	$(W_n-W_s)*100/W_n$	(%)

➤ DATOS Y RESULTADOS DE LABORATORIO

Son los que se indican a continuación:

Contenido Humedad de la Arena Trapiche

TABLA N° 3.8

Descripción	M1	M2	M3	Promedio
Peso de muestra húmeda (gr)	500	500	500	500.00
Peso de muestra seca + Vasija (gr)	628.50	628.50	634.00	630.33
Peso de Vasija (gr)	130.50	130.50	136.00	132.33
Peso de agregado fino seco (gr)	498.00	498.00	498.00	498.00
CONTENIDO DE HUMEDAD (%) 0.40				

Se debe realizar una corrección en el diseño de mezclas dando el 0.40% de contenido de humedad en la arena.

3.2.3.5. PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DEL AGREGADO FINO (NTP400.017)

PESO UNITARIO SUELTO:

En este caso se busca determinar la cantidad de peso del agregado que llenaría un recipiente de volumen unitario. Se usa el término "peso volumétrico unitario" porque se trata del volumen agregado y los huecos. Este peso se utiliza para convertir cantidades en peso a cantidades en volumen. Al realizar este ensayo se deja caer suavemente el agregado fino hasta llenarlo.

➤ PROCEDIMIENTO

- El recipiente se llena con una pala hasta rebosar, descargando el agregado desde una altura no mayor de 50 mm por encima de la parte superior del recipiente. Se deben tomar precauciones para impedir en lo posible la segregación de partículas. El agregado sobrante se elimina con una reglilla.
- Se determina el peso neto del agregado en el recipiente. Y se obtiene el peso unitario suelto dividiendo el peso neto del agregado entre el volumen del recipiente.

➤ DATOS Y RESULTADOS DE LABORATORIO

Son los que se indican a continuación:

Peso unitario de la Arena de Trapiche

TABLA N° 3.9

Agregado Fino	M1	M2	M3	Promedio
Peso de la muestra + peso de vasija (gr)	7538	7548	7528	7538
Peso de la vasija (gr)	2790	2790	2790	2790
Peso de la muestra suelta (gr)	4748	4758	4738	4748
Peso Aparente Suelto	1676.79 Kg/m³			

PESO UNITARIO COMPACTADO

El objetivo del ensayo es hallar el peso del agregado fino en un volumen unitario compactado. Todos los agregados presentan distinto la proporción entre el peso unitario compactado con el peso unitario suelto. Este ensayo nos puede determinar el grado de compactación que pueden presentar los materiales en su estado natural.

➤ PROCEDIMIENTO

- Llenar hasta la tercera parte del recipiente y nivelar la superficie con la mano. Se aprisiona la masa con la barra compactadora, mediante 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie. Se vuelve a llenar hasta las dos terceras partes de la medida y de nuevo se compacta con 25 golpes como anteriormente.

Luego se llena la medida hasta rebosar, golpeándola 25 veces con la barra compactadora; el agregado sobrante usando la barra compactadora como regla.

- Al compactar la primera capa, se procura que la barra no golpee el fondo con fuerza. Al compactar las últimas dos capas, sólo se emplea la fuerza suficiente para que la barra compactadora penetre la última capa de agregado en el recipiente.
- El peso unitario compactado se halla dividiendo el peso del material compactado entre el volumen del recipiente.

Volumen de Recipiente de Acuerdo al Tamaño Máximo del Agregado

TABLA N° 3.9

Capacidad		Diámetro interior		Altura inferior		Espesor del metal		Tamaño máximo del agregado	
Pie cúbico	Dm ³	Pulg	mm	Pulg	mm	fondo	pared	pulg	Mm
1/10	3	6.0+/-0.1	155+/-2	6.1+/-0.1	160+/-2	5.0	2.5	1/2	12.5
1/3	10	8.0+/-0.1	205+/-2	11.5+/-0.1	305+/-2	5.0	2.5	1	25
1/2	15	10.0+/-0.1	255+/-2	11.0+/-2	295+/-2	5.0	3.0	1 1/2	40
1	30	14.0+/-0.1	355+/-2	11.2+/-0.1	305+/-2	5.0	3.0	1	100

➤ DATOS Y RESULTADOS DE LABORATORIO

Son los que se indican a continuación:

Peso Unitario Compactado de la Arena Trapiche

TABLA N° 3.10

Agregado fino	M1	M2	M3	Promedio
Peso de la muestra + peso de vasija (gr)	7933	7927	7917	7925.67
Peso de la vasija (gr)	2790	2791	2790	2790
Peso de la muestra suelta (gr)	5143	5137	5127	5135.67
Peso Aparente Compactado	1814.72 Kg/m³			

3.2.3.6. MATERIAL QUE PASA LA MALLA #200 (NTP 400.018)

El objetivo de este ensayo es la de averiguar cuanto material que pasa por la malla N° 200 es la que se encuentra dentro de nuestro agregado fino. Valores altos son los perjudiciales para el concreto porque afectan la adherencia y aumentan la cantidad de agua necesaria. En concretos normales el porcentaje máximo es de 5% y en casos especiales es de 3%.

La fórmula para calcular es como sigue:

$$A = (P_1 - P_2)/P_1 \times 100$$

- A Es el porcentaje de material que pasa el matiz N° 200.
- P1 Es el peso seco de la muestra original, en gramos.
- P2 Es el peso seco de la muestra después del lavado, en gramos.

➤ PROCEDIMIENTO

- Superponer los tamices N° 16 y N° 200 de manera que el de mayor abertura quede en la parte superior.
- Colocar la muestra de ensayo en el recipiente y agregar suficiente cantidad de agua hasta cubrirla.
- El contenido del recipiente se agita con el vigor necesario como para separar completamente el polvo de las partículas gruesas, y hacer que este quede en suspensión, de manera que pueda ser eliminado por decantación de las aguas de lavado.
- Verter las aguas del lavado en los tamices cuidando en lo posible que no se produzcan el arrastre de las partículas gruesas.
- Repetir la operación hasta que las agua del lavado sean claras.
- Se reintegra todo el material retenido en los tamices. Secar a la temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ hasta que en dos pesadas sucesivas separadas por una hora de secado en la estufa, no difieran en más de 0.1%.

➤ DATOS Y RESULTADOS DE LABORATORIO

Son los que se indican a continuación:

Material que pasa por la Malla N° 200

TABLA N° 3.11

Descripción	M1	M2	M3	Promedio
Peso inicial seco inicial (gr)	500.00	500.00	500.00	500.00
Peso lavado seco + vasija (gr)	753.50	765.50	757.00	758.67

Peso de Vasija	(gr)	267.00	275.00	268.50	270.17
Peso de agregado fino	(gr)	486.50	490.50	488.50	488.50
Lavado y seco	(gr)				
% De Material que pasa por la malla N° 200					2.30%

Se constata que la arena a utilizar presenta menor cantidad de material que pasa la malla N° 200 que el permisible (5%).

3.2.3.7. DETERMINACIÓN CUALITATIVA DE IMPUREZAS ORGÁNICAS (ASTM C 40-79)

Los agregados naturales pueden ser suficientemente fuertes y resistentes al desgaste y aún no resultar adecuados para la elaboración de concreto si contiene impurezas orgánicas que interfieren el proceso de hidratación. La materia orgánica consiste en productos en descomposición de material vegetal, en forma de humus o marga orgánica (que interfieren en el proceso de hidratación), que suele estar presente en la arena más que en la piedra y que es removible fácilmente con un lavado.

El objetivo del presente ensayo es para determinar de manera cualitativa la cantidad de material orgánico nocivo que tiene el agregado fino que se va utilizar en la mezcla.

➤ PROCEDIMIENTO

- Llenar el frasco de vidrio comparador con patrón N° 11 con la muestra hasta 1/3 de su altura. Se guarda el resto de la muestra por si deba ser utilizada luego.
- Agregar la solución al 3% de hidróxido de sodio hasta que la muestra y la solución almacene una altura de 2/3 de la altura del frasco.
- Tapar el frasco, agitar vigorosamente y dejar reposar durante 24 horas.

- Determinación del color: al final del período de reposo, se compara el color del líquido con el patrón, anotamos si es más oscuro, más claro o igual.

➤ **RESULTADOS DE LABORATORIO**

El resultado obtenido con la arena de trapiche es del color más claro que el patrón. Por lo tanto el contenido de impurezas orgánicas está por debajo del límite permisible y el agregado se puede utilizar en la fabricación del concreto.

3.2.3.8. DETERMINACIÓN DE TERRONES DE ARCILLA Y PARTÍCULAS FRIABLES EN EL AGREGADO (ASTM C 142-71)

La arcilla puede estar presente en el agregado en forma de capas que interfieren la adherencia entre el agregado y la pasta de cemento. Además, puede haber sedimentos y polvo fino, sea como capas sobre la superficie o como material suelto.

Incluso en la segunda forma, el sedimento y el polvo fino no deben estar presentes en cantidades mayores, pues debido a su figura ya su mayor área superficial, incrementan la cantidad de agua para humedecer todas sus partículas en la mezcla.

➤ **PROCEDIMIENTO**

- Pesar la muestra de ensayo y esparcir en una capa fina sobre el fondo del recipiente para examinar las partículas deleznablees.
- Las partículas que pueden desmenuzarse con los dedos serán clasificadas como terrones de arcilla o friables.
- El desmenuzamiento de los terrones de arcilla y partículas friables será efectuada por compresión y deslizamiento entre los dedos pulgar e índice. La rotura de los mismos no debe efectuarse ayudándose con las uñas ni presionando contra superficies duras.
- Se separan todas las partículas desmenuzadas utilizando los tamices indicados en esta tabla.

TAMICES A UTILIZAR DE ACUERDO A TAMAÑO DE PARTÍCULAS DE MUESTRA

TABLA N° 3.12

Tamaño de partículas de la muestra	Tamaño de matiz para separar los terrones de arcilla y partículas friables
Agregado fino retenido sobre el tamiz 1.19 mm (N° 16)	850 μ m (N° 20)
4.75 mm (N° 4) a 9.50 mm (3/8")	2.36 mm (N° 8)
9.50 mm (3/8") a 19.0 mm (3/4")	4.75 mm (N° 4)
19.0 mm (3/4") a 38.10 mm (1 1/2")	4.75 mm (N° 4)
Superior a 38.10 mm (1 1/2")	4.75 mm (N° 4)

Calculados con la siguiente formula:

$$P = R/W \times 100$$

- P Porcentaje en partículas friable y terrones de arcilla.
W Peso de la muestra, en gramos.
R Peso de las partículas friables y terrones de arcilla en gramos.

➤ RESULTADOS DE LABORATORIO

Terrones de Arcilla y Partículas Friables de la Arena de Trapiche

CUADRO N° 3.13

Descripción	M1	M2	M3	Promedio
Peso inicial	300.00	300.00	300.00	300.00
Peso final seco	300.00	300.00	300.00	300.00
% de Arcilla y partículas friables del agregado				0.0%

Se obtuvo que el porcentaje de arcilla y partículas friables en el agregado sea nulo.

3.3. AGUA

3.3.1. GENERALIDADES DEL AGUA

El agua empleada en la preparación y curado del mortero deberá cumplir con los requisitos de la Norma NTP 334.088 y ser, de preferencia potable.

Está prohibido el empleo de aguas ácidas, calcáreas, minerales, carbonatadas, aguas provenientes de minas o relaves, aguas que contengan residuos minerales o industriales, aguas con un contenido de sulfatos mayor de 1%, aguas que contengan algas, materia orgánica, humus o descargas desagües, aguas que contengan azúcares o sus derivados.

Igualmente está prohibido el empleo de aquellas aguas que contengan porcentajes significativos de sales de sodio o de potasio disueltas, en todos aquellos casos en que la reacción álcali-agregado es posible.

Podrá utilizarse aguas naturales no potables, si es que:

Está limpia y libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica u otras sustancias que puedan ser dañinas al mortero.

Al seleccionar el agua deberá recordarse que aquellas con alta concentración de sales deberán ser evitadas. Ello debido a que no sólo puede afectar el tiempo de agregado, la resistencia del mortero y su estabilidad de volumen, sino que, adicionalmente, pueden originar eflorescencias o corrosión del mortero.

La calidad del agua determinada mediante el análisis de laboratorio cumple con los valores que a continuación se detallan.

MÁXIMOS PERMISIBLES DE SUSTANCIAS QUÍMICAS NOCIVAS EN EL AGUA PARA MORTERO Y CONCRETO

Cuadro N° 3.14

Sustancias Química	Máximo permisible
Cloruros	300 ppm
Sulfatos	300 ppm
Sales de Magnesio	150 ppm
Sales soluble total	1500 ppm
PH	Mayor de 7
Sólidos en suspensión	1500 ppm
Materia orgánica	10 ppm

Fuente: (6)

Las sales u otras materias dañinas que pudieran estar presentes en los agregados y/o aditivos, deberán sumarse a aquellas que aporta el agua de mezclado, a fin de evaluar el contenido total de sustancias inconvenientes que pueden dañar el mortero.

CAPITULO IV

DISEÑO DE MEZCLA DE MORTEROS

NOTACIÓN

α	Proporción en volumen de agregado, para un volumen de cemento
β	Proporción en volumen de cal, para un volumen de cemento.
P.U.	Peso unitario en estado suelto, kg/m^3
Pagr.	Peso del agregado, Kg.
Pc.	Peso del cemento, Kg.
Pcal.	Peso de la cal, Kg.
W.	Contenido de humedad del agregado, %

Los morteros de albañilería, como ya hemos visto, se proporcionada en volumen. El objetivo de este estudio es determinar la factibilidad del uso de morteros adicionado con cal.

Para los morteros de cementos y arena se ensayo proporción de 1; 3, y para morteros de cemento adicionado con cal y agregado se tomó una proporción representativa para cada tipo especificado.

En resumen, las proporciones en volumen estudiadas en este trabajo son:

DENOMI NACION	PROPORCION EN VOLUMEN			TIPO
	CEM : CAL: AGRE	CAL / CEM	AGRE./AGLOM	
Patrón	1 : 0 : 3	0	3	MORTERO
M-1	3/4 : 1/4 : 3	0.333	3	MORTERO
M-2	1/2 : 1/2 : 3	1	3	
M-3	2/5 : 3/5 : 3	1.5	3	
M-4	1/4 : 3/4 : 3	3	3	BASTARDO
M-5	1/5 : 4/5 : 3	4	3	

CUADRO 4.1 Proporciones de morteros estudiadas

De esta manera se cubrirán distintas relaciones en volumen de “cal/cemento” y “agregado/aglomerante”.

4.1. CRITERIO DE DISEÑO

El procedimiento seguido al diseño de las mezclas fue el especificado en la Norma ASRM C270-89. para tener un control más exacto de las proporciones se calcularon los pesos de cada ingrediente para la proporción requerida; para esto se usaron los pesos unitarios sueltos de los materiales. Para los aglomerantes, el cálculo de dichos pesos unitarios se hizo una sola vez, considerando que debido a las condiciones de almacenamiento no hubo cambios en la humedad de los mismos. En la arena, aunque estuvo expuesta al ambiente, al realizarse mediciones para el contenido de humedad y para el peso unitario, no se observó variación significativa, por lo que se trabajó con un único valor para ambos parámetros.

Los pesos unitarios sueltos de los materiales son:

Cemento Sol Tipo I	1038 kg/m ³
Cal Aerea o Cal Ordinaria	738 kg/m ³
Arena Gruesa	1814.7 kg/m ³

CUADRO 4.2 Pesos unitarios de los materiales utilizados en la fabricación de los morteros.

Para poder convertir las proporciones en volumen a proporciones en peso, se hicieron las siguientes conversiones:

$$\text{De } P.U. = \frac{PESO}{VOLUMEN} \Rightarrow VOLUMEN = \frac{PESO}{P.U.} \dots\dots\dots(1)$$

4.1.1. MORTERO DE CEMENTO

Para:

Cemento : agregado

1 : α

para un volumen de cemento V_c , el volumen de agregado V_{agr} . Será:

$$V_{agr} = \alpha V_c$$

Luego, de (1):

$$\frac{P_{agr.}}{P.U. agr.} = \alpha \frac{P_c}{P.U.c}$$

$$\Rightarrow P_{agr.} = \alpha \frac{P.U. agr.}{P.U.c} P_c$$

luego, para los valores del Cuadro 4.2:

$$P_{agr.} = a \frac{P.U. agr.}{1038} P_c \dots \dots \dots Ec.4.1$$

Donde:

Ψ = Proporción en volumen del cemento (en este caso $\Psi=1$).

α = Proporción en volumen del agregado, para un volumen de cemento.

$P_{agr.}$ = Peso del agregado, en Kg.

P_c = Peso del cemento, en kg.

$P.U. agr.$ = Peso unitario del agregado, en kg/m^3 .

4.1.2. MORTERO BASTARDO

Para:

Cemento : Cal : Agregado
 Ψ : β : α

para un volumen de cemento V_c , el volumen de agregado V_{agr} será el dado por la Ec. 4.1, en forma análoga, calculamos el volumen de cal V_{cal} .

$$V_{cal} = \beta V_c$$

$$\Rightarrow P_{cal} = \beta \frac{P.U. cal}{P.U. c} P_c$$

luego, para los valores del cuadro 4.2:

$$P_{cal} = \beta \frac{738}{1038} P_c \dots \dots \dots Ec.4.2$$

Donde:

- Ψ = Proporción en volumen del cemento.
- β = Proporción en volumen de cal, para un volumen unitario de cemento.
- P_{cal} = Peso de la cal, en kg.
- P_c = Peso del cemento, en kg.
- $P.U. cal$ = Peso unitario de la cal, en kg/m^3

En el cuadro 4.3 se presentan los valores obtenidos para el proporcionamiento en peso para cada uno de los morteros estudiados.

PROPORCION EN VOLUMEN			PROPORCION EN PESO		
CEMENTO : CAL : AGREGADO			CEMENTO : CAL : ARENA		
Ψ	β	α			GRUESA
1	0	3	1.00	0.000	5.245
3/4	1/4	3	0.75	0.237	5.245
1/2	1/2	3	0.50	0.355	5.245
2/5	3/5	3	0.40	0.427	5.245
1/4	3/4	3	0.25	0.533	5.245
1/5	4/5	3	0.20	0.569	5.245

CUADRO 4.3 Conversión de proporción en volumen a proporción en peso para los morteros estudiados.

El mezclado de los materiales se realizó en forma mecánica, en una mezcladora de 140 W de potencia, de 2 velocidades y 5 lts. de capacidad, siguiendo el procedimiento descrito en la Norma ASTM C305. la cantidad de agua se determinó en función de la trabajabilidad; en primer lugar se buscó, de acuerdo a la Norma, alcanzar una fluidez de $110 \pm 5\%$. Luego, haciendo uso de los valores de proporcionamiento en peso del Cuadro 4.3, calculamos los pesos húmedos para cada uno de los morteros estudiados, por ejemplo, para el mortero con adición de cal $\frac{3}{4} : \frac{1}{4} : 3$, para un peso de cemento de 1000 gr., el peso de la cal será:

$$P_{cal} = 1000 * 0.237 = 237 \text{ gr.}$$

De igual manera, para el mortero con adición de cal $\frac{1}{4} : \frac{3}{4} : 3$, para un peso de cemento de 1900 gr., el peso de la cal será:

$$P_{cal} = 1900 * 0.533 = 1012.7 \text{ gr}$$

Y el peso del agregado será:

$$P_{agr.} = 1900 * 5.245 = 9965.5 \text{ gr.}$$

En las siguientes secciones se presentan los pesos húmedos para cada componente del mortero, y el peso unitario del mortero en estado fresco, calculado siguiendo las especificaciones ASTM C138.

MORTERO: $\frac{3}{4} : \frac{1}{4} : 3$ (M - 1)

MATERIAL	PROPORCIÓN N PESO (GR.)	PESO SECO (GR.)	PESO HÚMEDO (GR.)	PESO UNITARIO MORTERO	DOSIFICACIÓN POR M3 (KG.)
CEMENTO	0.75	228.6	228.6	2069.32 kg/m ³	220.46
CAL	0.237	72.4	72.4		69.82
ARENA	5.245	1599	1605.39		1501.29
AGUA	----	304	288		277.75

MORTERO: $\frac{1}{2} : \frac{1}{2} : 3$ (M-2)

MATERIAL	PROPORCIÓN N PESO (GR.)	PESO SECO (GR.)	PESO HÚMEDO (GR.)	PESO UNITARIO MORTERO	DOSIFICACIÓN POR M3 (KG.)
CEMENTO	0.50	155.8	155.8	2028.66 kg/m ³	145.70
CAL	0.355	110.6	110.6		103.44
ARENA	5.245	1633.6	1640.13		1501.29
AGUA	—	320	297.5		278.23

MORTERO: $\frac{2}{5} : \frac{3}{5} : 3$ (M - 3)

MATERIAL	PROPORCIÓN N PESO (GR.)	PESO SECO (GR.)	PESO HÚMEDO (GR.)	PESO UNITARIO MORTERO	DOSIFICACIÓN POR M3 (KG.)
CEMENTO	0.40	125.2	125.2	2030.94 KG/m ³	119.22
CAL	0.427	133.6	133.6		127.22
ARENA	5.245	1641.2	1647.76		1501.29
AGUA	—	320	297.4		283.21

MORTERO: 1/4 : 3/4 : 3 (M -4)

MATERIAL	PROPORCIÓN N PESO (GR.)	PESO SECO (GR.)	PESO HÚMEDO (GR.)	PESO UNITARIO MORTERO	DOSIFICACIÓN POR M3 (KG.)
CEMENTO	0.25	79	79		73.20
CAL	0.533	168	168	2014.80	155.66
ARENA	5.245	1653	1659.6	kg/m ³	1501.29
AGUA	---	330	307.2		284.65

MORTERO: 1/5 : 4/5 : 3 (M -5)

MATERIAL	PROPORCIÓN N PESO (GR.)	PESO SECO (GR.)	PESO HÚMEDO (GR.)	PESO UNITARIO MORTERO	DOSIFICACIÓN POR M3 (KG.)
CEMENTO	0.20	63.18	63.18		56.67
CAL	0.569	179.76	179.76	2012.71	161.25
ARENA	5.245	1657.06	1663.68	kg./m ³	1501.29
AGUA	---	350	327.2		293.50

MORTERO: 1:0:3 (M-PATRÓN)

MATERIAL	PROPORCIÓN N PESO (GR.)	PESO SECO (GR.)	PESO HÚMEDO (GR.)	PESO UNITARIO MORTERO	DOSIFICACIÓN POR M3 (KG.)
CEMENTO	1	304.24	304.24		285.09
CAL	---	---	---	2063.75	---
ARENA	5.245	1595.76	1602.14	kg./m ³	1501.29
AGUA	---	318	296		277.37

4.2. CANTIDAD DE MATERIALES POR M³ DE MORTERO

PROPORCIÓN	CANTIDAD DE MATERIAL POR M ³ DE MORTERO			
	CEMENTO (Bolsa)	CAL (Bolsa *)	Arena (m ³)	AGUA (Litros)
1:0:3	9.69	0	0.83	277.37
$\frac{3}{4} : \frac{1}{4} : 3$	7.50	3.49	0.83	277.75
$\frac{1}{2} : \frac{1}{2} : 3$	4.95	5.17	0.83	278.23
2/5 : 3/5 : 3	4.06	6.36	0.83	283.21
$\frac{1}{4} : \frac{3}{4} : 3$	2.49	7.78	0.83	284.64
1/5 : 4/5 : 3	1.93	8.06	0.83	293.50

*Bolsa de Cal Aérea o Cal de Obra pesa 20 Kg

PROPORCIÓN	CANTIDAD DE MATERIAL POR BOLSA DE CEMENTO EN OBRA					
	CEMENTO (Bolsa)	CAL (Bolsa *)	Arena (Carretilla)	Arena (Bolsa ó p3)	Arena (Lampa)	AGUA (Litros)
1:0:3	1	0	1.51	3.00	42.00	28.62
$\frac{3}{4} : \frac{1}{4} : 3$	1	0.46	1.95	3.90	54.60	37.03
$\frac{1}{2} : \frac{1}{2} : 3$	1	1.04	2.96	5.92	82.88	56.20
2/5 : 3/5 : 3	1	1.56	3.61	7.22	101.08	69.75
$\frac{1}{4} : \frac{3}{4} : 3$	1	3.12	5.89	11.78	164.92	114.31
1/5 : 4/5 : 3	1	4.17	7.59	15.18	212.52	152.07

*Bolsa de Cal Aérea o Cal de Obra pesa 20 Kg

CAPITULO V

PROCEDIMIENTOS Y ENSAYOS DE LOS MORTEROS

En este capítulo se describe los procedimientos de los ensayos del mortero fresco y endurecido, y recolección de los datos de laboratorio para luego en el capítulo VI se realice un análisis estadísticos y de tendencia de valores.

5.1 ENSAYO DE MORTERO FRESCO

Anteriormente se estudio las propiedades físicas de los componentes del mortero, incluyendo la Cal. Las propiedades del mortero fresco variarán debido a que la Cal retiene el agua del concreto recién mezclado. Por lo tanto, la Cal debido a su fineza impactaría en el comportamiento del mortero al estado fresco en cuanto a su consistencia, trabajabilidad, etc.

La investigación se realiza mediante varios ensayos que determinara de manera cuantitativa y cualitativa el comportamiento del mortero fresco con adición en Cal comparado con el mortero fresco patrón.

5.1.1 FLUIDEZ Y TRABAJABILIDAD (ASTM C270)

Este ensayo es necesario para poder determinar las características del Mortero al estado fresco en cuanto a consistencia y trabajabilidad se refieren.

• PROCEDIMIENTO

- Colocar un molde de forma de cono truncado lleno de mortero sobre una masa horizontal de suave superficie metálica, montada sobre una flecha vertical, equipada con una manivela que permite levantar y hacer caer repentinamente dicha superficie de la mesa.
- Colocar el mortero dentro del molde en dos capas, cada una aproximadamente la mitad del volumen del molde. Proceder a varillar cada capa con 25 golpes, después se enrasará la superficie y luego retirar el molde en forma vertical. Se moverá el manivela

dejándose caer la masa 15 segundos, tomándose 6 medidas del mortero extendido.

La formula a utilizarse es la siguiente:

$$\%Flujo=(D-10)/10*100$$

Donde:

D : Diámetro extendido promedio en cm.

• DATOS Y RESULTADOS DE LABORATORIO

CUADRO N. 5.1

MUESTRA	FLUIDEZ (%)
1 : 0 : 3	109 %
3/4 : 1/4 : 3	102 %
1/2 : 1/2 : 3	106 %
2/5 : 3/5 : 3	102 %
1/4 : 3/4 : 3	102 %
1/5 : 4/5 : 3	98.3%

5.1.2 PESO UNITARIO (ASTM C138)

El peso unitario del Mortero fresco, es el peso del mortero por unidad de volumen expresado en kg/m³, se emplea para determinar el rendimiento de las mezclas, el contenido de cemento y el contenido del aire.

• PROCEDIMIENTO

- Llenado del recipiente: Llenarlo hasta un tercio de su capacidad y la masa del Mortero se compacta con el número de golpes indicados. De la misma manera se proceden en la capa restante, cuidando que esta última tenga un ligero exceso.
- Compactación: Al compactar la primera capa, los golpes de la compactación se distribuyen uniformemente sobre la sección. Cuando

se use un recipiente de 400 cm³, cada capa se compactará con 25 golpes.

- Alisado, limpiado y pesado: La superficie superior se alisa y termina con una placa de cubierta plana, teniendo mucho cuidado de dejar el recipiente lleno justo hasta su nivel superior. Limpiar el material adherido en las paredes externas y luego pesar el recipiente lleno.

- **DATOS Y RESULTADOS DE LABORATORIO**

CUADRO N.5.2

TIPO DE MUESTRA	PESO UNITARIO (Kg/m ³)
1 : 0 : 3	2063.75
$\frac{3}{4}$: $\frac{1}{4}$: 3	2069.32
$\frac{1}{2}$: $\frac{1}{2}$: 3	2028.66
$\frac{2}{5}$: $\frac{3}{5}$: 3	2030.94
$\frac{1}{4}$: $\frac{3}{4}$: 3	2014.80
$\frac{1}{5}$: $\frac{4}{5}$: 3	2012.71

5.1.3 TIEMPO DE FRAGUADO (NTP 334.006 : 1968)

El fraguado, es el proceso de endurecimiento del Mortero, por lo tanto este ensayo tiene por finalidad determinar el tiempo que el Mortero demora en endurecer y ganar resistencia desde el ingreso de los materiales a la mezcladora.

La medida del principio y fin del fraguado se realiza corrientemente; permite tener una idea del comportamiento posterior del cemento en condiciones particulares de utilización en tiempo cálido o en tiempo frío.

Para la determinación del tiempo de fraguado existen aparatos automáticos, pero la aguja de Vicat permanece como el procedimiento más empleado.

Clasificación de Cementos de Acuerdo a su Tiempo de Fraguado Inicial

TIPO DE FRAGUADO	PRINCIPIO DE FRAGUADO
RAPIDO	< 8 MIN
SEMILENTO	8 A 30 min.
LENTO (CEMENTO CORRIENTE)	30 min. a 6 hrs
MUY LENTO	> 6 HRS

El fraguado inicial se caracteriza por un aumento en la viscosidad y en la temperatura de la mezcla.

El tiempo de fraguado de la mezcla se ve afectada por los siguientes factores:

- Variaciones en la dosificación de la mezcla.
- Temperatura de la mezcla.
- Temperatura ambiente.
- Contenido de cemento en la mezcla
- Consistencia y Relación agua/Aglomerante.
- Características de exudación.
- Uso de aditivos.

Fuente: [9]

La influencia de la temperatura es muy importante. Un aumento de la temperatura disminuye el tiempo de fraguado y viceversa. A título indicativo la presente tabla da una idea de tiempos de fraguado iniciales y finales respecto a la temperatura.

Variación del Tiempo de Fraguado con Respecto a la Variación de la Temperatura Ambiente

TEMPERATURA °C	5	20	50
Principio de fraguado (hrs)	8	3	1
Fin de fraguado (hrs)	15	6	2

Ese es un ejemplo claro de la variación del tiempo de fraguado con respecto a la temperatura del medio ambiente. Es lógico, que mientras más frío sea la temperatura ambiente más tardará el Mortero por su proceso de fraguado.

- **PROCEDIMIENTO**

- **Ensayo de fraguado.-**

El ensayo de fraguado se efectúa con el aparato de Vicat descrito en. La pasta de consistencia normal a emplearse se mezcla mecánicamente según se ha descrito en la Norma ITINTEC 334.003 Cementos. Procedimientos para la obtención de pastas y morteros de consistencia plástica por mezcla mecánica. El espécimen de ensayo se prepara según se ha descrito y debe permanecer durante 30 min. En la cámara húmeda. Pasando ese período se comienza el ensayo.

- **Determinación del principio de fraguado**

Para determinar el principio de fraguado, se baja la aguja hasta que su extremo tome contacto con la superficie de la pasta, y se fija en esa posición por medio del tornillo. Se lee la posición del índice sobre la escala o se lleva previamente el mismo a coincidir con el cero superior. Se suelta el vástago aflojando el tornillo; a los 30 mi. Se lee la posición del índice sobre la escala. Si la pasta durante el primer ensayo se mantiene blanda, el descenso de la aguja podrá hacerse lentamente en tanto que esta se deforme, pero las determinaciones de penetración para el período de fraguado se harán aflojando el tornillo. Se continúa la determinación de la penetración cada 15 min.

Se anota todas las penetraciones. Entre cada determinación de penetración, a siguiente, el espécimen de ensayo se conserva en la cámara húmeda. Las penetraciones deben estar separadas 6 mm. o más entre sí y 9mm. O más del borde del molde.

NOTA: Para cementos de alta resistencia inicial las determinaciones de penetración se deben hacer cada 10 mm.

Determinación de fin de fraguado

Al alcanzar una penetración de 4 mm se saca el espécimen de ensayo del aparato e invirtiéndolo se le apoya sobre el vidrio por su base menor, previa limpieza de aquel y del borde de ésta. Luego se continúa las penetraciones sobre la base mayor hasta alcanzar una, que no deje huella sobre la superficie del mismo.

Principio de Fraguado

Se toma como principio de fraguado el tiempo transcurrido entre el momento en que se agrega el cemento al agua y el que marca una penetración de 25 mm. Su determinación se hace por interpolación de los resultados obtenidos en las penetraciones registradas.

Fin de Fraguado

Se toma como fin de fraguado el tiempo transcurrido entre el momento en que se agrega el cemento al agua y el momento en el cual no se note huella de penetración.

- **DATOS Y RESULTADOS DE LABORATORIO**

Los datos de laboratorio son los siguientes:

CUADRO N 5.3

Descripción de Muestras	Tiempo-Fraguado Inicial (hrs)	Tiempo Fraguado Final (hrs)
1 : 0 : 3	01 : 36	03 : 06
$\frac{3}{4}$: $\frac{1}{4}$: 3	01 : 42	03 : 48
$\frac{1}{2}$: $\frac{1}{2}$: 3	01 : 48	03 : 56
$\frac{2}{5}$: $\frac{3}{5}$: 3	03 : 31	05 : 42
$\frac{1}{4}$: $\frac{3}{4}$: 3	03 : 49	06 : 05
$\frac{1}{5}$: $\frac{4}{5}$: 3	03 : 43	06 : 14

5.2 ENSAYO EN MORTERO ENDURECIDO.

Como se indico en el punto anterior, la cal genera en el mortero un comportamiento de mejor retención de agua y mayor homogeneidad. Por lo tanto esto incide en las propiedades físicas del mortero endurecido.

Cuando el mortero ha fraguado; se inicia el proceso de endurecimiento, lo que hace adquirir propiedades mecánicas, cuyo desarrollo suele representarse en la resistencia y adherencia del mortero.

En esta investigación han tomado como objetivo cuantificar la variación de las propiedades físicas cuando el mortero ha sido elaborado con distinto porcentajes de Cal en reemplazo de cemento, de esta manera determinar su mejor utilización en obra.

Se han realizado los ensayos en las siguientes edades 7 días, 14 días, 28 días 55 días, 70 días y 90 días. En algunos casos se han podido llegar a edades de 120 días para un mejor estudio de su comportamiento.

5.2.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (ASTM C109)

Viene hacer una resistencia mecánica que es importante en el estudio del mortero ya que esta influye en la resistencia final de la albañilería.

La resistencia a la compresión de los moldes se calcula con la siguiente formula:

$$R_c = \frac{G}{a^2}$$

Donde:

R_c : Resistencia de rotura a la compresión en Kg/cm².

G : Carga de rotura, en Kg.

a : la arista de la sección cuadrada del cubo, en cm.

• PROCEDIMIENTO

El ensayo se realizo en las siguientes fases:

- Mediciones: El lado del molde se determina, mediante un vernier, con la aproximación de 0.1 mm, tomando un valor promedio de las longitudes.
- Colocación del Molde: Antes de iniciar cada ensayo, se limpia

cuidadosamente las superficies planas de contacto.

- Se coloca el molde sobre el bloque inferior de apoyo, tratando que el molde quede centrado en el bloque superior.
- Al iniciarse el acercamiento del molde al bloque superior, la parte móvil de éste se hace rotar suavemente en forma manual, con el fin de facilitar en un contacto uniforme y sin choques con la base superior del molde.
- Velocidad de carga: es fundamental aplicar la carga en forma continua, evitando choques. Cuando se espera que el cubo resista una carga máxima mayor de 2360 Kg. Se aplica a éste una carga inicial igual a la mitad del valor esperado, a velocidad conveniente. Si espera que la carga sea menor de 1360 Kg nos e debe aplicar carga inicial al cubo.

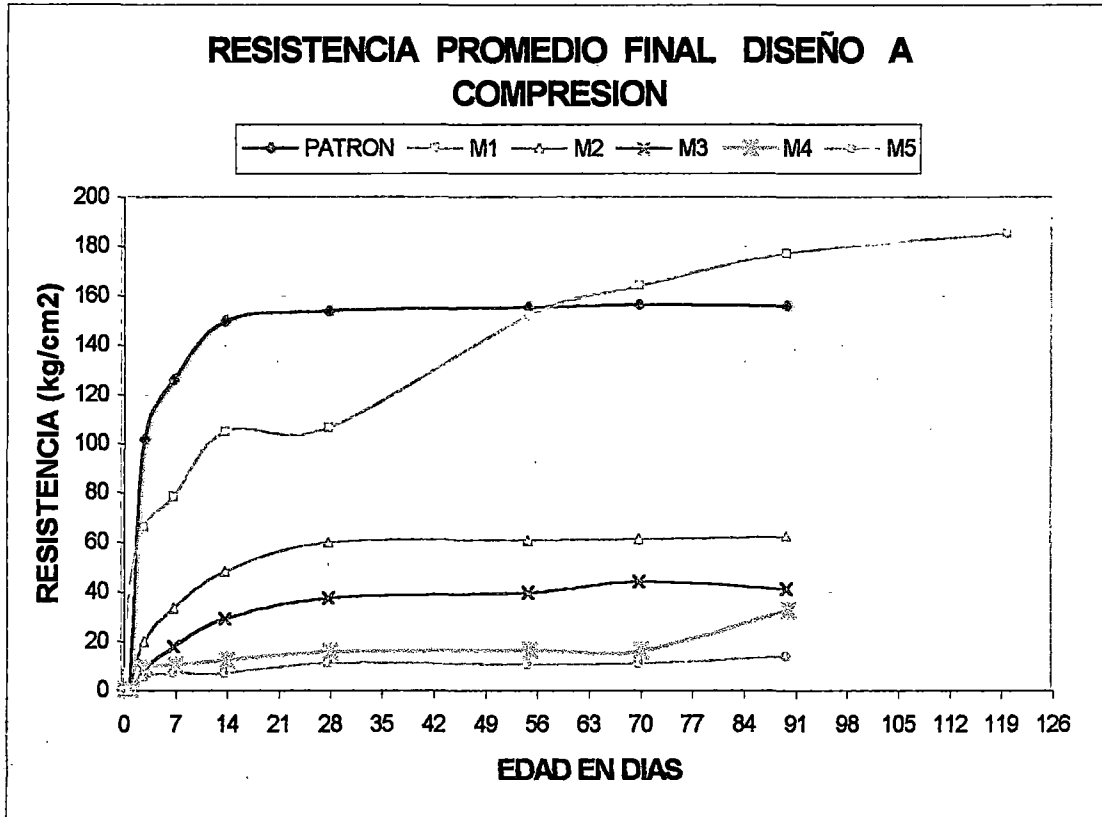
Sé continuo aumentando la carga hasta producir la rotura de la probeta registrando el valor de la carga máxima, el tipo de ruta y además toda observación relacionado con el aspecto del hormigón en la zona de rotura.

• **RESULTADOS DEL LABORATORIO**

Los resultados obtenidos de acuerdo el tipo de mezcla.

CUADRO N° 5.4

EDAD DIAS	PATRON 0%CAL (kg/cm²)	M1 25%CAL (kg/cm²)	M2 50%CAL (kg/cm²)	M3 60%CAL (kg/cm²)	M4 75%CAL (kg/cm²)	M5 80%CAL (kg/cm²)
1	-	41.000	-	-	-	-
3	101.800	66.330	20.000	8.500	9.184	5.714
7	126.000	78.431	33.319	18.000	10.204	7.143
14	150.000	104.807	48.219	29.150	12.400	7.211
28	154.000	106.296	60.000	37.325	15.618	11.097
55	155.333	151.971	60.670	39.878	16.000	10.544
70	156.500	164.000	61.306	44.000	16.218	11.381
90	156.000	176.916	62.506	41.112	32.261	13.927
120	-	185.294	-	-	-	-



A los 120 días de edad la probeta ensayada con un 25% de cal supera a la muestra patrón.

5.2.2 RESISTENCIA A TRACCIÓN (ASTM C190)

Es otra propiedad mecánica del mortero, es la capacidad del mortero en resistir esfuerzos de tracción, en caso de que el muro deba soportar cargas laterales como viento o sismo, en el extremo superior del muro producirá esfuerzos combinados de tracción y flexión.

El ensayo consiste en romper moldes tipo ocho, las cuales serán estiradas por ambos extremos hasta la rotura de los moldes.

La resistencia a la tracción viene dada por la formula:

$$\sigma = \frac{P}{b^2}$$

Donde:

P : Carga de rotura, en Kg

b : Longitud del cuello, en cm.

- **PROCEDIMIENTO**

- Se mide el cuello del molde en forma de ocho, con el vernier con una aproximación de 0.1 mm.
- Se verifica que el equipo para ensayar, este la aguja en cero. Por que con la muestra colocada hacer este ajuste, se perdería la muestra.
- Se coloca el molde de forma de "ocho" en el equipo de tracción y se sujeta por ambos extremos.
- La velocidad esta controlada por el mismo equipo eléctrico, lo que hay que controlar es cuando ocurra la rotura.

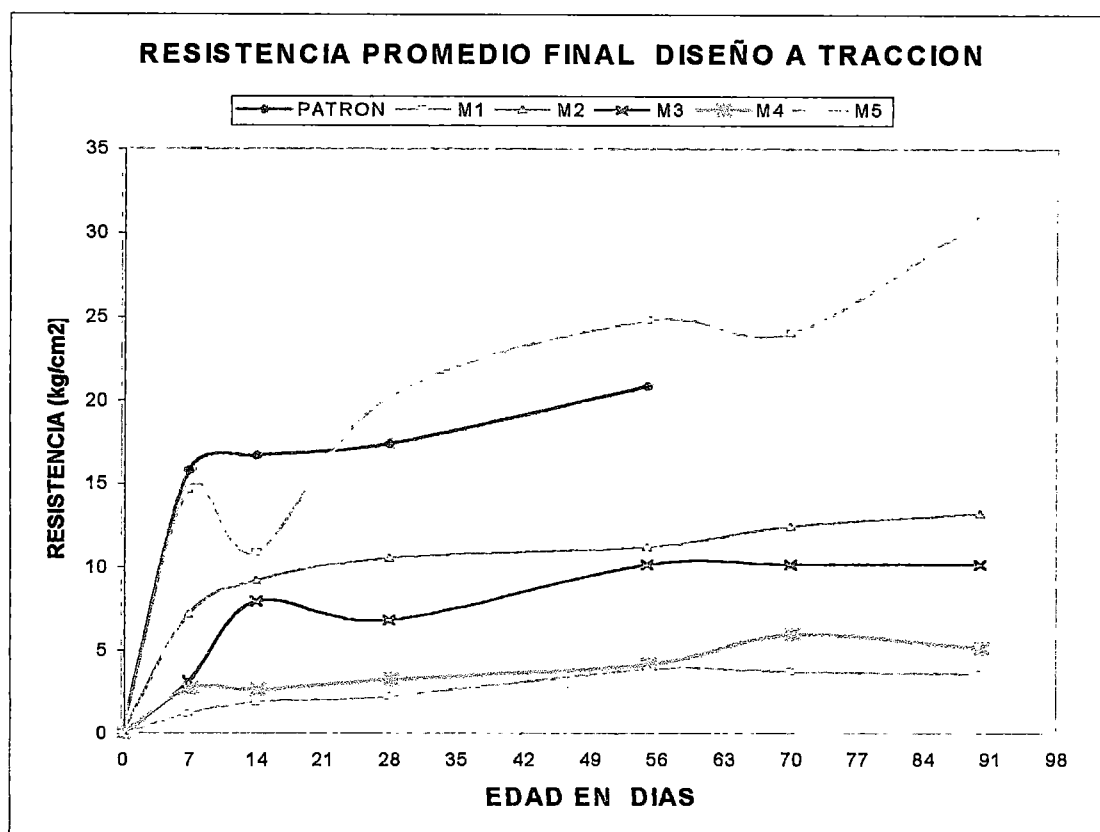
Observar en que parte del molde se produce la falla, para así aceptar o no el resultado del ensayo. Se aceptará si la ruptura se encuentra en el tercio central y se rechaza, si esta afuera de ella.

- **RESULTADO DE LABORATORIO**

Los resultados del ensayo de tracción para distintos obtenidos del ensayo de tracción para distintos tipos de mezcla.

Cuadro N° 5.5

EDAD DIAS	PATRON 0%CAL (kg/cm²)	M1 25%CAL (kg/cm²)	M2 50%CAL (kg/cm²)	M3 60%CAL (kg/cm²)	M4 75%CAL (kg/cm²)	M5 80%CAL (kg/cm²)
7	15.813	14.656	7.182	3.176	2.756	1.181
14	16.692	10.886	9.198	7.938	2.646	1.890
28	17.418	20.237	10.554	6.804	3.266	2.268
55	20.868	24.759	11.249	10.160	4.158	3.886
70	-	24.022	12.474	10.160	5.929	3.750
90	-	30.723	13.230	10.183	5.108	3.570



A los 55 días de edad la probeta ensayada con un 25% de cal supera a la muestra patrón, los puntos de quiebre que presentan algunas curvas son puntos que se disparan en valor esto se explica en el CAPITULO VI y VII.

5.2.3 RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (NTP 334.042. 042:1981)

El objeto del presente es el determinar la resistencia del mortero a la flexión cuando es sometido a cargas al centro de la luz.

La resistencia a flexión se calcula con la siguiente fórmula:

$$R = \frac{6M}{b^3} = \frac{1.5P\lambda}{b^3}$$

Donde:

R : Resistencia a flexión, en kn/cm^2 .

M : El momento de flexión, sea $M \frac{\lambda}{4}$ en $\text{kn} \times \text{cm}$.

- b** : La arista de la sección cuadrada del prisma, en cm.
P : Carga aplicada en el medio del prisma, en kn.
 λ : Distancia entre apoyos, en cm.

NOTA: Si desea obtener R en Kgf/cm². Se debe expresar M en Kgf x cm ó P en Kgf.

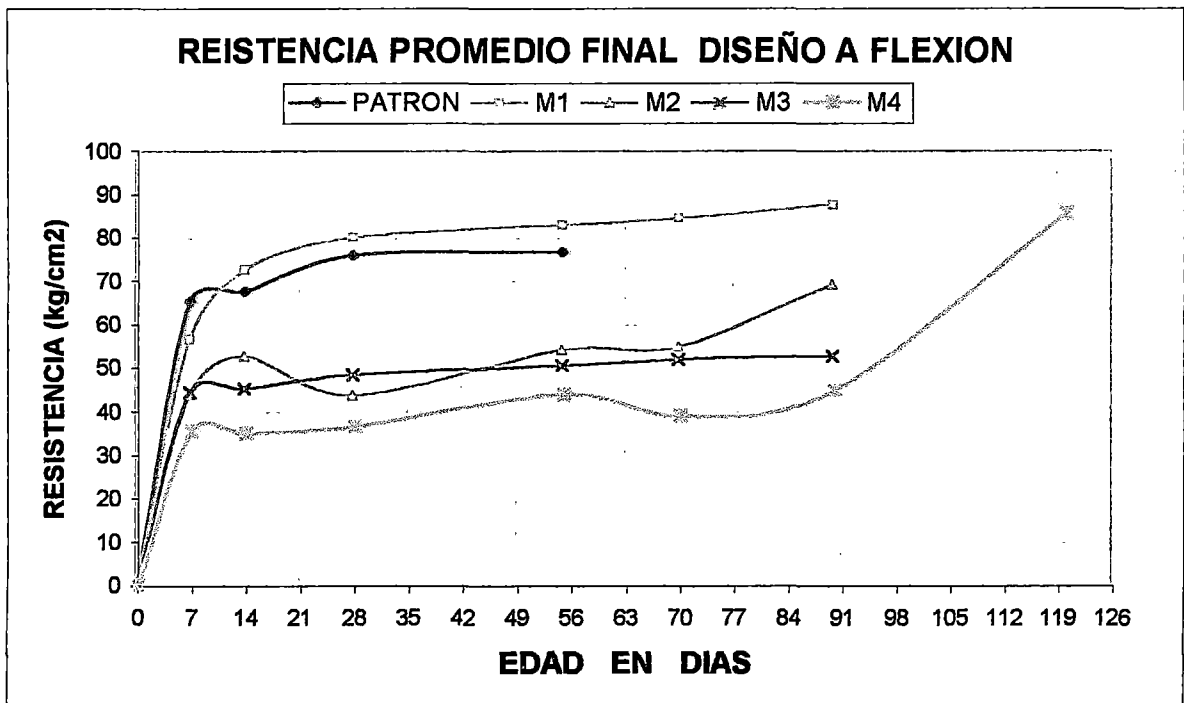
• PROCEDIMIENTO

- Se aceita ligeramente las caras interiores de los moldes y se sella sus juntas exteriores.
- Se introduce directamente de la mezcladora una primera capa de mortero en el molde, con un movimiento de ida y vuelta se esparce el mortero colocado en el comportamiento del molde de una capa de espesor uniforme.
- Se somete a un conjunto de 32 golpes en 60 segundos. Se coloca una segunda capa idéntica de mortero nivelada y compactada de la misma manera.
- Se enrasa el mortero con la arista de una regla metálica mantenida más o menos vertical y que la desplaza con un movimiento de sierra, perpendicularmente al eje longitudinal del molde.
- Después de extraídas las probetas son mantenidas en agua saturada de cal, hasta el momento del ensayo.
- El prisma se coloca en el aparato de ensayo de resistencia a flexión con una cara lateral del moldeado sobre los cilindros de apoyo y con su eje longitudinal perpendicular a los apoyos.
Se aplica la carga verticalmente mediante el cilindro de carga sobre la cara lateral opuesta del prisma y se aumenta regresivamente a razón de 50 ± 10 N/S (5 ± 1 Kgf/s) hasta la rotura.

• RESULTADO DE LABORATORIO

CUADRO N° 5.6

EDAD DIAS	PATRON 0%CAL (kg/cm ²)	M1 25%CAL (kg/cm ²)	M2 50%CAL (kg/cm ²)	M3 60%CAL (kg/cm ²)	M4 75%CAL (kg/cm ²)
7	65.401	56.707	44.082	44.577	35.503
14	67.708	72.624	52.800	45.267	34.979
28	76.087	80.115	43.730	48.615	36.500
55	76.800	-	-	-	-
70	-	84.682	55.000	52.083	39.005
90	-	87.552	69.153	52.800	44.893
120	-	-	-	-	85.700



A los 90 días y 120 días de edad las probetas ensayadas con 25% y 75% de cal respectivamente superan a la muestra patrón.

5.2.4 ABSORCIÓN

El objeto del presente ensayo es esencialmente medir la absorción de agua a presión atmosférica.

La absorción del agua se presenta frecuentemente en peso por unidad de superficie absorbente (g/cm²) en función del tiempo (en horas).

Cuando se trata de medidas comparativas en función a ciertos parámetros, se expresa a las 72 horas por:

$$A.C. = \frac{100P}{S\sqrt{T}}$$

Donde:

P : peso de agua absorbida

S : Superficie cortado de la probeta en contacto con el agua.

- **PROCEDIMIENTO**

- La probeta moldeada o Extraída en la obra sufre una deshidratación en una estufa, luego se la corta por una de las caras mientras las restantes se impermeabilizan (resina aproxi o parafina).
- A continuación se pone la probeta en una cubeta conteniendo arena saturado de agua sobre su cara cortada. Seguidamente, se va midiendo, en función del tiempo, el incremento de peso de la probeta debido a la subida capilar del agua.

- **RESULTADOS DE LABORATORIO**

Cuadro N° 5.7

EDAD DIAS	PATRON 0%CAL (kg/cm2)	M1 25%CAL (kg/cm2)	M2 50%CAL (kg/cm2)	M3 60%CAL (kg/cm2)	M4 75%CAL (kg/cm2)	M5 80%CAL (kg/cm2)
7	0.46	0.110	0.393	0.382	0.376	0.387
14	0.41	0.191	0.371	0.354	0.406	0.376
28	0.31	0.208	0.350	0.305	0.414	0.354
55	0.09	-	-	-	-	-
70	-	0.068	0.254	0.153	0.037	0.348
90	-	0.163	0.037	0.080	0.105	0.345

5.2.5 ADHERENCIA

La adhesión, medida por su valor y extensión, es la propiedad más importante del mortero endurecido. Ella se establece y queda definida para todos sus propósitos en el momento en que la unidad de albañilería y el mortero hacen contacto, también este ensayo de practica para comprobar los enlucidos de mortero a los que se hayan adicionado cal.

“No existen métodos ni pruebas adecuadas para medir el valor de la adhesión como una característica independiente”.

La única forma de conocer la durabilidad de la adhesión es evaluar construcciones de albañilería que hayan sido sometidas a las acciones que tiendan a destruirla.

Quizás el ejemplo más interesante es el descrito por **C.C. Conner** en un trabajo preparado para el ASTM, en 1984, basado en el examen detallado de 100 edificios de albañilería de la compañía de teléfonos de Nueva Jersey en EE.UU., que tenía entre 6 y 23 años de construidos, y que debían de molerse.

Los edificios estancos y que no presentaban fisuración habían sido construidos con mortero con cal; mientras que los construidos con mortero sin cal presentaba hasta 60% del largo de hiladas fisuradas y filtraban gravemente. Más aún, el costo licitado de demolición fue mucho más alto para los edificios asentado con mortero con cal ya que era necesario romper los muros y no desmontarlos, como era posible cuando no se había usado cal.

La situación antes descrita tiene su explicación **en la tendencia del cemento a contraerse al avanzar su proceso de hidratación, mientras que la cal tiende a endurecer con lentitud, manteniendo a los morteros “elásticos” y curando las fisuras de manera autógena al ocurrir su carbonatación.**

- **PROCEDIMIENTO**

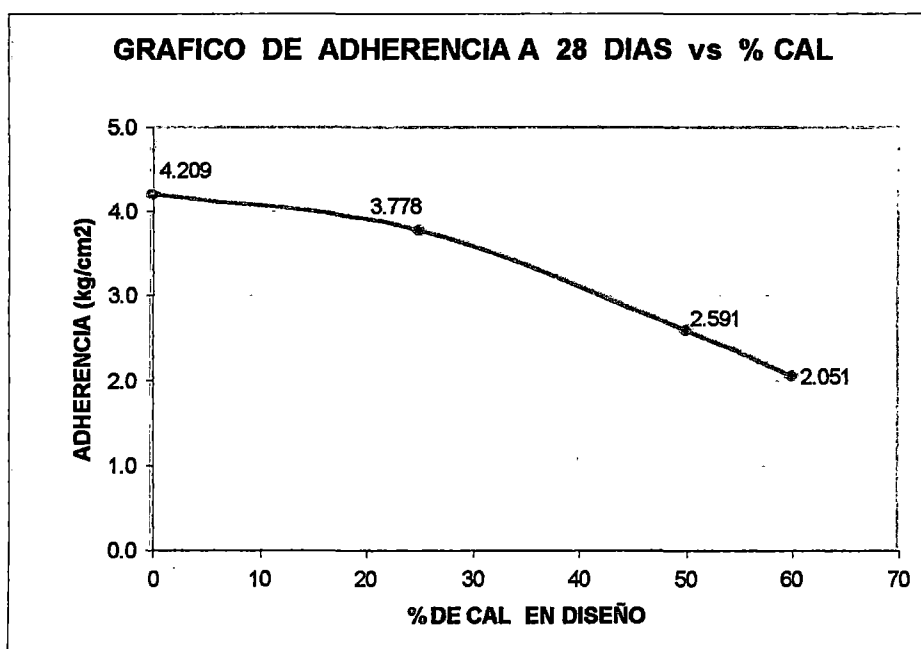
- Para medir la adhesión se usan una serie de métodos consistentes, en despegar dos o más unidades de albañilería unidas con el mortero.
- Se mide la fuerza de separación y se divide entre el área de contacto, lo cual da un valor en Kg/cm² que es la medida de la adhesión.
- Lamentablemente todas estas pruebas son de escasa confiabilidad, difíciles de repetir y exigen mediciones muy precisas de laboratorio.

- **RESULTADOS DE LABORATORIO.**

Los resultados a continuación son meramente comparativos que expresa el esfuerzo de adherencia para en lucido de todo tipo de superficie.

CUADRO N 5.8

Muestra	%Cal	Resistencia a la Adherencia (kg/cm ²)
1 : 0 :3	0	4.209
3/4 : 1/4 :3	25	3.778
1/2 : 1/2 :3	50	2.591
2/5 : 3/5 :3	60	2.051



5.2.6 RETRACCIÓN (ASTM C157)

Contracción y Abultamiento:

La contracción es causada por la pérdida de agua por evaporación o por hidratación del cemento, y también, por carbonatación. La reducción en el volumen (deformación volumétrica) es igual a tres veces la contracción lineal, y en la práctica medimos la contracción simplemente como una deformación lineal. Así pues sus unidades son mm por mm usualmente expresadas en 10^{-6} .

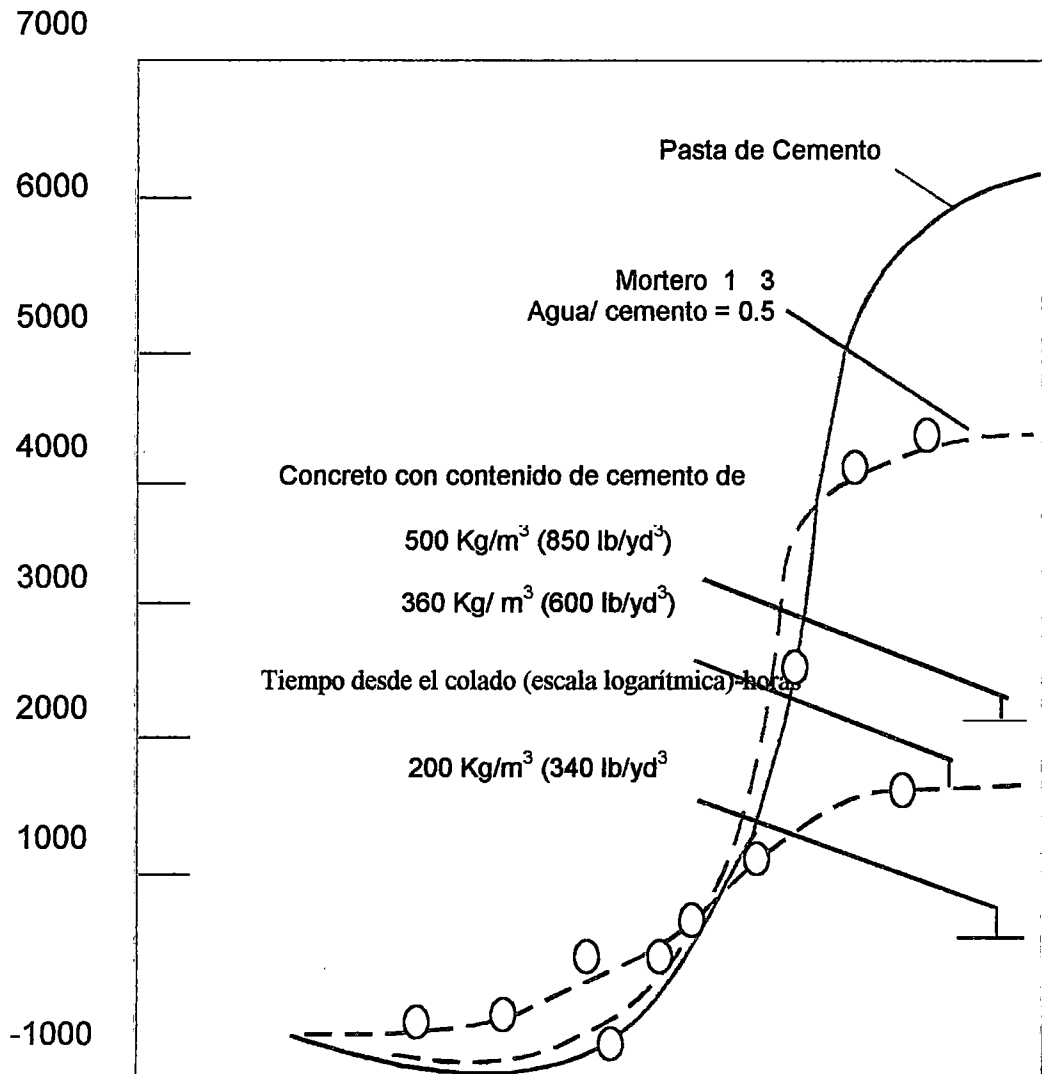
Mientras la pasta de cemento es plástica, experimenta una contracción volumétrica cuya magnitud es del orden de 1% del volumen absoluto del

cemento seco. Esta contracción se conoce como contracción plástica, es ocasionada por la pérdida de agua por evaporación de la superficie de mortero, o por succión del mortero seco que se encuentra por debajo. La contracción induce esfuerzo a la tensión en las capas de la superficie porque están restringidas por el mortero interior no contraído, y como el concreto es muy débil en su estado plástico, se puede producir rápidamente el agrietamiento plástico en la superficie.

La contracción plástica es mayor cuando mayor sea el porcentaje de evaporación del agua, el cual a su vez depende de la temperatura del concreto y del aire, de la humedad relativa del aire y de la velocidad del viento. Una prevención total de la evaporación inmediatamente después del vaciado disminuye la contracción plástica. Debido a que la pérdida de agua de la pasta de cemento es la causante de la contracción plástica, ésta es mayor cuanto más grande es el contenido de cemento en la mezcla (Fig. a), o menor cuanto más grande es el contenido de agregado.

Aún cuando no haya movimiento de humedad hacia el mortero fraguado, o desde éste, es posible que ocurra una contracción autógena. Esta es causada por la pérdida de agua utilizada en la hidratación y, excepto en estructuras de concreto masivo, no se distinguen de la contracción del mortero endurecido debido a la pérdida de agua al exterior. La contracción autógena es muy pequeña, típicamente de 50×10^{-6} a 100×10^{-6} .

Si hay un suplemento continuo de agua en el mortero durante la hidratación, el mortero se expande debido a la absorción de agua por el gel de cemento; este proceso se conoce abultamiento.



Influencia del concreto de cemento de la mezcla en la contracción plástica en aire a 20C (66F) y 50% de humedad relativa con velocidad del viento de 1.0 m/s (2.25 mph). (I. Hermire, r., "Volumen chages of concrete", en Proc. Inr. 5ymp. On the Chemistry of Cement, Washington D.C., 1960, pp.659-694).

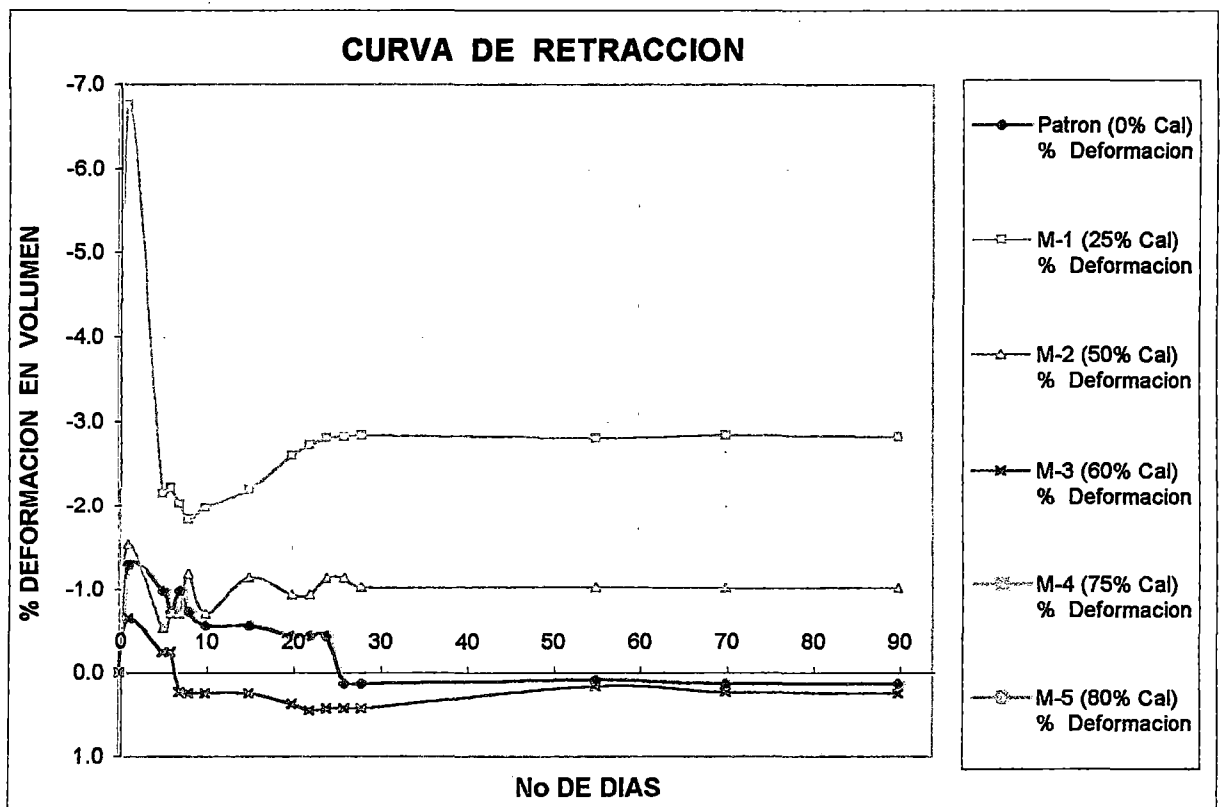
• PROCEDIMIENTO:

- Se vaciaron muestras por tipo de mortero.
- Se colocan las muestras al horno a 50C.
- Se hacen mediciones de largo, ancho y altura de c/muestra.
- Se coloca las muestras dentro del horno a una temperatura de 20C. Por 24 horas.
- Se sacan las muestras del horno, se realizan mediciones de largo, ancho y altura

• RESULTADOS DE LABORATORIO

CUADRO N 5.9

No DIA	Patrón (0% Cal) % Deformación	M-1 (25% Cal) % Deformación	M-2 (50% Cal) % Deformación	M-3 (60% Cal) % Deformación	M-4 (75% Cal) % Deformación	M-5 (80% Cal) % Deformación
0	0.000	0.000	0.000	0.000		
1	-1.300	-6.757	-1.537	-0.655	Él Ensayo no se pudo realizar debido a la fragilidad de la Probeta.	Él Ensayo no se pudo realizar debido a la fragilidad de la Probeta.
5	-0.987	-2.159	-0.539	-0.248		
6	-0.733	-2.224	-0.722	-0.248		
7	-0.987	-2.028	-0.713	0.235		
8	-0.733	-1.834	-1.189	0.248		
10	-0.563	-1.970	-0.714	0.248		
15	-0.563	-2.200	-1.142	0.248		
20	-0.436	-2.607	-0.936	0.375		
22	-0.436	-2.728	-0.936	0.453		
24	-0.436	-2.809	-1.142	0.430		
26	0.130	-2.825	-1.141	0.430		
28	0.130	-2.840	-1.035	0.430		
55	0.088	-2.809	-1.032	0.162		
70	0.130	-2.840	-1.025	0.235		
90	0.130	-2.825	-1.022	0.248		



5.2.7 PERMEABILIDAD

La Permeabilidad es la facilidad con la cual los líquidos y los gases pueden viajar a través del Mortero. Esta propiedad es importante en relación con la humedad de las estructuras retenedoras de líquidos y con el ataque químico.

Aunque no hay pruebas prescritas por ASTM y NTP, la permeabilidad del mortero puede determinar por medio de una simple prueba de laboratorio, pero los resultados son meramente comparativos. En tal prueba, los lados del espécimen de mortero se sellan y se aplica agua bajo presión únicamente en la superficie superior. Cuando se alcanzan condiciones estables, se mide la cantidad de agua que fluye a través de una capa de mortero dada un tiempo determinado.

La obtención del coeficiente de permeabilidad es mediante la ley de Darcy.

$$K=Q e/(Ah*t)$$

Donde:

Q : Volumen de agua permeada en cm³.

T : tiempo en que sucede Q en seg.

A : Área de la sección transversal del espécimen en cm².

E : espesor de la muestra, longitud que recorre el flujo en cm.

H : energía hidráulica en columnas de agua, manómetro en cm.

K : coeficiente de permeabilidad en cm/seg.

Desde el punto de vista de durabilidad puede ser importante lograr una baja permeabilidad tan rápidamente como sea posible.

Hasta ahora hemos considerado la permeabilidad de la pasta de cemento que ha sido curada en condiciones de humedad. Por lo general, la permeabilidad del concreto es del mismo orden cuando está hecho con agregados de peso normal que tienen una permeabilidad similar a la de la pasta de cemento, pero el uso de un agregado más poroso aumentará la permeabilidad del mortero. Una interrupción en el curado de humedad por un período de secado también

provoca un incremento en la permeabilidad, por la creación de pasos de agua por grietas minutas de contracción alrededor de las partículas del agregado, especialmente en las grandes.

A continuación se presentan clasificaciones utilizadas en la mecánica de suelos, para suelos según su coeficiente de permeabilidad. A fin de tener conceptos al momento de clasificar al mortero en función de su coeficiente de permeabilidad. A fin de tener conceptos al momento de clasificar al mortero en función de su coeficiente de permeabilidad.

Según A. Casagrande y R.E.Fadum

CLASIFICACIÓN	COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD (m/seg.)
Muy permeable	Mayor de 1
Permeable	1 a 10^{-5}
Poco permeable	10^{-5} a 10^{-8}
Prácticamente impermeable	10^{-8} a 10^{-3}
Impermeable	10^{-11} a 10^{-14}

Según Terzaghi y Peck

CLASIFICACIÓN	COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD (m/seg.)
Elevada	Mayor de 10^{-3}
Media	10^{-3} a 10^{-5}
Baja	10^{-5} a 10^{-7}
Muy Baja	10^{-7} a 10^{-9}
Prácticamente Impermeable	Menor de 10^{-9}

FUENTE(10)

Existen métodos experimentales para su medición, de los cuales los principales son.

- Método Simple del ACI Materiales Journals

- Método Normas DIN 1048
- Método Cuantitativo del Bureau of Reclamation
- Método Cualitativo de Swedish Estándar Specification
- Método Japonés.

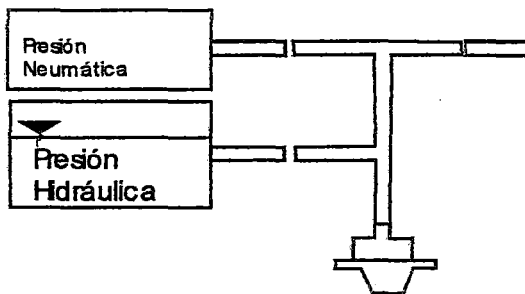
Los ensayos de permeabilidad del presente estudio se hicieron con un equipo artesanal distinto a los nombrados anteriormente. Se realizó con este equipo debido a que en los Laboratorio de Lima no se encontró un equipo para hallar la permeabilidad del mortero.

PROCEDIMIENTO (EQUIPO ARTESANAL)

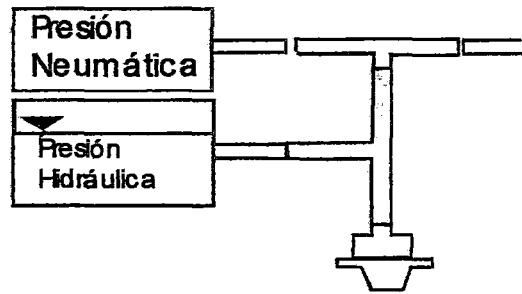
- Sé vacean las muestras en moldes de forma tronco cónicas dando 25 golpes para compactar las muestras.
- A los 28 días transcurridos desde el día del vaceado de las muestras se sacan del ambiente de curado.
- Se toman las medidas de las muestras; diámetro menor y altura.
- Se llena el balón con agua hasta la tercer aparte de la altura.
- Se llena el mismo balón con aire hasta llegar a la presión neumática general igual o menor a 50 mts. de agua.
- Se carga con presión neumática el sistema de compresión y realiza la conexión a las cápsulas de presión.
- Se acciona la parte de la presión hidráulica para efectuar la purga de aire atrapado en cada cápsula y luego en todos los ductos del sistema, llenar agua al sistema de medición del caudal de filtración para cada cápsula.
- Cerrar la presión hidráulica general e individual de cada cápsula y accionar la presión neumática general y luego las individuales aplicar una presión liviana (menor o igual 50 mts. de agua), leída en el manómetro de la cápsula de presión, así como la hora de inicio de la prueba.
- Cuando se termine el agua en el medidor del caudal, cerrar la presión neumática individual y luego la general, el sistema de purga reducirá la presión en el ducto. La presión hidráulica general e individual serán liberadas, luego la válvula individual de aire permitirá recargar el depósito del medidor de caudal.

- Restablecida el agua se cierran las válvulas de presión hidráulica, se activa la presión neumática para continuar el ensayo.
- El ensayo culminará cuando haya transitado el agua de saturación y aparezca humedad al exterior de la muestra de mortero.

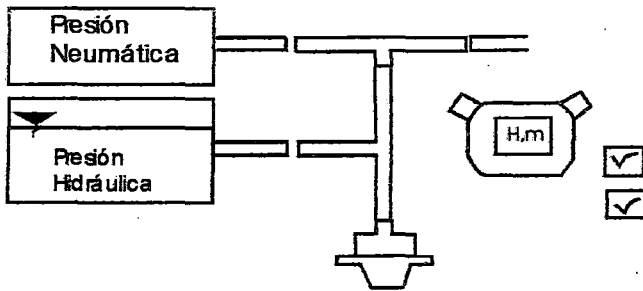
SISTEMA PROPUESTO



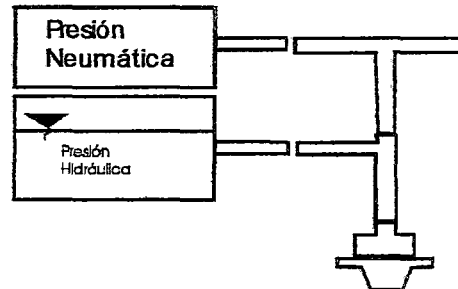
1.- Ensamblando el Sistema de medición por Flujo interno



2.- Activando la Presión Hidráulica ingresamos agua al sistema.



3.- Activando presión Neumática sobre el fluido cargado originamos flujo de agua en la muestra de concreto.

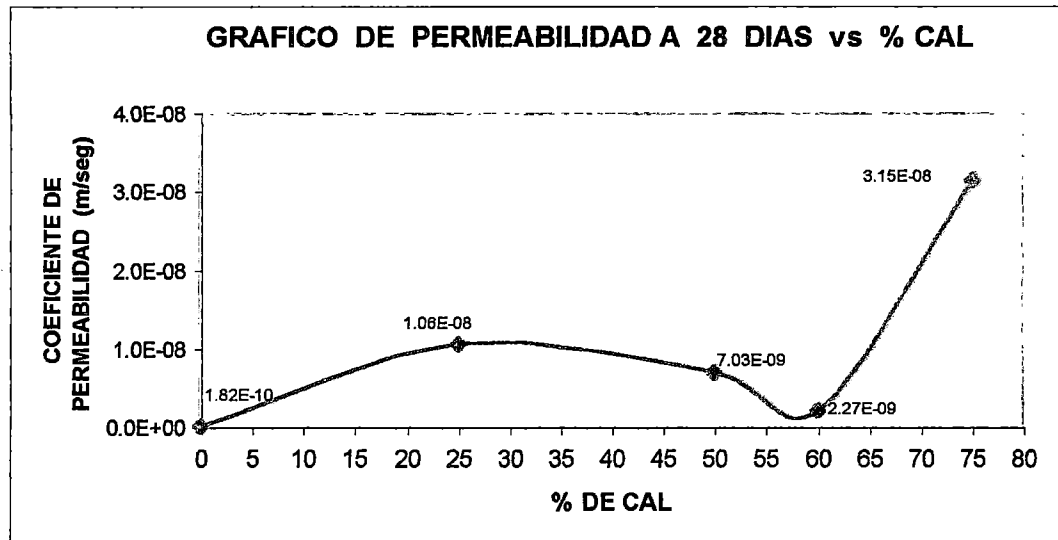


4.- Terminado el agua con que se mide el volumen en un determinado tiempo se libera la presión neumática y se repite el paso 2, 3 y 4

• RESULTADOS DE LABORATORIO

CUADRO N° 5.10

Muestra	%Cal	Coef. Perm. Kprom (m/seg.)
1 : 0 :3	0	1.82E-10
3/4 : 1/4 :3	25	1.06E-08
1/2 : 1/2 :3	50	7.03E-09
2/5 : 3/5 :3	60	2.27E-09
1/4 : 3/4 :3	75	3.15E-08



5.2.8 RESISTENCIA A AGUAS AGRESIVAS (CORROSION AL SULFATO DE MAGNESIO)

El objeto del presente ensayo es determinar el grado de agresividad del Sulfato de magnesio en el mortero patrón y las muestras que tienen cal. Mediante el conocimiento de los distintos procesos de la corrosión, se puede conocer la acción que los diferentes agentes agresivos ejercen sobre el mortero.

De esta forma se puede partir de algunos síntomas, llegar a conocer el proceso de corrosión que se está desarrollando como consecuencia de la acción de un tipo determinado de agua.

El plazo en el que una corrosión puede destruir el mortero de una construcción, es decir, la vida útil de ésta, puede variar según el tipo de construcción, siendo en general de difícil determinación. Los procesos de corrosión existentes en la naturaleza tienen una marcha extremadamente lenta.

El motivo de haber elegido el sulfato de magnesio para observar esta corrosión, es porque el Sulfato de magnesio produce un efecto doble en cuanto a variación de características físicas en el concreto; existe variación de peso y de volumen.

• PROCEDIMIENTO

- Se sacan las muestras de medidas aproximadas 5.x5x5 cm del ambiente de curado.
- Se le seca al horno hasta que no haya variación de peso.
- Se le sumerge en la sustancia corrosiva por 24 horas.
- Saca la muestra de la sustancia corrosiva y se mete al horno por 24 horas.
- Se toman medidas de dimensiones y peso

Se repiten los pasos anteriores hasta llegar como mínimo a 5 ciclos.

• RESULTADOS DE LABORATORIO

En este ensayo se analizó a cada diseño de mortero de cemento con adición de cal para distintas edades como son 7días, 14días, 28días, 55días, 70días y 90días, cada uno con diferentes ciclos de exposición al sulfato de magnesio.

A continuación se presenta cuadros de resultados de laboratorio para la edad de 28 días.

CUADRO No 5.11

Muestra	M1 (25%)	M2 (50%)	M3 (60%)	M4 (75%)	M5 (80%)	Patrón
No Ciclo	variación en Peso (gr)	variación en Peso (gr)	variación en Peso (gr)	variación en Peso (gr)	variación en Peso (gr)	variación en Peso (gr)
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	1.83	2.50	3.50	7.67	5.33	1.50
2	2.67	3.50	4.67	7.83	7.00	1.50
3	2.50	5.17	5.50	11.00	10.83	1.33
4	3.33	4.83	10.67	10.67	8.33	-8.67
5	3.17	6.67	10.00	12.50	10.83	-4.50
6			13.00	11.83	14.17	
7			9.25	12.67	15.50	
8					15.17	

5.2.9 DETERMINACIÓN DEL MODULO ELÁSTICO (ASTM C469-83)

El Modulo de Elasticidad es una propiedad que no es muy estudiado en el mortero por eso no hay mucha información de cómo hallar dicho valor para eso adaptamos el ensayo de Modulo de Elasticidad del concreto para la Investigación en desarrollo, a continuación teoría sobre el Modulo de Elasticidad del Concreto.

Para poder calcular la deformación y la deflexión de los miembros estructurales, tenemos que conocer la relación entre esfuerzo y deformación. En común con la mayoría de los materiales estructurales, el concreto se comporta casi elásticamente cuando la carga se aplica por primera vez.

La importancia del flujo plástico en el concreto estructural radica principalmente en el hecho de que la deformación por flujo plástico es del mismo orden de magnitud que el de la deformación elástica.

La definición elasticidad pura es que la deformación aparece y desaparece inmediatamente al aplicarse y retirase el esfuerzo. Las curvas de esfuerzo deformación ilustra el tipo de elasticidad que presenta el concreto.

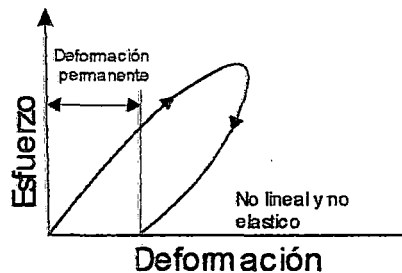


Figura 5.a. Categorías de respuestas del esfuerzo-deformación del concreto.

La categoría del concreto puede describirse como comportamiento no lineal y no elástico, y existe deformación permanente después del retiro de la carga, el área encerrada por las curvas de carga y descarga representa la histéresis. Este comportamiento es típico en el concreto en compresión o tensión cargado con moderados y altos esfuerzos, pero no es pronunciado en esfuerzos muy bajos. La magnitud de las deformaciones observadas y la curvatura de la relación esfuerzo-deformación dependen en alguna extensión del índice de aplicación

del esfuerzo. Cuando la carga se aplica extremadamente rápido (<0.01 seg.), las deformaciones registradas se reducen de manera considerable y la curvatura esfuerzo-deformación llega a ser muy pequeña. Un incremento de 5 seg. a 2 min. En el tiempo de carga puede aumentar la deformación hasta 15%, pero dentro del rango de 2 min. A 10 min., tiempo requerido normalmente para probar una muestra en una máquina de pruebas común, el aumento de la deformación al igual que el grado de comportamiento no lineal es muy pequeño.

La no-linealidad en el concreto en esfuerzos usuales se debe principalmente al flujo plástico; en consecuencia, la demarcación entre las deformaciones elásticas y por flujo plástico resulta difícil. Para propósitos prácticos se hace una distinción arbitraria: la deformación resultante por la aplicación del esfuerzo de diseño se considera elástica (esfuerzo elástico inicial) y el subsecuente incremento en la deformación bajo el esfuerzo de diseño sostenido se considera como flujo plástico. El módulo de elasticidad de carga definida de esta manera es el módulo secante. No existe un método estándar para determinar el módulo secante, pero por lo general se mide con esfuerzos que van de 15 a 50% de la resistencia de corto plazo. Puesto que el módulo secante depende del nivel de esfuerzo y de su grado de aplicación, el esfuerzo y el tiempo tomado para su aplicación deben ser siempre establecidos.

La determinación del módulo de tangente inicial no es fácil, pero se puede obtener un valor aproximado indirectamente: la secante de la curva de esfuerzo-deformación sin descarga es a menudo paralela al módulo tangente inicial, pero éste no siempre es el caso. El módulo tangente inicial es también aproximadamente igual al módulo dinámico. Algunos ciclos de carga y descarga reducen el flujo plástico subsecuente, así la curva esfuerzo-deformación de la carga subsecuente muestra sólo una pequeña curvatura; este método es prescrito por ASTM C469-83. Ya que el esfuerzo o la deformación no se reducen a cero en una máquina de pruebas, sino algún valor pequeño, el módulo es, estrictamente hablando, un módulo de cuerda, aunque este término rara vez se usa. Debe notarse que el módulo determinado por estos métodos se

llama generalmente módulo elástico estático puesto que se determina de una relación experimental esfuerzo-deformación en contradicción con el módulo dinámico.

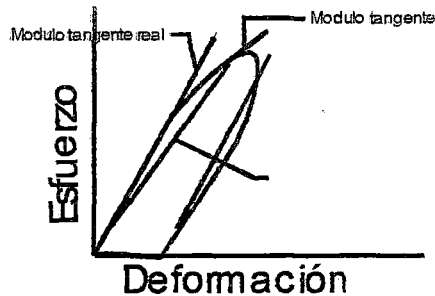


Figura 5.b. Curva característica del esfuerzo-deformación del concreto

Para su determinación existen varios métodos, siendo el más conocido los "Niveles Ópticos", cuyo equipo más usado son los "Espejos de Martens", este método es rápido y no se requiere demasiada preparación para realizarlo.

Se ha considerado en este trabajo el módulo cuerda por ser el más representativo.

Los puntos que difieren la cuerda para la determinación del método respectivo están definidos así:

- El punto de curva esfuerzo-deformación corresponde a una deformación unitaria de 0.5×10^{-4} y su esfuerzo correspondiente.
- El punto de la curva esfuerzo-deformación corresponde el 40% de la resistencia a la compresión y la deformación para este punto, se determina el Módulo elástico.

$$MEET = (E_2 - E_1)/(D_2 - 0.5 \times 10^{-4})$$

Donde:

E_2 : Esfuerzo a la máxima carga en kg/cm^2 (40% de f_c)

E_1 : Esfuerzo cuando la deformación es de 0.5×10^{-4}

D_2 : Deformación unitaria correspondiente al esfuerzo E_2

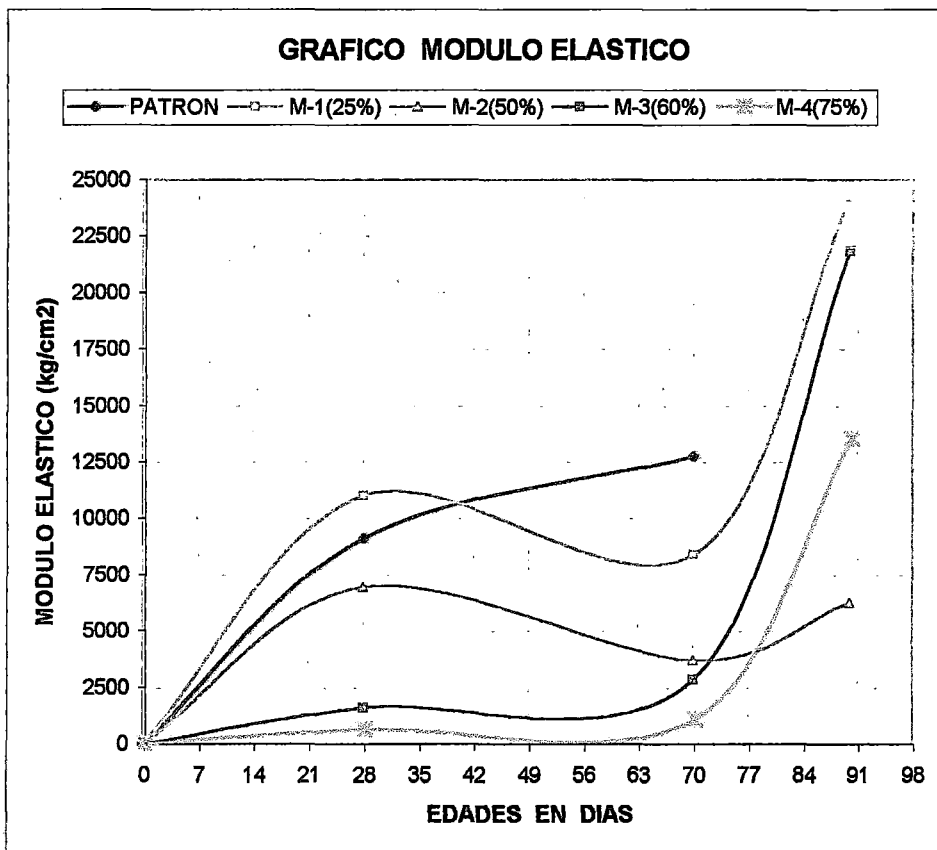
PROCEDIMIENTO

- El ensayo se realiza con probetas de 6" de diámetro y 12" de altura con la capa superior e inferior nivelados con una mezcla de azufre y bentonita (similar que para ensayos de resistencia a la compresión). Se realiza la medición de diámetro y altura de manera similar al ensayo de resistencia a la compresión.
- Se ubica el extensómetro (2 barras de 15 cm de longitud) verticalmente en los extremos opuestos de un diámetro del cilindro de prueba, sujetos por un marco metálico. Se les coloca en el tercio central de la altura del espécimen. Cada barra tiene el extremo 2 uñas con las que logra adherirse a la probeta y en el otro extremo unas rueditas que permiten la colocación entre ambos, del rombo de las varillas que contiene los espejos. Hay que señalar que los extensómetros deben colocarse con las uñas hacia arriba, de tal manera que pueda colocarse los espejos en la parte superior, en las caras anterior y posterior del cilindro de prueba.
- Espejos: En cada extensómetro va una varilla sujeta en su parte central, en donde tiene forma rómbica, por las rueditas del extensómetro (el rombo es de 5 mm); en su extremo tiene un espejito de 1.5 cm. De lado (de forma cuadrada) que al aplicarse la carga pueden girar con la varilla respecto a ella misma.
- Lentes: Instalados en un trípode 2 anteojos, con los que se pueden divisar los espejos correspondientemente al lado en el que están ubicadas y a través de los espejos divisar las reglas graduadas en cm. que se encuentran cada un junto al antejo.
- El trípode debe ubicarse de tal modo que la distancia entre la regla y el espejo en los dos casos sea de 1.25 mts.

• RESULTADO DE LABORATORIO

CUADRO No 5.12

EDAD DIAS	PATRON (0%) (kg/cm ²)	M-1 (25%) (kg/cm ²)	M-2 (50%) (kg/cm ²)	M-3 (60%) (kg/cm ²)	M-4(75%) (kg/cm ²)
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
28	9125.000	11000.000	6960.784	1592.593	623.932
70	12769.231	8391.304	3732.394	2849.462	1089.552
90		24285.714	6226.415	21818.182	13529.412



A los 90 días de edad las probetas ensayadas con 25%, 60% y 75% de cal superan a la muestra patrón, los puntos de quiebre que presentan algunas curvas son puntos que se disparan en valor esto se explica en el CAPITULO VI y VII.

CAPITULO VI

TENDENCIA DE CURVA DE RESULTADO POR METODO ESTADISTICO

En este capítulo analizamos las curvas obtenidas en el mortero endurecido específicamente en los Ensayos de Compresión, Tracción, Flexión y Absorción para poder entender su proyección, mediante el análisis de regresión para hallar las ecuaciones de las curvas y asumir una tendencia correcta de los valores en estudio.

ANÁLISIS DE REGRESIÓN

Se entiende por Análisis de Regresión, el desarrollar una ecuación de estimación o en forma práctica al encontrar una fórmula matemática que relacione variables conocidas. Para la validez estadística del análisis de regresión es necesario que ciertas condiciones sean satisfechas:

- En que primer lugar, la variable X , llamada variable independiente, de cuyos valores se harán predicciones, tienen valores fijos y conocidos. En cambio Y , llamada variable dependiente, es una variable aleatoria.
- Todos los arreglos de Y tienen variación común.
- Para cada valor fijo de X existe un conjunto de valores de Y que constituyen un arreglo se distribuyen normalmente.
- La relación existente entre X e Y establece una dependencia del tipo $Y = F(x)$.

ANÁLISIS DE CORRELACIÓN

El coeficiente de correlación "r", es pues una medida de la proximidad del ajuste de la recta de regresión.

Cuando mayor sea el valor absoluto de "r", mejor será el ajuste y mas útil de recta de regresión como instrumento de predicciones esta contexto básico diremos que hay una creación significativa entre 2 variables cuantitativas, si el coeficiente de correlación $r > = 0.7$ o si $r = < -0.7$.

Donde : "r" pertenece al rango de $[-1,1]$

Interpretación :

Si "r" > 0, se dice que existe una correlación directa positiva, ambas variables aumenta (o disminuyen) simultáneamente.

Si "r" < 0, se dice que existe una correlación inversa negativa, mientras los valores de una variable aumenta, los de la otra disminuye y viceversa.

Si "r" = 1, se dice que hay una correlación perfecta positiva.

Si "r" = -1, se dice que hay una correlación perfecta negativa

Si "r" = 0, se dice que no hay correlación entre las dos variables.

TENDENCIA DE CURVA DE RESULTADO DE COMPRESION

Diseño Patron : 1 - 0 - 3

Material : cement. - cal - arena.

RECTA DE REGRESION DE MINIMOS CUADRADOS

$$Y = A + B \times X$$

n = 3 Numero de edades

X	Y	XY	X ²	Y ²	Y corregido
3	101.800	305.400	9	10363.240	101.800
7	126.000	882.000	49	15876.000	126.000
14	150.000	2100.000	196	22500.000	150.000
28	154.000	4312.000	784	23716.000	154.000
55	155.333	8543.315	3025	24128.341	155.666
70	156.500	10955.000	4900	24492.250	155.917
90	156.000	14040.000	8100	24336.000	156.250

215 467.833 33538.315 16025 72956.591

Xprom Yprom B = 0.017

71.67 155.94

A = 154.749

r = 0.5001

REGRESION NO LINEAL EXPONENCIAL

$$Y = A \times B^X$$

Transformacion lineal : $\log Y = \log A + (\log B) \times X$

Donde : N = log Y

a = log A

b = log B

X	Y	N	XN	X ²	N ²	Y corregido
3	101.800	2.008	6.023	9	4.031	101.800
7	126.000	2.100	14.703	49	4.412	126.000
14	150.000	2.176	30.465	196	4.735	150.000
28	154.000	2.188	61.251	784	4.785	154.000
55	155.333	2.191	120.520	3025	4.802	155.665
70	156.500	2.195	153.616	4900	4.816	155.916
90	156.000	2.193	197.381	8100	4.810	156.250

215 6.579 471.517 16025 14.427

X prom N prom b = 0.000047

71.67

2.19

a = 2.190

r = 0.501

REGRESION NO LINEAL POTENCIA

$$Y = A \times X^B$$

Donde :

Transformacion lineal :

N = log Y

M = log X

 $\log Y = \log A + B \times \log X$

a = log A

b = B

X	M	Y	N	MN	M ²	N ²	Y corregido
3	0.477	101.800	2.008	0.958	0.228	4.031	101.800
7	0.845	126.000	2.100	1.775	0.714	4.412	126.000
14	1.146	150.000	2.176	2.494	1.314	4.735	150.000
28	1.447	154.000	2.188	3.166	2.094	4.785	154.000
55	1.740	155.333	2.191	3.814	3.029	4.802	155.618
70	1.845	156.500	2.195	4.049	3.404	4.816	155.939
90	1.954	156.000	2.193	4.286	3.819	4.810	156.275

5.540 6.579 12.149 10.252 14.427

M prom N prom b = 0.009

1.847

2.193

a = 2.177

r = 0.5607

REGRESION NO LINEAL HIPERBOLICA

$$Y = 1 / (A + B \times X)$$

Transformacion lineal : $1/Y = A + B \times X$

Donde :

$$N = 1/Y$$

X	Y	N	XN	X ²	N ²	Y corregido
3	101.800	0.010	0.029	9	0.00010	101.800
7	126.000	0.008	0.056	49	0.00006	126.000
14	150.000	0.007	0.093	196	0.00004	150.000
28	154.000	0.006	0.182	784	0.00004	154.000
55	155.333	0.006	0.354	3025	0.00004	155.664
70	156.500	0.006	0.447	4900	0.00004	155.915
90	156.000	0.006	0.577	8100	0.00004	156.250
215		0.019	1.378	16025	0.00012	
X prom		N prom	b =	-0.00000069		
71.66667		0.006	a =	0.006	r =	-0.501939

Cuadro de Resumen de Curva de Tendencia

Indice Correlacion	Minimos Cuadrados	Exponencial	Potencia	Hiperbolica
r	0.5001	0.5010	0.5607	-0.5019

Observando el cuadro de resumen podemos darnos cuenta que la mejor tendencia nos la da la Regresion no Lineal Potencia, por lo que decidimos tomarlo como ajuste de nuestros datos.

A continuacion presentaremos el cuadro final de resistencia a compresion para el diseño - M-P. ver grafico.

Edad	Tendencia de Resistencia Final Diseño - Patron.
3	101.800
7	126.000
14	150.000
28	154.000
55	155.618
70	155.939
90	156.275

Diseño - M1 : 3/4 - 1/4 - 3
 Material : cement. - cal - arena.

RECTA DE REGRESION DE MINIMOS CUADRADOS

$Y = A + B \times X$

n = 9 Numero de edades

X	Y	XY	X ²	Y ²	Y corregido
1	41.000	41.000	1	1681.000	71.208
3	66.330	198.990	9	4399.669	73.499
7	78.431	549.017	49	6151.422	78.081
14	104.807	1467.298	196	10984.507	86.100
28	106.296	2976.288	784	11298.840	102.138
55	151.971	8358.405	3025	23095.185	133.069
70	164.000	11480.000	4900	26896.000	150.253
90	176.916	15922.440	8100	31299.271	173.165
120	185.294	22235.280	14400	34333.866	207.532
388	1075.045	63228.718	31464	150139.760	
X _{prom}	Y _{prom}		B = 1.146		
43.11	119.45		A = 70.062		r = 0.9435

REGRESION NO LINEAL EXPONENCIAL

$Y = A \times B^X$

Transformacion lineal : $\log Y = \log A + (\log B) \times X$

Donde : N = log Y

a = log A

b = log B

X	Y	N	XN	X ²	N ²	Y corregido
1	41.000	1.613	1.613	1	2.601	69.535
3	66.330	1.822	5.465	9	3.319	70.994
7	78.431	1.894	13.261	49	3.589	74.003
14	104.807	2.020	28.285	196	4.082	79.579
28	106.296	2.027	56.742	784	4.107	92.024
55	151.971	2.182	119.997	3025	4.760	121.787
70	164.000	2.215	155.039	4900	4.906	142.302
90	176.916	2.248	202.299	8100	5.052	175.129
120	185.294	2.268	272.143	14400	5.143	239.100
388		18.288	854.846	31464	37.559	
X _{prom}		N _{prom}		b = 0.004507		
43.11		2.03		a = 1.838		r = 0.868

REGRESION NO LINEAL POTENCIA

$Y = A \times X^B$

Donde :

N = log Y

M = log X

Transformacion lineal :

$\log Y = \log A + B \times \log X$

a = log A

b = B

X	M	Y	N	MN	M ²	N ²	Y corregido
1	0.000	41	1.613	0.000	0.000	2.601	43.496
3	0.477	66.33	1.822	0.869	0.228	3.319	60.949
7	0.845	78.431	1.894	1.601	0.714	3.589	79.062
14	1.146	104.807	2.020	2.316	1.314	4.082	97.817
28	1.447	106.296	2.027	2.933	2.094	4.107	121.019
55	1.740	151.971	2.182	3.797	3.029	4.760	148.900
70	1.845	164	2.215	4.087	3.404	4.906	160.345
90	1.954	176.916	2.248	4.393	3.819	5.052	173.210
120	2.079	185.294	2.268	4.715	4.323	5.143	189.208
	11.534		18.288	24.710	18.925	37.559	
	M _{prom}		N _{prom}		b = 0.307		
	1.282		2.032		a = 1.638		r = 0.9919

REGRESION NO LINEAL HIPERBOLICA

$$Y = 1 / (A + B \times X)$$

Transformacion lineal : $1/Y = A + B \times X$
 Donde :

$$N = 1/Y$$

X	Y	N	XN	X^2	N^2	Y corregido
1	41.000	0.024	0.024	1	0.00059	66.282
3	66.330	0.015	0.045	9	0.00023	67.244
7	78.431	0.013	0.089	49	0.00016	69.254
14	104.807	0.010	0.134	196	0.00009	73.076
28	106.296	0.009	0.263	784	0.00009	82.143
55	151.971	0.007	0.362	3025	0.00004	107.981
70	164.000	0.006	0.427	4900	0.00004	130.847
90	176.916	0.006	0.509	8100	0.00003	182.325
120	185.294	0.005	0.648	14400	0.00003	444.845
388		0.095	2.501	31464	0.00131	
X prom		N prom.		b =	-0.00010789	
43.1111		0.011		a =	0.015	r = -0.749562

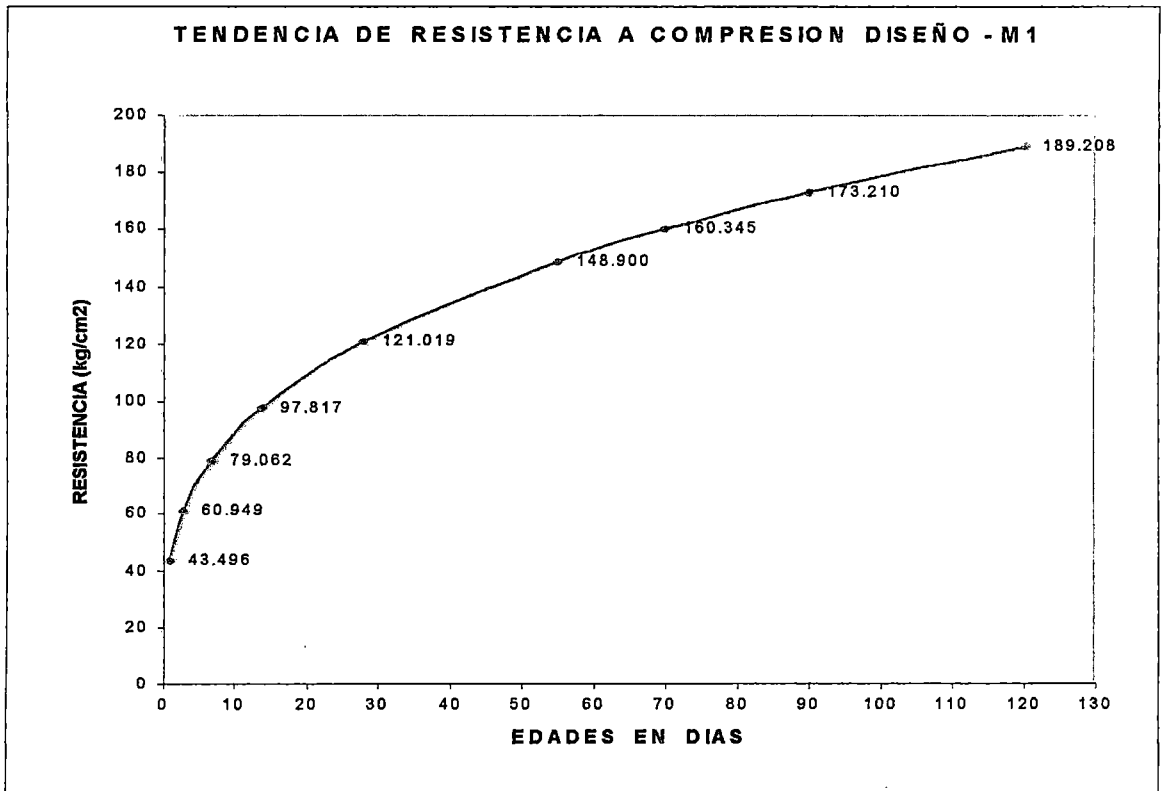
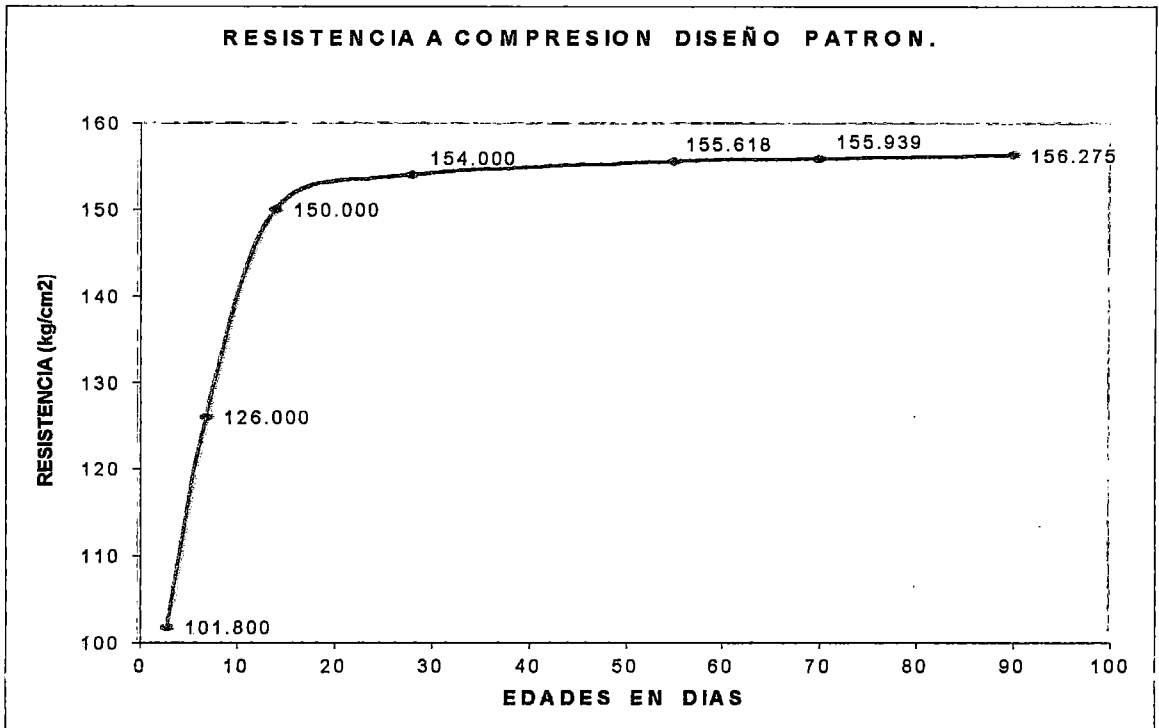
Cuadro de Resumen de Coeficiente de Tendencia

Indice Correlacion	Minimos Cuadrados	Exponencial	Potencia	Hiperbolica
r	0.9435	0.8683	0.9919	-0.7496

Observando el cuadro de resumen podemos darnos cuenta que la mejor tendencia nos la da la Regresion no Lineal Potencia, por lo que decidimos tomarlo como ajuste de nuestros datos.

A continuacion presentaremos el cuadro final de resistencia a compresion para el diseño - M1. ver grafico .

Edad	Tendencia de Resistencia Final Diseño - M1
1	43.496
3	60.949
7	79.062
14	97.817
28	121.019
55	148.900
70	160.345
90	173.210
120	189.208



Diseño - M2 : 1/2 - 1/2 - 3
Material : cement. - cal - arena.

RECTA DE REGRESION DE MINIMOS CUADRADOS

$$Y = A + B \times X$$

n = 7 Numero de edades

X	Y	XY	X ²	Y ²	Y corregido
3	20.000	60.000	9	400.000	35.618
7	33.319	233.233	49	1110.156	37.190
14	48.219	675.066	196	2325.072	39.941
28	60.000	1680.000	784	3600.000	45.445
55	60.670	3336.850	3025	3680.849	56.058
70	61.306	4291.420	4900	3758.426	61.954
90	62.506	5625.540	8100	3907.000	69.815
267	346.020	15902.109	17063	18781.502	

X_{prom} Y_{prom} B = 0.393
38.14 49.43 A = 34.438

r = 0.7960

REGRESION NO LINEAL EXPONENCIAL

$$Y = A \times B^X$$

Transformacion lineal : $\log Y = \log A + (\log B) \times X$

Donde : N = log Y

a = log A

b = log B

X	Y	N	XN	X ²	N ²	Y corregido
3	20.000	1.301	3.903	9	1.693	33.101
7	33.319	1.523	10.659	49	2.319	34.380
14	48.219	1.683	23.565	196	2.833	36.738
28	60.000	1.778	49.788	784	3.162	41.951
55	60.670	1.783	98.064	3025	3.179	54.186
70	61.306	1.788	125.125	4900	3.195	62.465
90	62.506	1.796	161.633	8100	3.225	75.502
267		11.651	472.737	17063	19.606	

X_{prom} N_{prom} b = 0.004116
38.14 1.66 a = 1.507

r = 0.742

REGRESION NO LINEAL POTENCIA

$$Y = A \times X^B$$

Donde :

N = log Y

M = log X

Transformacion lineal :

 $\log Y = \log A + B \times \log X$

a = log A

b = B

X	M	Y	N	MN	M ²	N ²	Y corregido
3	0.477	20.000	1.301	0.621	0.228	1.693	24.345
7	0.845	33.319	1.523	1.287	0.714	2.319	31.882
14	1.146	48.219	1.683	1.929	1.314	2.833	39.753
28	1.447	60.000	1.778	2.573	2.094	3.162	49.566
55	1.740	60.670	1.783	3.103	3.029	3.179	61.449
70	1.845	61.306	1.788	3.298	3.404	3.195	66.352
90	1.954	62.506	1.796	3.510	3.819	3.225	71.878
	9.455		11.651	16.321	14.602	19.606	

M_{prom} N_{prom} b = 0.318
1.351 1.664 a = 1.235

r = 0.9355

REGRESION NO LINEAL HIPERBOLICA

$$Y = 1 / (A + B \times X)$$

Transformacion lineal : $1/Y = A + B \times X$

Donde :

$$N = 1/Y$$

X	Y	N	XN	X^2	N^2	Y corregido
3	20.000	0.050	0.150	9	0.00250	30.670
7	33.319	0.030	0.210	49	0.00090	31.649
14	48.219	0.021	0.290	196	0.00043	33.521
28	60.000	0.017	0.467	784	0.00028	38.020
55	60.670	0.016	0.907	3025	0.00027	51.298
70	61.306	0.016	1.142	4900	0.00027	63.646
90	62.506	0.016	1.440	8100	0.00026	93.729
267		0.166	4.605	17063	0.00490	
X prom		N prom		b =	-0.00025214	
38.1429		0.024		a =	0.033	r = -0.676438

Cuadro de Resumen de Curva de Tendencia

Indice Correlacion	Minimos Cuadrados	Exponencial	Potencia	Hiperbolica
r	0.7960	0.7416	0.9355	-0.6764

Observando el cuadro de resumen podemos darnos cuenta que la mejor tendencia nos la da la Regresion no Lineal Potencia, por lo que decidimos tomarlo como ajuste de nuestros datos.

A continuacion presentaremos el cuadro final de resistencia a compresion para el diseño - M2. ver grafico .

Edad	Tendencia de Resistencia Final Diseño - M2
3	24.345
7	31.882
14	39.753
28	49.566
55	61.449
70	66.352
90	71.878

Diseño - M3 : 2/5 - 3/5 - 3
 Material : cement. - cal - arena.

RECTA DE REGRESION DE MINIMOS CUADRADOS

$$Y = A + B \times X$$

n = 7 Numero de edades

X	Y	XY	X ²	Y ²	Y corregido
3	8.500	25.500	9	72.250	19.570
7	18.000	126.000	49	324.000	20.887
14	29.150	408.100	196	849.723	23.191
28	37.325	1045.100	784	1393.156	27.799
55	39.878	2193.290	3025	1590.255	36.687
70	44.000	3080.000	4900	1936.000	41.624
90	41.112	3700.080	8100	1690.197	48.207

267 217.965 10578.070 17063 7855.580
 Xprom Yprom B = 0.329
 38.14 31.14 A = 18.583 r = 0.8351

REGRESION NO LINEAL EXPONENCIAL

$$Y = A \times B^X$$

Transformacion lineal : $\log Y = \log A + (\log B) \times X$

Donde : N = log Y

a = log A

b = log B

X	Y	N	XN	X ²	N ²	Y corregido
3	8.500	0.929	2.788	9	0.864	17.207
7	18.000	1.255	8.787	49	1.576	18.153
14	29.150	1.465	20.505	196	2.145	19.935
28	37.325	1.572	44.016	784	2.471	24.043
55	39.878	1.601	88.040	3025	2.562	34.505
70	44.000	1.643	115.042	4900	2.701	42.175
90	41.112	1.614	145.257	8100	2.605	55.117

267 10.079 424.435 17063 14.924
 X prom N prom b = 0.005811
 38.14 1.44 a = 1.218 r = 0.752

REGRESION NO LINEAL POTENCIA

$$Y = A \times X^B$$

Donde :

N = log Y

M = log X

Transformacion lineal :

 $\log Y = \log A + B \times \log X$

a = log A

b = B

X	M	Y	N	MN	M ²	N ²	Y corregido
3	0.477	8.500	0.929	0.443	0.228	0.864	11.241
7	0.845	18.000	1.255	1.061	0.714	1.576	16.394
14	1.146	29.150	1.465	1.679	1.314	2.145	22.325
28	1.447	37.325	1.572	2.275	2.094	2.471	30.400
55	1.740	39.878	1.601	2.786	3.029	2.562	41.065
70	1.845	44.000	1.643	3.032	3.404	2.701	45.722
90	1.954	41.112	1.614	3.154	3.819	2.605	51.138

9.455 10.079 14.430 14.602 14.924
 M prom N prom b = 0.445
 1.351 1.440 a = 0.838 r = 0.9408

REGRESION NO LINEAL HIPERBOLICA

$$Y = 1 / (A + B \times X)$$

Transformacion lineal : $1/Y = A + B \times X$
 Donde :

$$N = 1/Y$$

X	Y	N	XN	X ²	N ²	Y corregido
3	8.500	0.118	0.353	9	0.01384	14.913
7	18.000	0.056	0.389	49	0.00309	15.527
14	29.150	0.034	0.480	196	0.00118	16.732
28	37.325	0.027	0.750	784	0.00072	19.804
55	39.878	0.025	1.379	3025	0.00063	30.666
70	44.000	0.023	1.591	4900	0.00052	44.104
90	41.112	0.024	2.189	8100	0.00059	106.093
267		0.306	7.132	17063	0.02056	
X prom		N prom	b =	-0.00066239		
38.14286		0.044	a =	0.069	r =	-0.649937

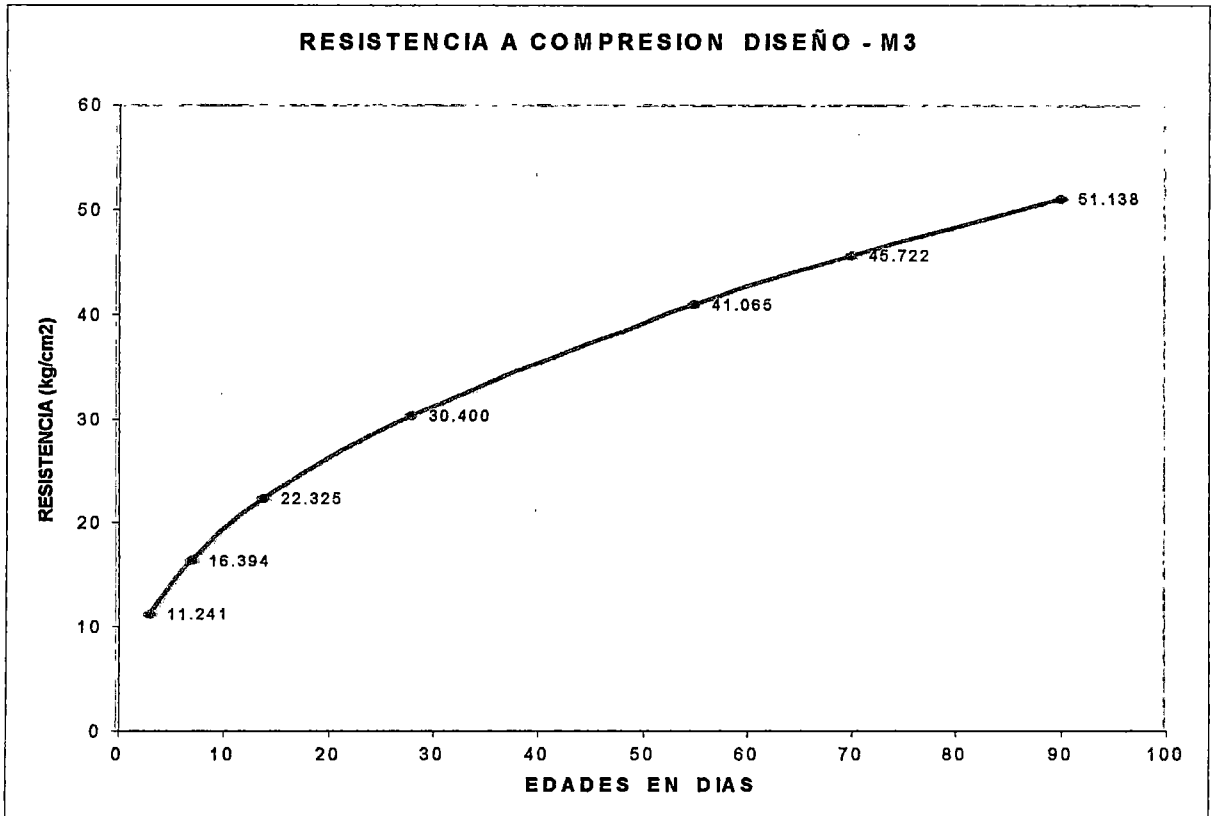
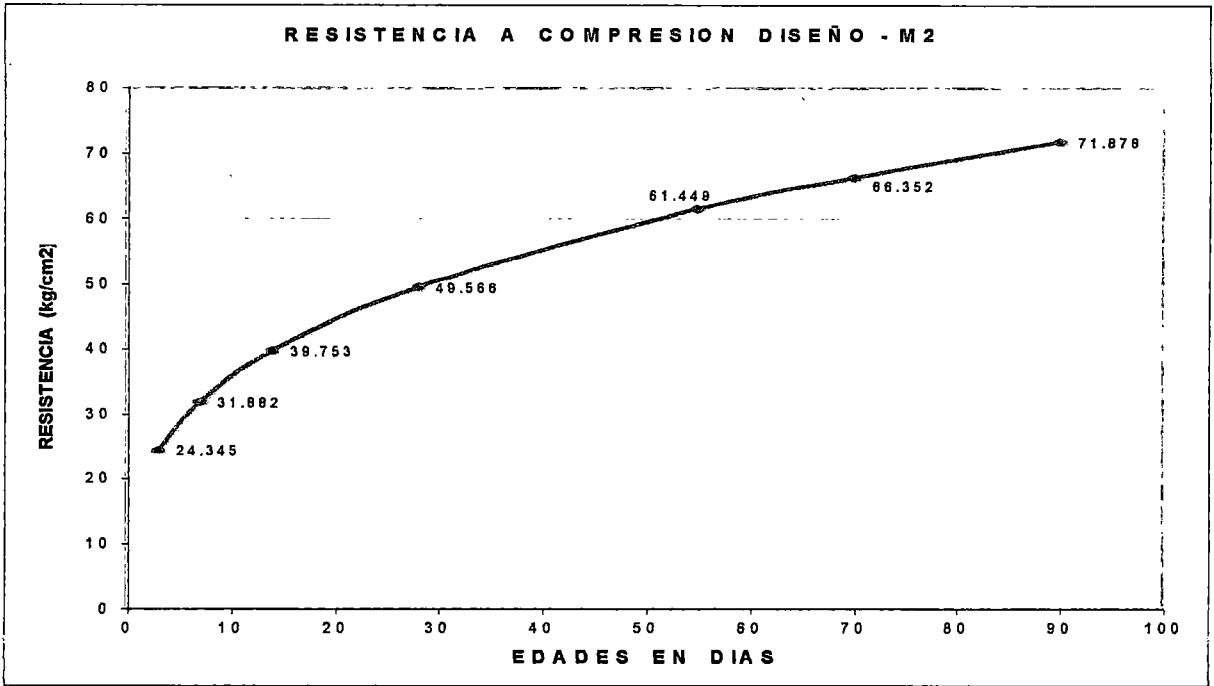
Cuadro de Resumen de Curva de Tendencia

Indice Correlacion	Minimos Cuadrados	Exponencial	Potencia	Hiperbolica
r	0.8351	0.7524	0.9408	-0.6499

Observando el cuadro de resumen podemos darnos cuenta que la mejor tendencia nos la da la Regresion no Lineal Potencia, por lo que decidimos tomarlo como ajuste de nuestros datos.

A continuacion presentaremos el cuadro final de resistencia a compresion para el diseño - M3. ver grafico .

Edad	Tendencia de Resistencia Final Diseño - M3
3	11.241
7	16.394
14	22.325
28	30.400
55	41.065
70	45.722
90	51.138



Diseño - M4 : 1/4 - 3/4 - 3
 Material : cement. - cal - arena.

RECTA DE REGRESION DE MINIMOS CUADRADOS

$Y = A + B \times X$

n = 7 Numero de edades

X	Y	XY	X^2	Y^2	Y corregido
3	9.184	27.552	9	84.346	9.030
7	10.204	71.428	49	104.122	9.822
14	12.400	173.600	196	153.760	11.207
28	15.618	437.304	784	243.922	13.977
55	16.000	880.000	3025	256.000	19.319
70	16.218	1135.260	4900	263.024	22.287
90	32.261	2903.490	8100	1040.772	26.244

267 111.885 5628.634 17063 2145.945

X_{prom} Y_{prom} B = 0.198

38.14 15.98 A = 8.437

r = 0.8677

REGRESION NO LINEAL EXPONENCIAL

$Y = A \times B^X$

Transformacion lineal : $\log Y = \log A + (\log B) \times X$

Donde : N = log Y

a = log A

b = log B

X	Y	N	XN	X^2	N^2	Y corregido
3	9.184	0.963	2.889	9	0.927	9.968
7	10.204	1.009	7.061	49	1.018	10.423
14	12.400	1.093	15.308	196	1.196	11.269
28	15.618	1.194	33.422	784	1.425	13.173
55	16.000	1.204	66.227	3025	1.450	17.801
70	16.218	1.210	84.700	4900	1.464	21.043
90	32.261	1.509	135.781	8100	2.276	26.300

267 8.182 345.387 17063 9.755

X_{prom} N_{prom} b = 0.004843

38.14 1.17 a = 0.984

r = 0.915

REGRESION NO LINEAL POTENCIA

$Y = A \times X^B$

Donde : Transformacion lineal : $\log Y = \log A + B \times \log X$

N = log Y M = log X

f = log A + B * LOG X

a = log A b = B

X	M	Y	N	MN	M^2	N^2	Y corregido
3	0.477	9.184	0.963	0.459	0.228	0.927	8.350
7	0.845	10.204	1.009	0.853	0.714	1.018	10.612
14	1.146	12.400	1.093	1.253	1.314	1.196	12.910
28	1.447	15.618	1.194	1.727	2.094	1.425	15.706
55	1.740	16.000	1.204	2.096	3.029	1.450	19.011
70	1.845	16.218	1.210	2.233	3.404	1.464	20.353
90	1.954	32.261	1.509	2.948	3.819	2.276	21.853

9.455 8.182 11.569 14.602 9.755

M_{prom} N_{prom} b = 0.283

1.351 1.169 a = 0.787

r = 0.8717

REGRESION NO LINEAL HIPERBOLICA

$$Y = 1 / (A + B \times X)$$

Transformacion lineal : $1/Y = A + B \times X$

Donde :

$$N = 1/Y$$

X	Y	N	XN	X^2	N^2	Y corregido
3	9.184	0.109	0.327	9	0.01186	10.292
7	10.204	0.098	0.686	49	0.00960	10.599
14	12.400	0.081	1.129	196	0.00650	11.185
28	15.618	0.064	1.793	784	0.00410	12.572
55	16.000	0.063	3.438	3025	0.00391	16.528
70	16.218	0.062	4.316	4900	0.00380	20.029
90	32.261	0.031	2.790	8100	0.00096	27.911

267	0.507	14.478	17063	0.04073	
X prom 38.1429	N prom 0.072		b = -0.00070501		r = -0.918569
			a = 0.099		

Cuadro de Resumen de Coeficiente de Tendencia

Indice Correlacion	Minimos Cuadrados	Exponencial	Potencia	Hiperbolica
r	0.8677	0.9150	0.8717	-0.9186

Observando el cuadro de resumen podemos darnos cuenta que la mejor tendencia nos la da la Regresion no Lineal Hiperbolica, por lo que decidimos tomarlo como ajuste de nuestros datos

A continuacion presentaremos el cuadro final de resistencia a compresion para el diseño - M4. ver grafico .

Edad	Tendencia de Resistencia Final Diseño - M4
3	10.292
7	10.599
14	11.185
28	12.572
55	16.528
70	20.029
90	27.911

Diseño - M5 : 1/5 - 4/5 - 3
 Material : cement. - cal - arena.

RECTA DE REGRESION DE MINIMOS CUADRADOS

$Y = A + B \times X$

n = 7 Numero de edades

X	Y	XY	X ²	Y ²	Y corregido
3	5.714	17.142	9	32.650	6.751
7	7.143	50.001	49	51.022	7.072
14	7.211	100.954	196	51.999	7.634
28	11.097	310.716	784	123.143	8.759
55	10.544	579.920	3025	111.176	10.928
70	11.381	796.670	4900	129.527	12.133
90	13.927	1253.430	8100	193.961	13.740

267 67.017 3108.833 17063 693.479
 X_{prom} Y_{prom} B = 0.080
 38.14 9.57 A = 6.510 r = 0.9252

REGRESION NO LINEAL EXPONENCIAL

$Y = A \times B^X$

Transformacion lineal : $\log Y = \log A + (\log B) \times X$

Donde : N = log Y a = log A b = log B

X	Y	N	XN	X ²	N ²	Y corregido
3	5.714	0.757	2.271	9	0.573	6.779
7	7.143	0.854	5.977	49	0.729	7.016
14	7.211	0.858	12.012	196	0.736	7.451
28	11.097	1.045	29.266	784	1.092	8.405
55	10.544	1.023	56.265	3025	1.047	10.603
70	11.381	1.056	73.933	4900	1.116	12.063
90	13.927	1.144	102.947	8100	1.308	14.328

267 6.737 282.671 17063 6.601
 X_{prom} N_{prom} b = 0.003736
 38.14 0.96 a = 0.820 r = 0.905

REGRESION NO LINEAL POTENCIA

$Y = A \times X^B$

Transformacion lineal :

$\log Y = \log A + B \times \log X$

Donde : N = log Y M = log X
 a = log A b = B

X	M	Y	N	MN	M ²	N ²	Y corregido
3	0.477	5.714	0.757	0.361	0.228	0.573	5.635
7	0.845	7.143	0.854	0.722	0.714	0.729	6.918
14	1.146	7.211	0.858	0.983	1.314	0.736	8.183
28	1.447	11.097	1.045	1.513	2.094	1.092	9.678
55	1.740	10.544	1.023	1.780	3.029	1.047	11.397
70	1.845	11.381	1.056	1.949	3.404	1.116	12.082
90	1.954	13.927	1.144	2.235	3.819	1.308	12.840

9.455 6.737 9.543 14.602 6.601
 M_{prom} N_{prom} b = 0.242
 1.351 0.962 a = 0.635 r = 0.9571

REGRESION NO LINEAL HIPERBOLICA

$$Y = 1 / (A + B \times X)$$

Transformacion lineal : $Y = A + B \times X$

Donde :

$$N = 1/Y$$

X	Y	N	XN	X ²	N ²	Y corregido
3	5.714	0.175	0.525	9	0.03063	6.756
7	7.143	0.140	0.980	49	0.01960	6.937
14	7.211	0.139	1.941	196	0.01923	7.279
28	11.097	0.090	2.523	784	0.00812	8.074
55	10.544	0.095	5.216	3025	0.00899	10.231
70	11.381	0.088	6.151	4900	0.00772	12.013
90	13.927	0.072	6.462	8100	0.00516	15.648
267		0.798	23.799	17063	0.09945	
X prom		N prom		b =	-0.00096686	
38.1429		0.114		a =	0.151	r = -0.874531

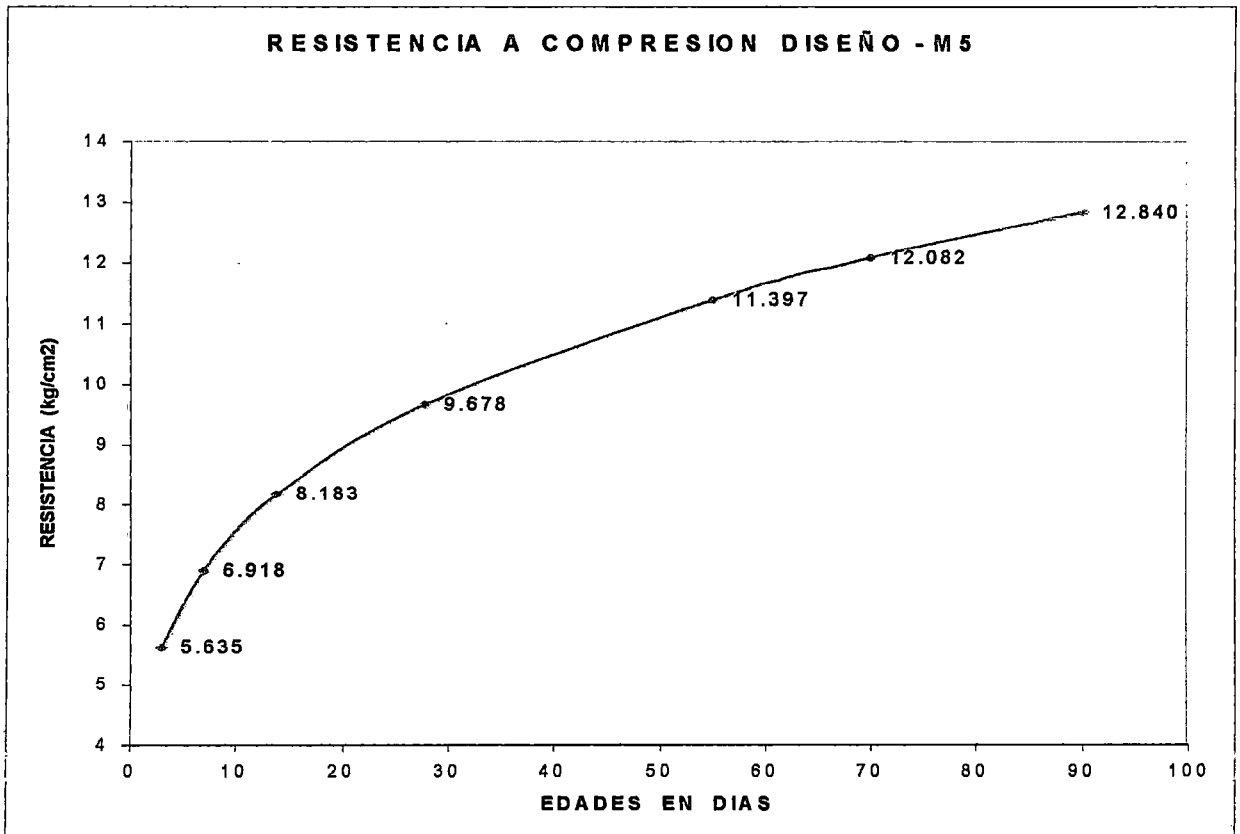
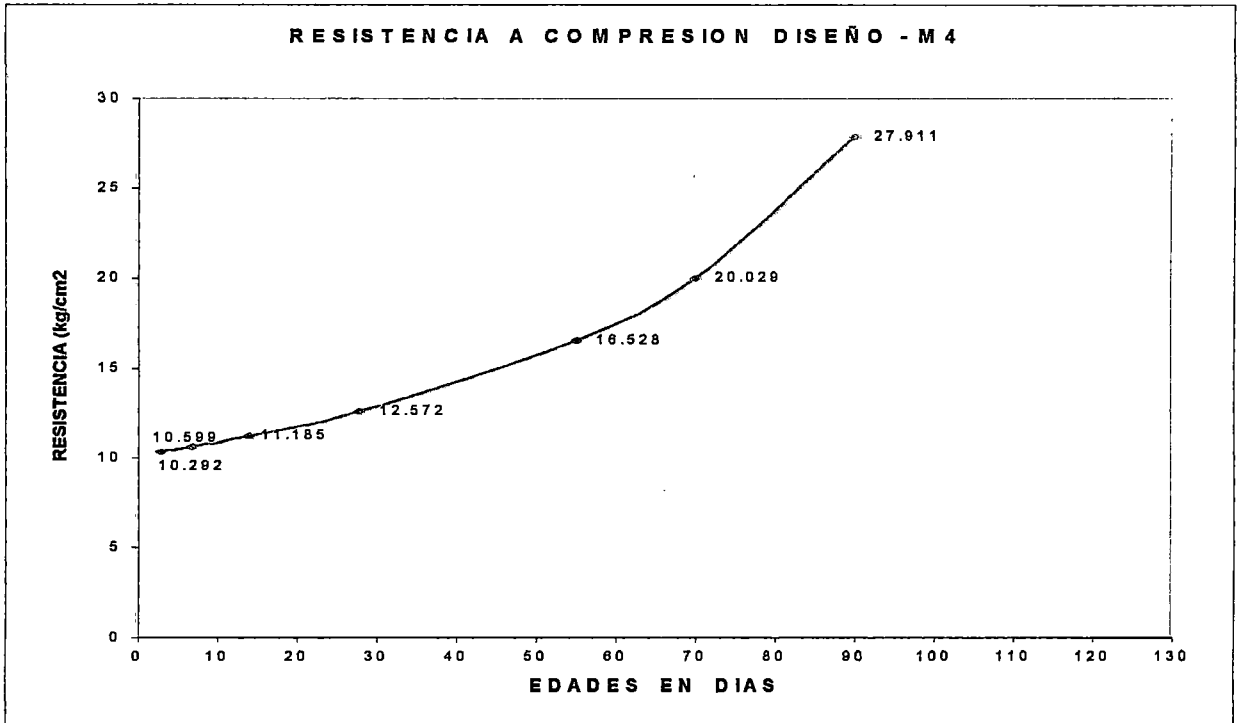
Cuadro de Resumen de Curva de Tendencia

Indice Correlacion	Minimos Cuadrados	Exponencial	Potencia	Hiperbolica
r	0.9252	0.9054	0.9571	-0.8745

Observando el cuadro de resumen podemos darnos cuenta que la mejor tendencia nos la da la Regresion no Lineal Potencia, por lo que decidimos tomarlo como ajuste de nuestros de

A continuacion presentaremos el cuadro final de resistencia a compresion para el diseño - M ver grafico.

Edad	Tendencia de Resistencia Final Diseño - M5
3	5.635
7	6.918
14	8.183
28	9.678
55	11.397
70	12.082
90	12.840



TENDENCIA DE CURVA DE RESISTENCIA A TRACCION

Diseño - Patron : 1 - 0 - 3
Material : cemt. - cal - arena.

RECTA DE REGRESION DE MINIMOS CUADRADOS

$$Y = A + B \times X$$

n = 4 Numero de edades

X	Y	XY	X ²	Y ²	Y corregido
7	15.813	110.691	49	250.051	15.738
14	16.692	233.688	196	278.623	16.460
28	17.418	487.704	784	303.387	17.904
55	20.868	1147.740	3025	435.473	20.689

104 70.791 1979.823 4054 1267.534
 Xprom Yprom B = 0.103
 26.00 17.70 A = 15.016 r = 0.9888

REGRESION NO LINEAL EXPONENCIAL

$$Y = A \times B^X$$

Donde : N = log Y Transformacion lineal : log Y = log A + (log B) * X
 a = log A b = log B

X	Y	N	YN	X ²	N ²	Y corregido
7	15.813	1.199	8.393	49	1.438	15.817
14	16.692	1.223	17.115	196	1.495	16.452
28	17.418	1.241	34.748	784	1.540	17.798
55	20.868	1.319	72.571	3025	1.741	20.715

104 4.982 132.828 4054 6.213
 X prom N prom b = 0.002441
 26.00 1.25 a = 1.182 r = 0.992

REGRESION NO LINEAL POTENCIA

$$Y = A \times X^B$$

Donde : N = log Y Transformacion lineal : log Y = log A + B * LOG X
 a = log A M = log X b = B

X	M	Y	N	MN	M ²	N ²	Y corregido
7	0.845	15.813	1.199	1.013	0.714	1.438	15.433
14	1.146	16.692	1.223	1.401	1.314	1.495	16.852
28	1.447	17.418	1.241	1.796	2.094	1.540	18.401
55	1.740	20.868	1.319	2.296	3.029	1.741	20.047

5.179 4.982 6.507 7.151 6.213
 M prom N prom b = 0.127
 1.295 1.246 a = 1.081 r = 0.9368

REGRESION NO LINEAL HIPERBOLICA

$$Y = 1 / (A + B \times X)$$

Transformacion lineal : $Y = A + B \times X$

Donde :

$$N = 1/Y$$

X	Y	N	XN	X^2	N^2	Y corregido
7	15.813	0.063	0.443	49	0.00400	15.880
14	16.692	0.060	0.839	196	0.00359	16.443
28	17.418	0.057	1.608	784	0.00330	17.698
55	20.868	0.048	2.636	3025	0.00230	20.753

104	0.228	5.525	4054	0.01318
X prom	N prom	b =	-0.00030810	
26	0.057	a =	0.065	r = -0.993088

Cuadro de Resumen de Curva de Tendencia

Indice Correlacion	Minimos Cuadrados	Exponencial	Potencia	Hiperbolica
r	0.9888	0.9915	0.9368	-0.9931

Observando el cuadro de resumen podemos darnos cuenta que la mejor tendencia nos la da la Regresion no Lineal Hiperbolica, por lo que decidimos tomarlo como ajuste de nuestros d:

A continuacion presentaremos el cuadro final de resistencia a traccion para el diseño - Patron ver grafico siguiente pagina.

Edad	Tendencia de Resistencia Final Diseño - Patron
7	15.879
14	16.442
28	17.697
55	20.753

Diseño - M1 : 3/4 - 1/4 - 3
 Material : cemt. - cal - arena.

RECTA DE REGRESION DE MINIMOS CUADRADOS

$$Y = A + B \times X$$

n = 6 Numero de edades

X	Y	XY	X ²	Y ²	Y corregido
7	14.656	102.592	49	214.798	13.277
14	10.886	152.404	196	118.505	14.715
28	20.237	566.636	784	409.536	17.592
55	24.759	1361.745	3025	613.008	23.141
70	24.022	1681.540	4900	577.056	26.224
90	30.723	2765.070	8100	943.903	30.334

264 125.283 6629.987 17054 2876.807
 $X_{prom} = 44.00$ $Y_{prom} = 20.88$ $B = 0.206$ $A = 11.838$ $r = 0.9383$

REGRESION NO LINEAL EXPONENCIAL

$$Y = A \times B^X$$

Transformacion lineal : $\log Y = \log A + (\log B) \times X$

Donde : $N = \log Y$

$a = \log A$

$b = \log B$

X	Y	N	XN	X ²	N ²	Y corregido
7	14.656	1.166	8.162	49	1.360	13.441
14	10.886	1.037	14.516	196	1.075	14.453
28	20.237	1.306	36.572	784	1.706	16.713
55	24.759	1.394	76.655	3025	1.942	22.116
70	24.022	1.381	96.643	4900	1.906	25.840
90	30.723	1.487	133.872	8100	2.213	31.799

264 7.771 366.420 17054 10.202
 $X_{prom} = 44.00$ $N_{prom} = 1.30$ $b = 0.004506$ $a = 1.097$ $r = 0.896$

REGRESION NO LINEAL POTENCIA

$$Y = A \times X^B$$

Donde :
 $N = \log Y$
 $a = \log A$

$M = \log X$
 $b = B$

Transformacion lineal :
 $\log Y = \log A + B \times \log X$

X	M	Y	N	MN	M ²	N ²	Y corregido
7	0.845	14.656	1.166	0.985	0.714	1.360	11.920
14	1.146	10.886	1.037	1.188	1.314	1.075	15.047
28	1.447	20.237	1.306	1.890	2.094	1.706	18.994
55	1.740	24.759	1.394	2.426	3.029	1.942	23.831
70	1.845	24.022	1.381	2.547	3.404	1.906	25.843
90	1.954	30.723	1.487	2.907	3.819	2.213	28.121

8.978 7.771 11.944 14.374 10.202
 $M_{prom} = 1.496$ $N_{prom} = 1.295$ $b = 0.336$ $a = 0.792$ $r = 0.8787$

REGRESION NO LINEAL HIPERBOLICA

$$Y = 1 / (A + B \times X)$$

Transformacion lineal : $1/Y = A + B \times X$

Donde :

$$N = 1/Y$$

X	Y	N	XN	X ²	N ²	Y corregido
7	14.656	0.068	0.478	49	0.00466	13.379
14	10.886	0.092	1.286	196	0.00844	14.120
28	20.237	0.049	1.384	784	0.00244	15.879
55	24.759	0.040	2.221	3025	0.00163	20.899
70	24.022	0.042	2.914	4900	0.00173	25.353
90	30.723	0.033	2.929	8100	0.00106	35.415
264		0.324	11.212	17054	0.01996	
X prom		N prom	b =	-0.00056034		
44		0.054	a =	0.079	r =	-0.833886

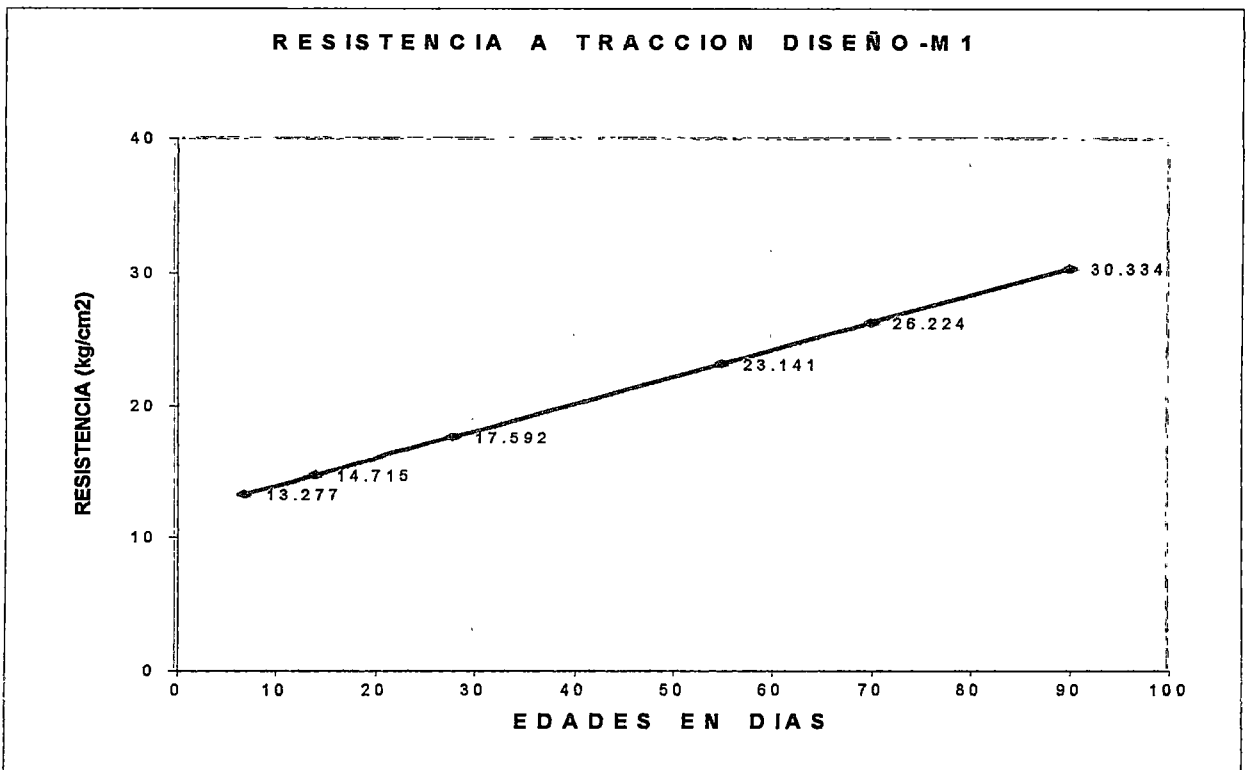
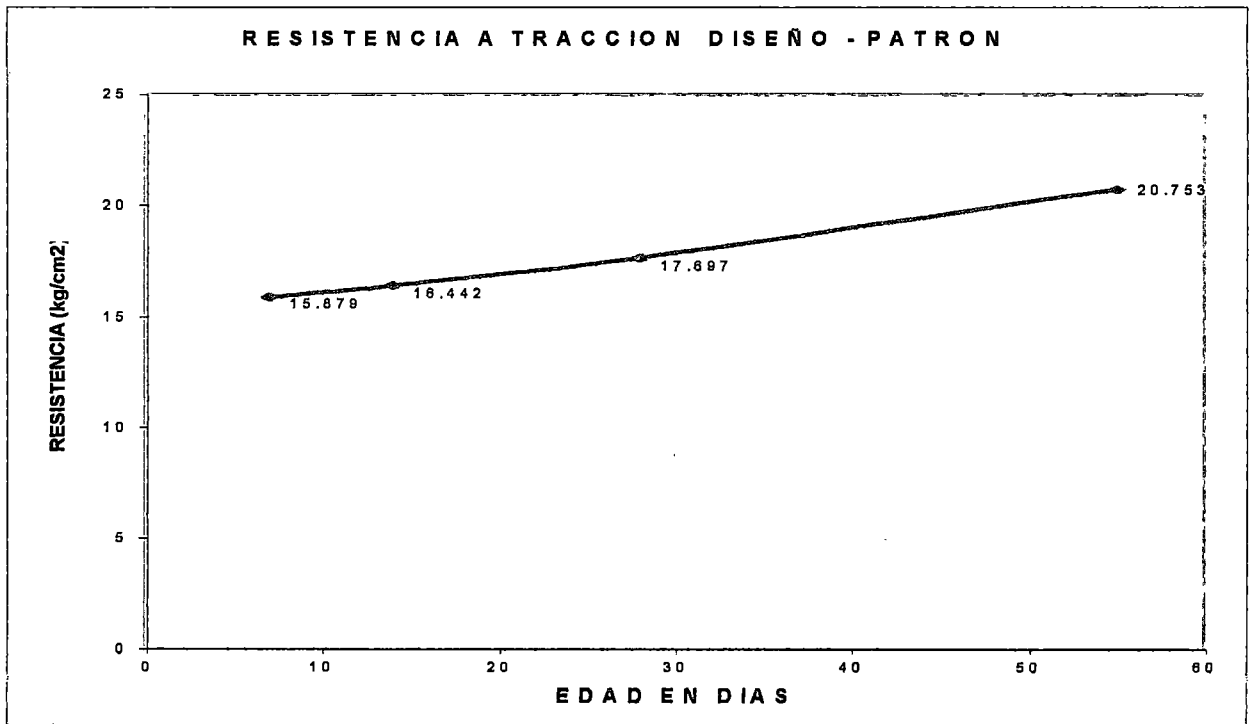
Cuadro de Resumen de Coeficiente de Tendencia

Indice Correlacion	Minimos Cuadrados	Exponencial	Potencia	Hiperbolica
r	0.9383	0.8961	0.8787	-0.8339

Observando el cuadro de resumen podemos darnos cuenta que la mejor tendencia nos la da la Regresi de Minimos Cuadrados, por lo que tomamos como ajuste de nuestros datos.

A continuacion presentaremos el cuadro final de resistencia a traccion para el diseño - M1. ver grafico siguiente pagina.

Edad	Tendencia de Resistencia Final
	Diseño - M1
7	13.277
14	14.715
28	17.592
55	23.141
70	26.224
90	30.334



Diseño - M2 : 1/2 - 1/2 - 3
 Material : cemt. - cal - arena.

RECTA DE REGRESION DE MINIMOS CUADRADOS

$$Y = A + B \times X$$

n = 6 Numero de edades

X	Y	XY	X ²	Y ²	Y corregido
7	7.182	50.274	49	51.581	8.293
14	9.198	128.772	196	84.603	8.738
28	10.554	295.512	784	111.387	9.630
55	11.249	618.695	3025	126.540	11.348
70	12.474	873.180	4900	155.601	12.303
90	13.230	1190.700	8100	175.033	13.576

264 63.887 3157.133 17054 704.745
 X_{prom} Y_{prom} B = 0.064
 44.00 10.65 A = 7.847 r = 0.9485

REGRESION NO LINEAL EXPONENCIAL

$$Y = A \times B^X$$

Transformacion lineal : $\log Y = \log A + (\log B) \times X$

Donde : N = log Y a = log A b = log B

X	Y	N	XN	X ²	N ²	Y corregido
7	7.182	0.856	5.994	49	0.733	8.294
14	9.198	0.964	13.492	196	0.929	8.663
28	10.554	1.023	28.656	784	1.047	9.451
55	11.249	1.051	57.811	3025	1.105	11.178
70	12.474	1.096	76.720	4900	1.201	12.271
90	13.230	1.122	100.940	8100	1.258	13.896

264 6.112 283.613 17054 6.273
 X_{prom} N_{prom} b = 0.002700
 44.00 1.02 a = 0.900 r = 0.918

REGRESION NO LINEAL POTENCIA

$$Y = A \times X^B$$

Donde : N = log Y M = log X Transformacion lineal :
 a = log A b = B $\log Y = \log A + B \times \log X$

X	M	Y	N	MN	M ²	N ²	Y corregido
7	0.845	33.319	1.523	1.287	0.714	2.319	37.851
14	1.146	48.219	1.683	1.929	1.314	2.833	44.261
28	1.447	60.000	1.778	2.573	2.094	3.162	51.757
55	1.740	60.670	1.783	3.103	3.029	3.179	60.278
70	1.845	61.306	1.788	3.298	3.404	3.195	63.650
90	1.954	62.506	1.796	3.510	3.819	3.225	67.365

8.978 10.350 15.700 14.374 17.913
 M_{prom} N_{prom} b = 0.226
 1.496 1.725 a = 1.387 r = 0.9103

REGRESION NO LINEAL HIPERBOLICA

$$Y = 1 / (A + B \times X)$$

Transformacion lineal : $Y = A + B \times X$

Donde :

$$N = 1/Y$$

X	Y	N	XN	X ²	N ²	Y corregido
7	7.182	0.139	0.975	49	0.01939	8.267
14	9.198	0.109	1.522	196	0.01182	8.577
28	10.554	0.095	2.653	784	0.00898	9.271
55	11.249	0.089	4.889	3025	0.00790	10.985
70	12.474	0.080	5.612	4900	0.00643	12.242
90	13.230	0.076	6.803	8100	0.00571	14.448
264		0.587	22.453	17054	0.06023	
X prom		N prom	b =	-0.00062343		
44		0.098	a =	0.125	r =	-0.880019

Cuadro de Resumen de Curva de Tendencia

Indice Correlacion	Minimos Cuadrados	Exponencial	Potencia	Hiperbolica
r	0.9485	0.9180	0.9103	-0.8800

Observando el cuadro de resumen podemos darnos cuenta que la mejor tendencia nos la da la Regresion de Minimo Cuadrados, por lo que decidimos tomarlo como ajuste de nuestros d

A continuacion presentaremos el cuadro final de resistencia a traccion para el diseño - M2. ver grafico siguiente pagina.

Edad	Tendencia de Resistencia Final Diseño - M2
7	8.293
14	8.738
28	9.630
55	11.348
70	12.303
90	13.576

Diseño - M3 : 2/5 - 3/5 - 3
Material : cement. - cal - arena.

RECTA DE REGRESION DE MINIMOS CUADRADOS

$$Y = A + B \times X$$

n = 6 Numero de edades

X	Y	XY	X ²	Y ²	Y corregido
7	3.176	22.232	49	10.087	5.486
14	7.938	111.132	196	63.012	5.975
28	6.804	190.512	784	46.294	6.953
55	10.160	558.800	3025	103.226	8.838
70	10.160	711.200	4900	103.226	9.886
90	10.183	916.470	8100	103.693	11.283
264	48.421	2510.346	17054	429.538	
Xprom	Yprom	B = 0.070			
44.00	8.07	A = 4.997		r = 0.8272	

REGRESION NO LINEAL EXPONENCIAL

$$Y = A \times B^X$$

Transformacion lineal : $\log Y = \log A + (\log B) \times X$

Donde : N = $\log Y$

a = $\log A$

b = $\log B$

X	Y	N	XN	X ²	N ²	Y corregido
7	3.176	0.502	3.513	49	0.252	5.102
14	7.938	0.900	12.596	196	0.809	5.490
28	6.804	0.833	23.317	784	0.693	6.357
55	10.160	1.007	55.379	3025	1.014	8.434
70	10.160	1.007	70.483	4900	1.014	9.869
90	10.183	1.008	90.709	8100	1.016	12.168
264		5.256	255.997	17054	4.798	
X prom		N prom	b = 0.004548			
44.00		0.88	a = 0.676		r = 0.761	

REGRESION NO LINEAL POTENCIA

$$Y = A \times X^B$$

Donde :

N = $\log Y$

M = $\log X$

Transformacion lineal :

$\log Y = \log A + B \times \log X$

a = $\log A$

b = B

X	M	Y	N	MN	M ²	N ²	Y corregido
7	0.845	3.176	0.502	0.424	0.714	0.252	4.130
14	1.146	7.938	0.900	1.031	1.314	0.809	5.447
28	1.447	6.804	0.833	1.205	2.094	0.693	7.184
55	1.740	10.160	1.007	1.752	3.029	1.014	9.407
70	1.845	10.160	1.007	1.858	3.404	1.014	10.358
90	1.954	10.183	1.008	1.970	3.819	1.016	11.452
	8.978		5.256	8.240	14.374	4.798	
	M prom		N prom	b = 0.399			
	1.496		0.876	a = 0.278		r = 0.8790	

REGRESION NO LINEAL HIPERBOLICA

$$Y = 1 / (A + B \times X)$$

Transformacion lineal : $Y = A + B \times X$

Donde :

$$N = 1/Y$$

X	Y	N	XN	X ²	N ²	Y corregido
7	3.176	0.315	2.204	49	0.09914	4.703
14	7.938	0.126	1.764	196	0.01587	4.994
28	6.804	0.147	4.115	784	0.02160	5.700
55	10.160	0.098	5.413	3025	0.00969	7.832
70	10.160	0.098	6.890	4900	0.00969	9.887
90	10.183	0.098	8.838	8100	0.00964	15.208
264		0.883	29.224	17054	0.16563	
X prom		N prom	b =	-0.00176934		
44		0.147	a =	0.225	r =	-0.690363

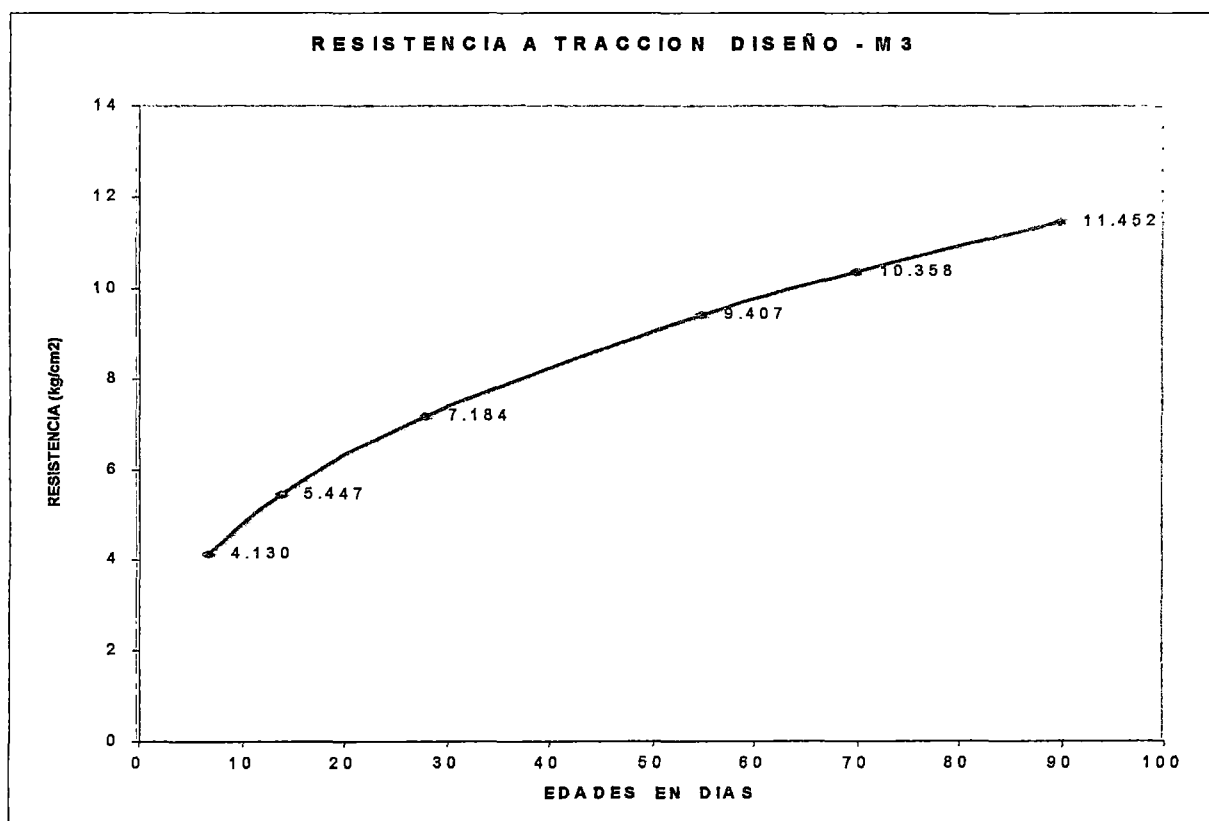
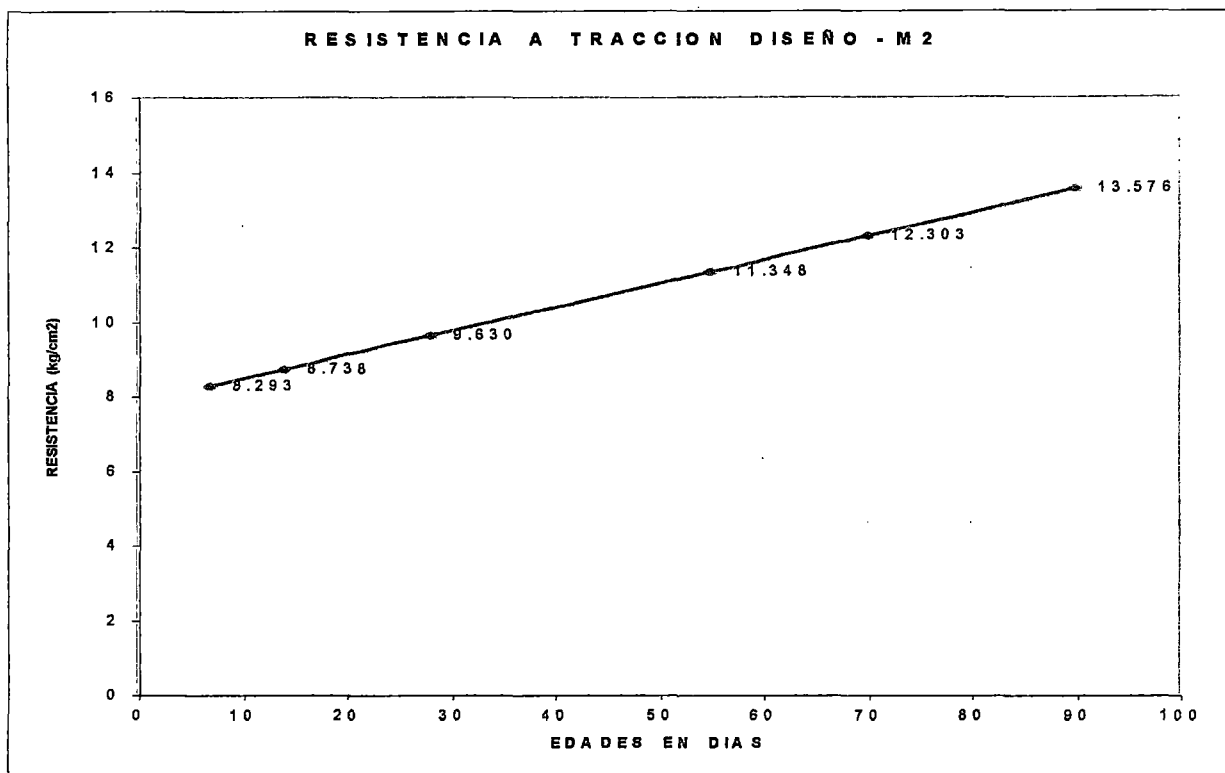
Cuadro de Resumen de Curva de Tendencia

Indice Correlacion	Minimos Cuadrados	Exponencia	Potencia	Hiperbolica
r	0.8272	0.7613	0.8790	-0.6904

Observando el cuadro de resumen podemos darnos cuenta que la mejor tendencia nos la da la Regresion no Lineal Potencia, por lo que decidimos tomarlo como ajuste de nuestros dati

A continuacion presentaremos el cuadro final de resistencia a traccion para el diseño - M3. ver grafico siguiente pagina.

Edad	tendencia de Resistencia Final Diseño - M3
7	4.130
14	5.447
28	7.184
55	9.407
70	10.358
90	11.452



Diseño - M4 : 1/4 - 3/4 - 3
Material : cement. - cal - arena.

RECTA DE REGRESION DE MINIMOS CUADRADOS

$$Y = A + B \times X$$

n = 6 Numero de edades

X	Y	XY	X ²	Y ²	Y corregido
7	2.756	19.292	49	7.596	2.614
14	2.646	37.044	196	7.001	2.852
28	3.266	91.448	784	10.667	3.328
55	4.158	228.690	3025	17.289	4.245
70	5.292	370.440	4900	28.005	4.754
90	5.108	459.720	8100	26.092	5.433

264 23.226 1206.634 17054 96.650
 X_{prom} Y_{prom} $B = 0.034$
 44.00 3.87 $A = 2.377$ $r = 0.9646$

REGRESION NO LINEAL EXPONENCIAL

$$Y = A \times B^X$$

Transformacion lineal : $\log Y = \log A + (\log B) \times X$

Donde : $N = \log Y$

$a = \log A$

$b = \log B$

X	Y	N	XN	X ²	N ²	Y corregido
7	2.756	0.440	3.082	49	0.194	2.681
14	2.646	0.423	5.916	196	0.179	2.853
28	3.266	0.514	14.392	784	0.264	3.232
55	4.158	0.619	34.039	3025	0.383	4.109
70	5.292	0.724	50.653	4900	0.524	4.696
90	5.108	0.708	63.743	8100	0.502	5.610

264 3.428 171.825 17054 2.045
 X_{prom} N_{prom} $b = 0.003863$
 44.00 0.57 $a = 0.401$ $r = 0.967$

REGRESION NO LINEAL POTENCIA

$$Y = A \times X^B$$

Donde :

$N = \log Y$

$M = \log X$

Transformacion lineal :

$\log Y = \log A + B \times \log X$

$a = \log A$

$b = B$

X	M	Y	N	MN	M ²	N ²	Y corregido
7	0.845	2.756	0.440	0.372	0.714	0.194	2.431
14	1.146	2.646	0.423	0.484	1.314	0.179	2.962
28	1.447	3.266	0.514	0.744	2.094	0.264	3.608
55	1.740	4.158	0.619	1.077	3.029	0.383	4.373
70	1.845	5.292	0.724	1.335	3.404	0.524	4.684
90	1.954	5.108	0.708	1.384	3.819	0.502	5.031

8.978 3.428 5.397 14.374 2.045
 M_{prom} N_{prom} $b = 0.285$
 1.496 0.571 $a = 0.145$ $r = 0.9371$

REGRESION NO LINEAL HIPERBOLICA

$$Y = 1 / (A + B \times X)$$

Transformacion lineal : $1/Y = A + B \times X$

Donde :

$$N = 1/Y$$

X	Y	N	XN	X ²	N ²	Y corregido
7	2.756	0.363	2.540	49	0.13166	2.719
14	2.646	0.378	5.291	196	0.14283	2.849
28	3.266	0.306	8.573	784	0.09375	3.152
55	4.158	0.241	13.228	3025	0.05784	3.965
70	5.292	0.189	13.228	4900	0.03571	4.628
90	5.108	0.196	17.619	8100	0.03833	5.956
264		1.672	60.479	17054	0.50011	
X prom		N prom	b =	-0.00240861		
44		0.279	a =	0.385	r =	-0.962263

Cuadro de Resumen de Coeficiente de Tendencia

Indice Correlacion	Minimos Cuadrados	Exponencial	Potencia	Hiperbolica
r	0.9646	0.9671	0.9371	-0.9623

Observando el cuadro de resumen podemos darnos cuenta que la mejor tendencia nos la da la Regresion no lineal Exponencial, por lo que tomamos como ajuste de nuestros datos.

A continuacion presentaremos el cuadro final de resistencia a traccion para el diseño - M4. ver grafico siguiente pagina.

Edad	Tendencia de Resistencia Final Diseño - M4
7	2.681
14	2.853
28	3.232
55	4.109
70	4.696
90	5.610

Diseño - M5 : 1/5 - 4/5 - 3
Material : cement. - cal - arena.

RECTA DE REGRESION DE MINIMOS CUADRADOS

$Y = A + B \times X$

n = 6 Numero de edades

X	Y	XY	X ²	Y ²	Y corregido
7	1.181	8.267	49	1.395	1.616
14	1.89	26.460	196	3.572	1.832
28	2.268	63.504	784	5.144	2.264
55	3.886	213.730	3025	15.101	3.097
70	3.75	262.500	4900	14.063	3.560
90	3.57	321.300	8100	12.745	4.177
264	16.545	895.761	17054	52.019	
Xprom	Yprom	B = 0.031			
44.00	2.76	A = 1.400		r = 0.8996	

REGRESION NO LINEAL EXPONENCIAL

$Y = A \times B^X$

Transformacion lineal : $\log Y = \log A + (\log B) \times X$

Donde : N = log Y

a = log A

b = log B

X	Y	N	XN	X ²	N ²	Y corregido
7	1.181	0.072	0.506	49	0.005	1.578
14	1.89	0.276	3.870	196	0.076	1.726
28	2.268	0.356	9.958	784	0.126	2.064
55	3.886	0.590	32.423	3025	0.348	2.914
70	3.75	0.574	40.182	4900	0.330	3.529
90	3.57	0.553	49.740	8100	0.305	4.557
264		2.421	136.679	17054	1.191	
X prom		N prom	b = 0.005549			
44.00		0.40	a = 0.159		r = 0.884	

REGRESION NO LINEAL POTENCIA

$Y = A \times X^B$

Donde :

N = log Y

M = log X

Transformacion lineal :

$\log Y = \log A + B \times \log X$

a = log A

b = B

X	M	Y	N	MN	M ²	N ²	Y corregido
7	0.845	1.181	0.072	0.061	0.714	0.005	1.263
14	1.146	1.89	0.276	0.317	1.314	0.076	1.742
28	1.447	2.268	0.356	0.515	2.094	0.126	2.402
55	1.740	3.886	0.590	1.026	3.029	0.348	3.285
70	1.845	3.75	0.574	1.059	3.404	0.330	3.674
90	1.954	3.57	0.553	1.080	3.819	0.305	4.127
	8.978		2.421	4.058	14.374	1.191	
	M prom		N prom	b = 0.464			
	1.496		0.403	a = -0.290		r = 0.9713	

REGRESION NO LINEAL HIPERBOLICA

$Y = 1 / (A + B \times X)$

Transformacion lineal : $Y = A + B \times X$

Donde :

$N = 1/Y$

X	Y	N	XN	X ²	N ²	Y corregido
7	1.181	0.847	5.927	49	0.71697	1.534
14	1.89	0.529	7.407	196	0.27995	1.636
28	2.268	0.441	12.346	784	0.19441	1.887
55	3.886	0.257	14.153	3025	0.06622	2.682
70	3.75	0.267	18.667	4900	0.07111	3.500
90	3.57	0.280	25.210	8100	0.07846	5.902
264		2.621	83.710	17054	1.40712	
X prom		N prom	b =	-0.00581241		
44		0.437	a =	0.693	r =	-0.836920

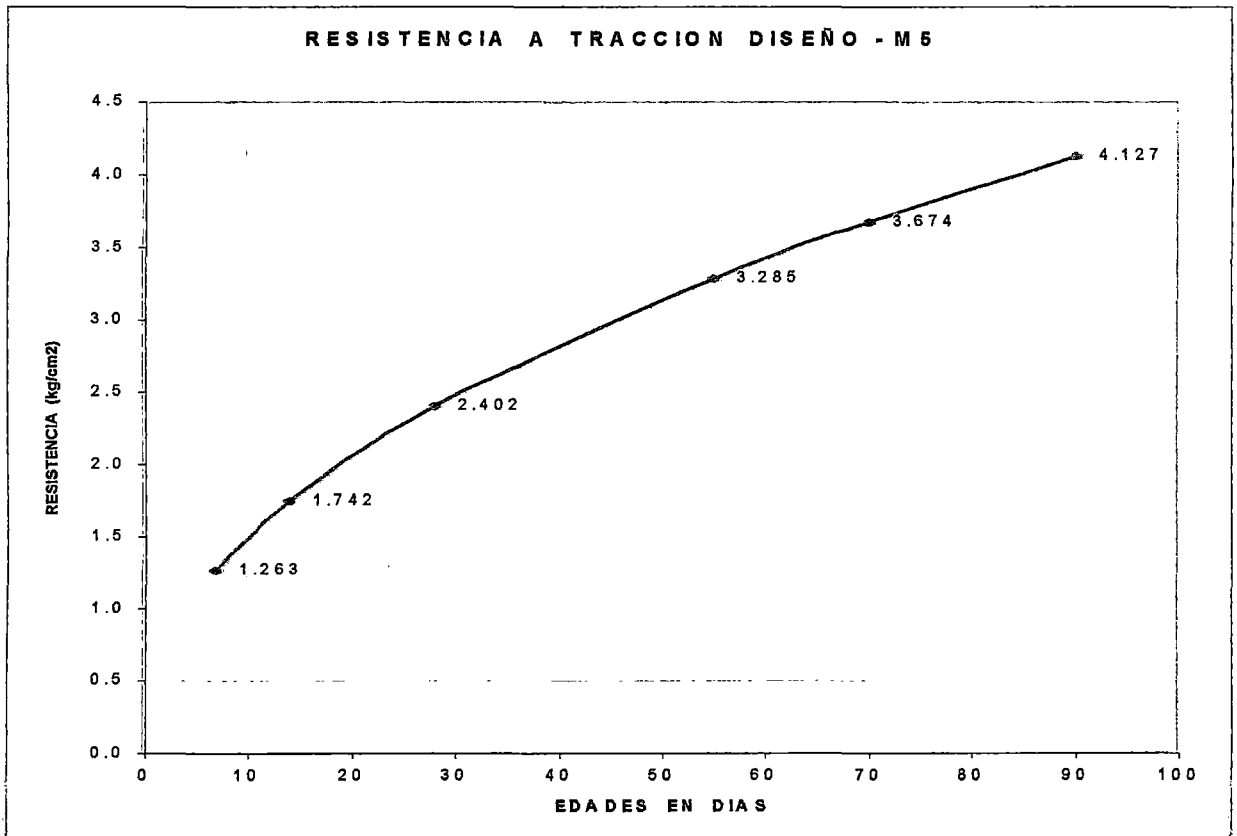
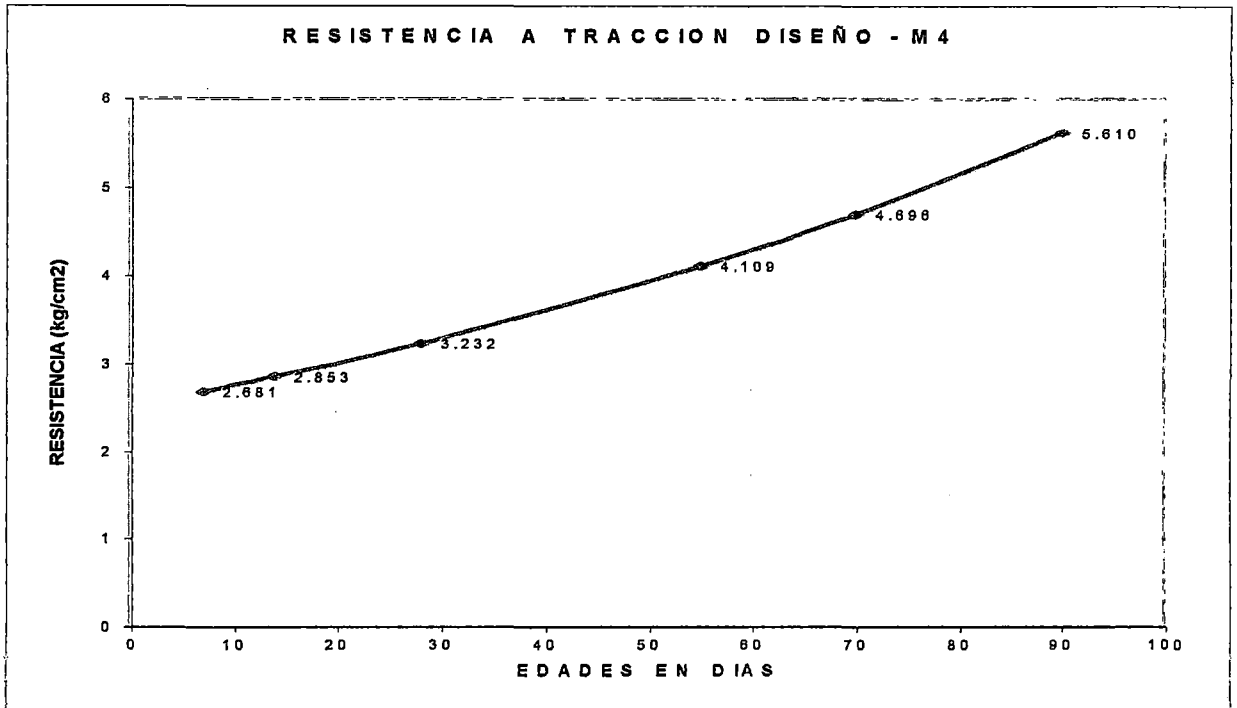
Cuadro de Resumen de Curva de Tendencia

Indice Correlacion	Minimos Cuadrados	Exponencial	Potencia	Hiperbolica
r	0.8996	0.8844	0.9713	-0.8369

Observando el cuadro de resumen podemos darnos cuenta que la mejor tendencia nos la da la Regresion no lineal Potencia, por lo que decidimos tomarlo como ajuste de nuestros datos.

A continuacion presentaremos el cuadro final de resistencia a traccion para el diseño - M5. ver grafico siguiente pagina.

Edad	Tendencia de Resistencia Final Diseño - M5
7	1.263
14	1.742
28	2.402
55	3.285
70	3.674
90	4.127



TENDENCIA DE CURVA DE RESISTENCIA A FLEXION

Diseño - M1 : 3/4 - 1/4 - 3
Material : cement. - cal - arena.

RECTA DE REGRESION DE MINIMOS CUADRADOS $Y = A + B \times X$

n = 5 Numero de edades

X	Y	XY	X ²	Y ²	Y corregido
7	56.707	396.949	49	3215.684	66.407
14	72.624	1016.736	196	5274.245	68.404
28	80.115	2243.220	784	6418.413	72.399
70	84.682	5927.740	4900	7171.041	84.382
90	87.552	7879.680	8100	7665.353	90.088
209	381.680	17464.325	14029	29744.736	
X _{prom}	Y _{prom}		B = 0.285	r = 0.8412	
41.80	76.34		A = 64.410		

REGRESION NO LINEAL EXPONENCIAL $Y = A \times B^X$

Transformacion lineal : $\log Y = \log A + (\log B) \times X$

Donde : $N = \log Y$ $a = \log A$ $b = \log B$

X	Y	N	XN	X ²	N ²	Y corregido
7	56.707	1.754	12.275	49	3.075	65.900
14	72.624	1.861	26.055	196	3.464	67.720
28	80.115	1.904	53.304	784	3.624	71.511
70	84.682	1.928	134.945	4900	3.716	84.209
90	87.552	1.942	174.804	8100	3.772	91.024
209		9.388	401.384	14029	17.652	
X _{prom}		N _{prom}		b = 0.001690	r = 0.810	
41.80		1.88		a = 1.807		

REGRESION NO LINEAL POTENCIA $Y = A \times X^B$

Donde : $N = \log Y$ $M = \log X$ $\log Y = \log A + B \times \log X$
 $a = \log A$ $b = B$

X	M	Y	N	MN	M ²	N ²	Y corregido
7	0.845	56.707	1.754	1.482	0.714	3.075	61.078
14	1.146	72.624	1.861	2.133	1.314	3.464	67.883
28	1.447	80.115	1.904	2.755	2.094	3.624	75.446
70	1.845	84.682	1.928	3.557	3.404	3.716	86.753
90	1.954	87.552	1.942	3.796	3.819	3.772	90.140
	7.238		9.388	13.723	11.346	17.652	
	M _{prom}		N _{prom}	b = 0.152	r = 0.9361		
	1.448		1.878	a = 1.657			

REGRESION NO LINEAL HIPERBOLICA

$$Y = 1 / (A + B \times X)$$

Transformacion lineal : $1/Y = A + B \times X$

Donde :

$$N = 1/Y$$

X	Y	N	XN	X ²	N ²	Y corregido
7	56.707	0.018	0.123	49	0.00031	65.366
14	72.624	0.014	0.193	196	0.00019	67.018
28	80.115	0.012	0.349	784	0.00016	70.587
70	84.682	0.012	0.827	4900	0.00014	84.006
90	87.552	0.011	1.028	8100	0.00013	92.368
209		0.067	2.520	14029	0.00093	
X prom		N prom	b =	-0.00005388	r =	-0.778530
41.8		0.013	a =	0.016		

Cuadro de Resumen de Coeficiente de Tendencia

Indice Correlacion	Minimos Cuadrados	Exponencial	Potencia	Hiperbolica
r	0.8412	0.8103	0.9361	-0.7785

Observando el cuadro de resumen podemos darnos cuenta que la mejor tendencia nos la da la F no Lineal Potencia, por lo que decidimos tomarlo como ajuste de nuestro

A continuacion presentaremos el cuadro final de resistencia a compresion para el diseño ver grafico siguiente pagina.

Edad	tendencia de Resistencia Fina Diseño - M1
7	61.078
14	67.883
28	75.446
70	86.753
90	90.140

Diseño - M2 : 1/2 - 1/2 - 3
Material : cemt. - cal - arena.

RECTA DE REGRESION DE MINIMOS CUADRADOS $Y = A + B \times X$

n = 5 Numero de edades

X	Y	XY	X ²	Y ²	Y corregido
7	44.082	308.574	49	1943.223	44.545
14	52.800	739.200	196	2787.840	46.236
28	43.730	1224.440	784	1912.313	49.619
70	55.000	3850.000	4900	3025.000	59.766
90	69.153	6223.770	8100	4782.137	64.599
209	264.765	12345.984	14029	14450.513	
X _{prom}	Y _{prom}	B = 0.242		r = 0.8473	
41.80	52.95	A = 42.854			

REGRESION NO LINEAL EXPONENCIAL $Y = A \times B^X$

Transformacion lineal : $\log Y = \log A + (\log B) \times X$

Donde : $N = \log Y$ $a = \log A$ $b = \log B$

X	Y	N	XN	X ²	N ²	Y corregido
7	44.082	1.644	11.510	49	2.704	44.853
14	52.800	1.723	24.117	196	2.967	46.240
28	43.730	1.641	45.942	784	2.692	49.146
70	55.000	1.740	121.825	4900	3.029	59.003
90	69.153	1.840	165.583	8100	3.385	64.370
209		8.588	368.977	14029	14.777	
X _{prom}		N _{prom}		b = 0.001890	r = 0.841	
41.80		1.72		a = 1.639		

REGRESION NO LINEAL POTENCIA $Y = A \times X^B$

Donde : $N = \log Y$ $M = \log X$ $\log Y = \log A + B \times \log X$
 $a = \log A$ $b = B$

X	M	Y	N	MN	M ²	N ²	Y corregido
7	0.845	44.082	1.644	1.390	0.714	2.704	43.524
14	1.146	52.800	1.723	1.974	1.314	2.967	47.657
28	1.447	43.730	1.641	2.374	2.094	2.692	52.182
70	1.845	55.000	1.740	3.211	3.404	3.029	58.830
90	1.954	69.153	1.840	3.595	3.819	3.385	60.797
	7.238		8.588	12.545	11.346	14.777	
	M _{prom}		N _{prom}	b = 0.131			
	1.448		1.718	a = 1.528		r = 0.7456	

REGRESION NO LINEAL HIPERBOLICA

$$Y = 1 / (A + B \times X)$$

Transformacion lineal : $Y = A + B \times X$

Donde :

$$N = 1/Y$$

X	Y	N	XN	X ²	N ²	Y corregido
7	44.082	0.023	0.159	49	0.00051	45.045
14	52.800	0.019	0.265	196	0.00036	46.206
28	43.730	0.023	0.640	784	0.00052	48.717
70	55.000	0.018	1.273	4900	0.00033	58.209
90	69.153	0.014	1.301	8100	0.00021	64.161
209		0.097	3.638	14029	0.00194	
X prom		N prom		b = -0.00007969		r = -0.829052
41.8		0.019		a = 0.023		

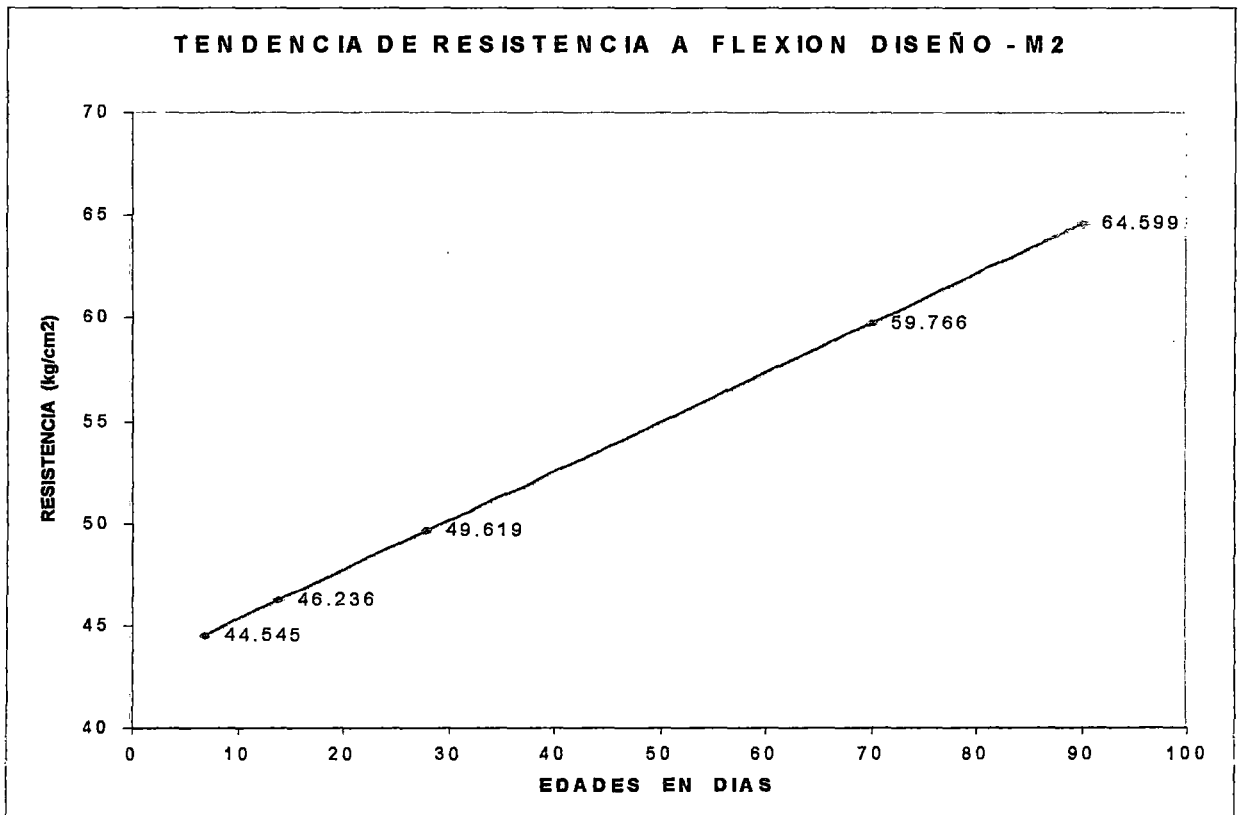
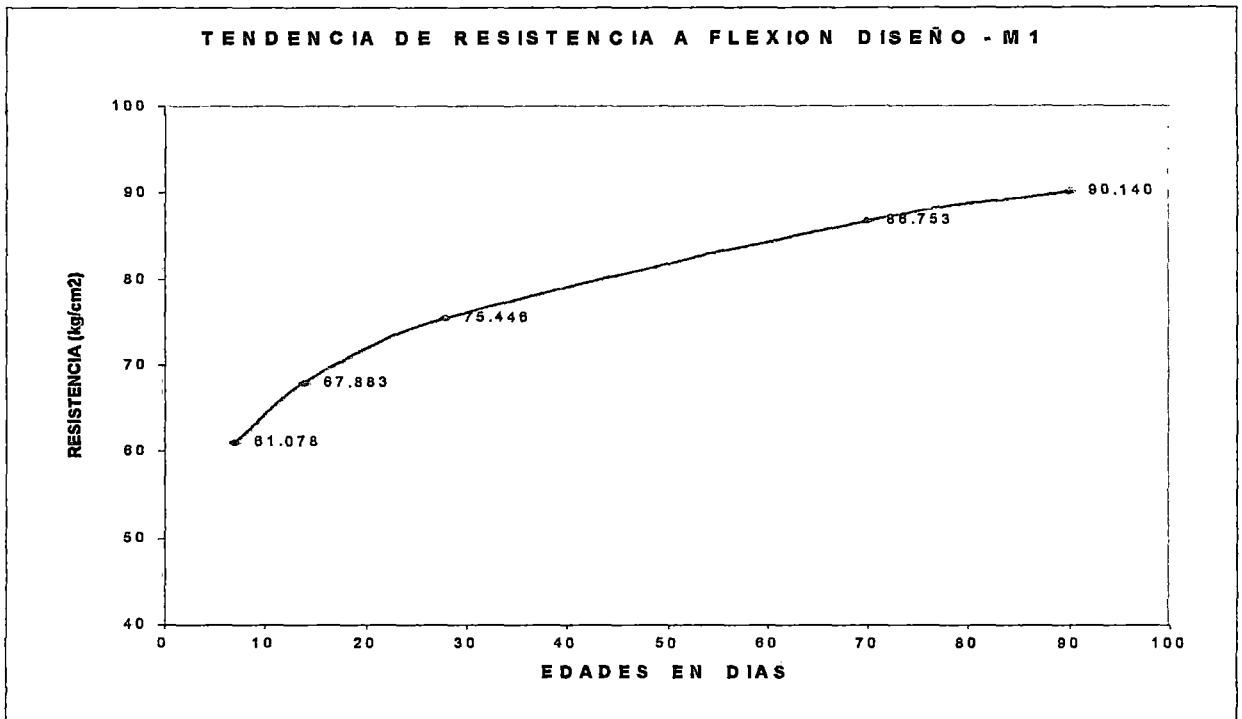
Cuadro de Resumen de Curva de Tendencia

Indice Correlacion	Minimos Cuadrados	Exponencial	Potencia	Hiperbolica
r	0.8473	0.8407	0.7456	-0.8291

Observando el cuadro de resumen podemos darnos cuenta que la mejor tendencia nos la da la Regresion de Minimos Cuadrados, por lo que decidimos tomarlo como ajuste de nuestros datos.

A continuacion presentaremos el cuadro final de resistencia a compresion para el diseño - M2. ver grafico siguiente pagina.

Edad	tendencia de Resistencia Final Diseño - M2
7	44.545
14	46.236
28	49.619
70	59.766
90	64.599



Diseño - M3 : 2/5 - 3/5 - 3
Material : cement. - cal - arena.

RECTA DE REGRESION DE MINIMOS CUADRADOS $Y = A + B \times X$

n = 5 Numero de edades

X	Y	XY	X ²	Y ²	Y corregido
7	44.577	312.039	49	1987.109	45.163
14	45.267	633.738	196	2049.101	45.868
28	48.615	1361.220	784	2363.418	47.278
70	52.083	3645.810	4900	2712.639	51.509
90	52.800	4752.000	8100	2787.840	53.523
209	243.342	10704.807	14029	11900.107	
X _{prom}	Y _{prom}	B = 0.101			
41.80	48.67	A = 44.458		r = 0.9702	

REGRESION NO LINEAL EXPONENCIAL $Y = A \times B^X$

Transformacion lineal : $\log Y = \log A + (\log B) \times X$

Donde : $N = \log Y$ $a = \log A$ $b = \log B$

X	Y	N	XN	X ²	N ²	Y corregido
7	44.577	1.649	11.544	49	2.720	45.186
14	45.267	1.656	23.181	196	2.742	45.844
28	48.615	1.687	47.230	784	2.845	47.188
70	52.083	1.717	120.169	4900	2.947	51.461
90	52.800	1.723	155.037	8100	2.967	53.630
209		8.431	357.160	14029	14.221	
X _{prom}		N _{prom}		b = 0.000896		
41.80		1.69		a = 1.649		r = 0.966

REGRESION NO LINEAL POTENCIA $Y = A \times X^B$

Donde : $N = \log Y$ $M = \log X$ $\log Y = \log A + B \times \log X$
 $a = \log A$ $b = B$

X	M	Y	N	MN	M ²	N ²	Y corregido
7	0.845	44.577	1.649	1.394	0.714	2.720	43.967
14	1.146	45.267	1.656	1.898	1.314	2.742	46.201
28	1.447	48.615	1.687	2.441	2.094	2.845	48.548
70	1.845	52.083	1.717	3.167	3.404	2.947	51.835
90	1.954	52.800	1.723	3.366	3.819	2.967	52.774
	7.238		8.431	12.266	11.346	14.221	
	M _{prom}		N _{prom}	b = 0.071			
	1.448		1.686	a = 1.583		r = 0.9868	

REGRESION NO LINEAL HIPERBOLICA

$Y = 1 / (A + B \times X)$

Transformacion lineal : $1/Y = A + B \times X$

Donde :

$N = 1/Y$

X	Y	N	XN	X ²	N ²	Y corregido	
7	44.577	0.022	0.157	49	0.00050	45.204	
14	45.267	0.022	0.309	196	0.00049	45.819	
28	48.615	0.021	0.576	784	0.00042	47.099	
70	52.083	0.019	1.344	4900	0.00037	51.410	
90	52.800	0.019	1.705	8100	0.00036	53.753	
209		0.103	4.091	14029	0.00214		
X prom		N prom	b =	-0.00004239		r =	-0.961273
41.8		0.021	a =	0.022			

Cuadro de Resumen de Curva de Tendencia

Indice Correlacion	Minimos Cuadrados	Exponencial	Potencia	Hiperbolica
r	0.9702	0.9659	0.9868	-0.9613

Observando el cuadro de resumen podemos darnos cuenta que la mejor tendencia nos la da la Regresion no Lineal Potencia, por lo que decidimos tomarlo como ajuste de nuestros datos.

A continuacion presentaremos el cuadro final de resistencia a compresion para el diseño - M3. ver grafico siguiente pagina.

Edad	Tendencia de Resistencia Final Diseño - M3
7	43.967
14	46.201
28	48.548
70	51.835
90	52.774

Diseño - M4 : 1/4 - 3/4 - 3
Material : cement. - cal - arena.

RECTA DE REGRESION DE MINIMOS CUADRADOS

$Y = A + B \times X$

n = 6 Numero de edades

X	Y	XY	X ²	Y ²	Y corregido
7	35.503	248.521	49	1260.463	29.295
14	34.979	489.706	196	1223.530	31.754
28	36.500	1022.000	784	1332.250	36.671
70	39.005	2730.350	4900	1521.390	51.424
90	44.893	4040.370	8100	2015.381	58.449
120	85.700	10284.000	14400	7344.490	68.987
329	276.580	18814.947	28429	14697.505	
X prom	Y prom	B = 0.351		r = 0.8112	
54.83	46.10	A = 26.836			

REGRESION NO LINEAL EXPONENCIAL

$Y = A \times B^X$

Transformacion lineal : $\log Y = \log A + (\log B) \times X$

Donde : N = log Y

a = log A

b = log B

X	Y	N	XN	X ²	N ²	Y corregido
7	35.503	1.550	10.852	49	2.403	31.979
14	34.979	1.544	21.613	196	2.383	33.455
28	36.500	1.562	43.744	784	2.441	36.614
70	39.005	1.591	111.378	4900	2.532	47.999
90	44.893	1.652	148.696	8100	2.730	54.604
120	85.700	1.933	231.958	14400	3.736	66.255
329		9.833	568.242	28429	16.225	
X prom		N prom		b = 0.002800	r = 0.854	
54.83		1.64		a = 1.485		

REGRESION NO LINEAL POTENCIA

$Y = A \times X^B$

Donde :

N = log Y

M = log X

Transformacion lineal :

$\log Y = \log A + B \times \log X$

a = log A

b = B

X	M	Y	N	MN	M ²	N ²	Y corregido
7	0.845	35.503	1.550	1.310	0.714	2.403	30.770
14	1.146	34.979	1.544	1.769	1.314	2.383	35.662
28	1.447	36.5	1.562	2.261	2.094	2.441	41.332
70	1.845	39.005	1.591	2.936	3.404	2.532	50.233
90	1.954	44.893	1.652	3.229	3.819	2.730	52.993
120	2.079	85.7	1.933	4.019	4.323	3.736	56.340
	9.317		9.833	15.524	15.669	16.225	
	M prom		N prom	b = 0.213		r = 0.6980	
	1.553		1.639	a = 1.308			

REGRESION NO LINEAL HIPERBOLICA

$$Y = 1 / (A + B \times X)$$

Transformacion lineal : $1/Y = A + B \times X$

Donde :

$$N = 1/Y$$

X	Y	N	XN	X ²	N ²	Y corregido
7	35.503	0.028	0.197	49	0.00079	35.019
14	34.979	0.029	0.400	196	0.00082	35.865
28	36.500	0.027	0.767	784	0.00075	37.685
70	39.005	0.026	1.795	4900	0.00066	44.450
120	44.893	0.022	2.673	14400	0.00050	56.533
90	85.700	0.012	1.050	8100	0.00014	48.605
329		0.144	6.882	28429	0.00365	
X prom		N prom		b = -0.00009617		r = -0.680173
54.83333333		0.024		a = 0.029		

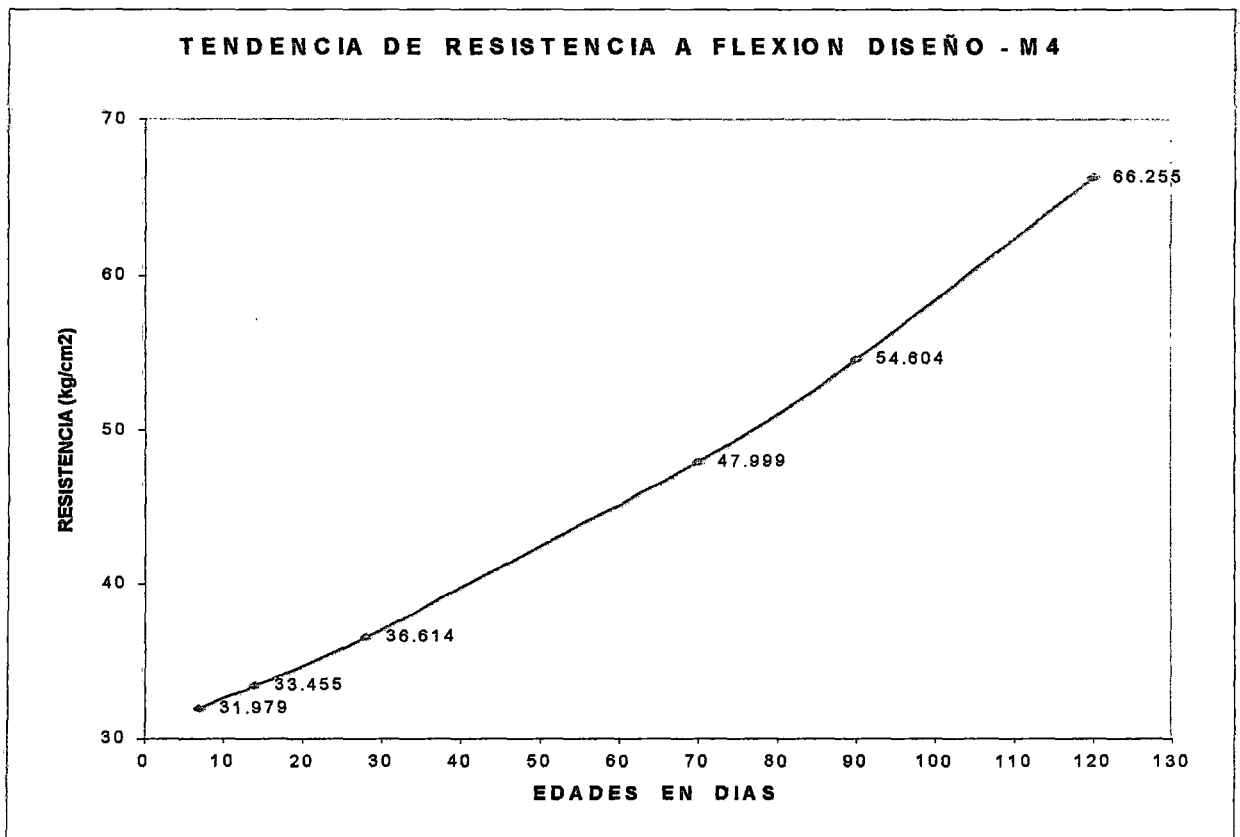
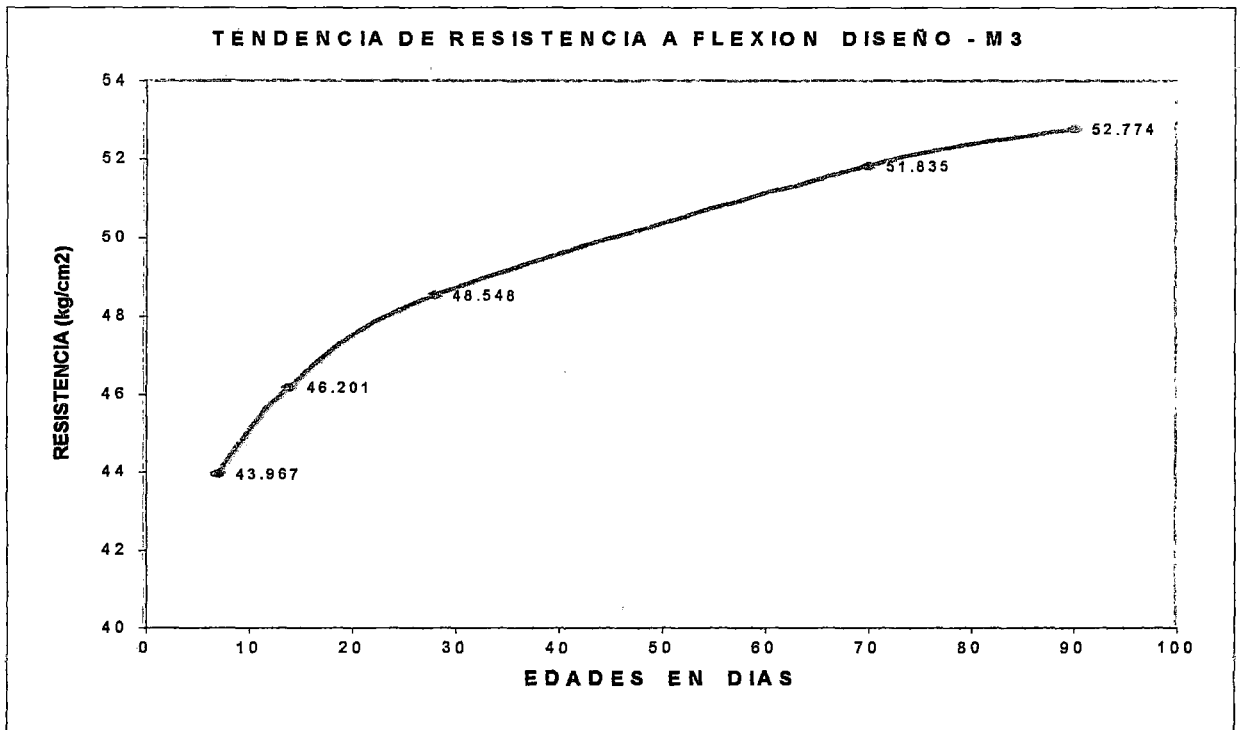
Cuadro de Resumen de Coeficiente de Tendencia

Indice Correlacion	Minimos Cuadrados	Exponencial	Potencia	Hiperbolica
r	0.8112	0.8538	0.6980	-0.6802

Observando el cuadro de resumen podemos darnos cuenta que la mejor tendencia nos la da la Regresion no Lineal Exponencial, por lo que decidimos tomarlo como ajuste de nuestros c

A continuacion presentaremos el cuadro final de resistencia a compresion para el diseño - IV ver grafico siguiente pagina.

Edad	Tendencia de Resistencia Final Diseño - M4
7	31.979
14	33.455
28	36.614
70	47.999
90	54.604
120	66.255



TENDENCIA DE CURVA DE ABSORCION

Diseño - Patrón : 1 - 0 - 3

Material : cement. - cal - arena.

RECTA DE REGRESION DE MINIMOS CUADRADOS

$$Y = A + B \times X$$

n = 4 Numero de edades

X	Y	XY	X ²	Y ²	Y corregido
7	0.459	3.213	49	0.211	0.462
14	0.409	5.726	196	0.167	0.408
28	0.305	8.540	784	0.093	0.300
55	0.089	4.895	3025	0.008	0.091

104 1.262 22.374 4054 0.479
 X_{prom} Y_{prom} B = -0.008
 26.00 0.32 A = 0.517 r = -0.9997

REGRESION NO LINEAL EXPONENCIAL

$$Y = A \times B^X$$

Transformacion lineal : $\log Y = \log A + (\log B) \times X$

Donde : N = log Y

a = log A

b = log B

X	Y	N	XN	X ²	N ²	Y corregido
7	0.459	-0.338	-2.367	49	0.114	0.518
14	0.409	-0.388	-5.436	196	0.151	0.406
28	0.305	-0.516	-14.440	784	0.266	0.249
55	0.089	-1.051	-57.784	3025	1.104	0.097

104 -2.293 -80.026 4054 1.635
 X_{prom} N_{prom} b = -0.015122
 26.00 -0.573 a = -0.180 r = -0.981

REGRESION NO LINEAL POTENCIA

$$Y = A \times X^B$$

Donde :

N = log Y

M = log X

Transformacion lineal :

a = log A

b = B

 $\log Y = \log A + B \times \log X$

X	M	Y	N	MN	M ²	N ²	Y corregido
7	0.845	0.459	-0.338	-0.286	0.714	0.114	0.584
14	1.146	0.409	-0.388	-0.445	1.314	0.151	0.346
28	1.447	0.305	-0.516	-0.746	2.094	0.266	0.205
55	1.740	0.089	-1.051	-1.828	3.029	1.104	0.123

5.179 -2.293 -3.306 7.151 1.635
 M_{prom} N_{prom} b = -0.756
 1.295 -0.573 a = 0.405 r = -0.8914

REGRESION NO LINEAL HIPERBOLICA

$$Y = 1 / (A + B \times X)$$

Transformacion lineal : $1/Y = A + B \times X$

Donde :

$$N = 1/Y$$

X	Y	N	XN	X ²	N ²	Y corregido
7	0.459	2.179	15.251	49	4.74651	0.908
14	0.409	2.445	34.230	196	5.97797	0.407
28	0.305	3.279	91.803	784	10.74980	0.193
55	0.089	11.236	617.978	3025	126.24669	0.096
104		19.138	759.261	4054	147.72096	
X prom		N prom	b =	0.19382658		
26		4.785	a =	-0.255		r = 0.950376

Cuadro de Resumen de Coeficiente de Tendencia

Indice Correlacion	Minimos Cuadrados	Exponencial	Potencia	Hiperbolica
r	-0.9997	-0.9812	-0.8914	0.9504

Observando el cuadro de resumen podemos darnos cuenta que la mejor tendencia nos la da la Regresion de Minimos Cuadrados, por lo que decidimos tomarlo como ajuste de nuestros datos.

A continuacion presentaremos el cuadro final de resistencia a compresion para el diseño - M1. ver grafico siguiente pagina.

Edad	Tendencia de Resistencia Final Diseño - PATRON
7	0.462
14	0.408
28	0.300
55	0.091

Diseño - M1 : 3/4 - 1/4 - 3
 Material : cement. - cal - arena.

RECTA DE REGRESION DE MINIMOS CUADRADOS

$Y = A + B \times X$

n = 5 Numero de edades

X	Y	XY	X ²	Y ²	Y corregido
7	0.110	0.770	49	0.012	0.163
14	0.191	2.674	196	0.036	0.160
28	0.208	5.824	784	0.043	0.154
70	0.068	4.760	4900	0.005	0.136
90	0.163	14.670	8100	0.027	0.128
209	0.740	28.698	14029	0.123	
X _{prom}	Y _{prom}		B = 0.000		
41.80	0.15		A = 0.166		r = -0.2641

REGRESION NO LINEAL EXPONENCIAL

$Y = A \times B^X$

Transformacion lineal : $\log Y = \log A + (\log B) \times X$

Donde : N = log Y a = log A b = log B

X	Y	N	XN	X ²	N ²	Y corregido
7	0.110	-0.959	-6.710	49	0.919	0.155
14	0.191	-0.719	-10.066	196	0.517	0.151
28	0.208	-0.682	-19.094	784	0.465	0.144
70	0.068	-1.167	-81.724	4900	1.363	0.124
90	0.163	-0.788	-70.903	8100	0.621	0.116
209		-4.315	-188.498	14029	3.885	
X _{prom}		N _{prom}	b = -0.001538			
41.80		-0.863	a = -0.799			r = -0.279

REGRESION NO LINEAL POTENCIA

$Y = A \times X^B$

Donde : N = log Y M = log X Transformacion lineal :
 a = log A b = B $\log Y = \log A + B \times \log X$

X	M	Y	N	MN	M ²	N ²	Y corregido
7	0.845	0.110	-0.959	-0.810	0.714	0.919	0.153
14	1.146	0.191	-0.719	-0.824	1.314	0.517	0.145
28	1.447	0.208	-0.682	-0.987	2.094	0.465	0.137
70	1.845	0.068	-1.167	-2.154	3.404	1.363	0.128
90	1.954	0.163	-0.788	-1.540	3.819	0.621	0.125
	7.238		-4.315	-6.315	11.346	3.885	
	M _{prom}		N _{prom}		b = -0.079		
	1.448		-0.863		a = -0.748		r = -0.1841

REGRESION NO LINEAL HIPERBOLICA

$$Y = 1 / (A + B \times X)$$

Transformacion lineal : $1/Y = A + B \times X$

Donde :

$$N = 1/Y^2$$

X	Y	N	XN	X^2	N^2	Y corregido
7	0.110	9.091	63.636	49	82.64463	0.147
14	0.191	5.236	73.298	196	27.41153	0.142
28	0.208	4.808	134.615	784	23.11391	0.133
70	0.068	14.706	1029.412	4900	216.26298	0.112
90	0.163	6.135	552.147	8100	37.63785	0.104
209		39.975	1853.109	14029	387.07089	
X prom		N prom		b =	0.03441503	
41.8		7.995		a =	6.556	r = 0.304815

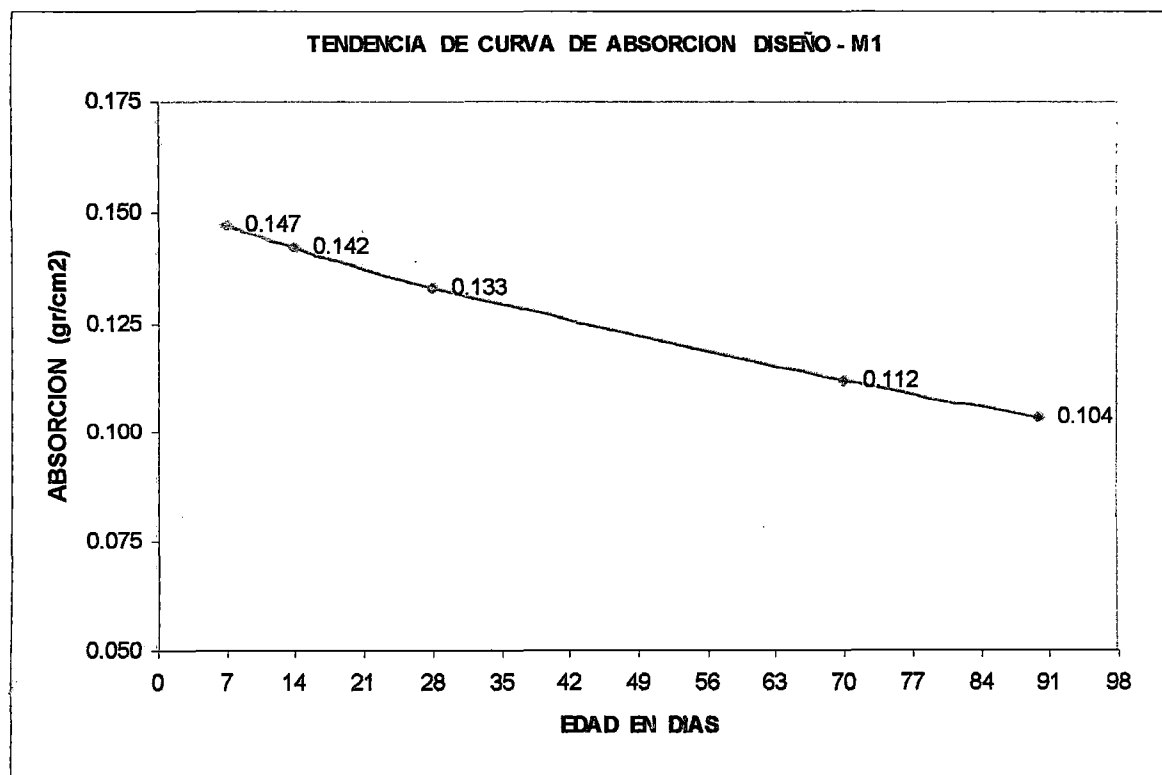
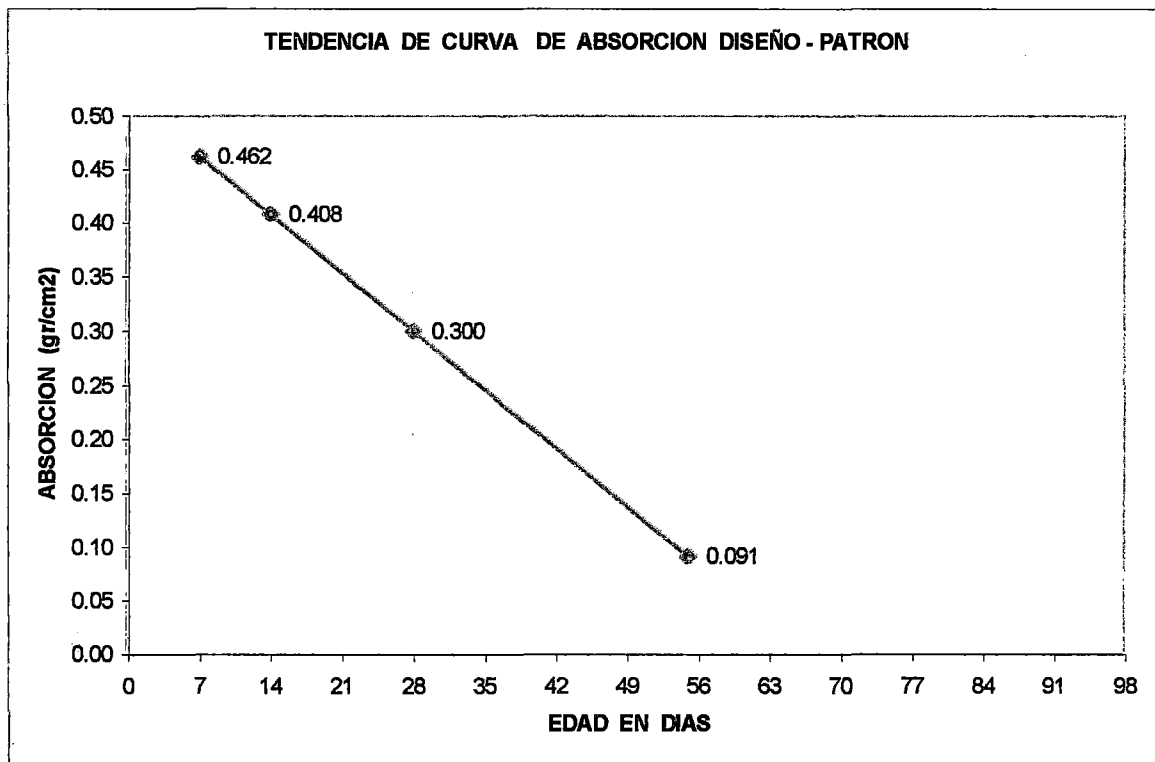
Cuadro de Resumen de Coeficiente de Tendencia

Indice Correlacion	Minimos Cuadrados	Exponencial	Potencia	Hiperbolica
r	-0.2641	-0.2788	-0.1841	0.3048

Observando el cuadro de resumen podemos darnos cuenta que la mejor tendencia nos la da la Regresion no Lineal Hiperbolica, por lo que decidimos tomarlo como ajuste de nuestros datos

A continuacion presentaremos el cuadro final de resistencia a compresion para el diseño - M1. ver grafico siguiente pagina.

Edad	Tendencia de Resistencia Final Diseño - M1
7	0.147
14	0.142
28	0.133
70	0.112
90	0.104



Diseño - M2 : 1/2 - 1/2 - 3
 Material : cement. - cal - arena.

RECTA DE REGRESION DE MINIMOS CUADRADOS

$Y = A + B \times X$

n = 5 Numero de edades

X	Y	XY	X ²	Y ²	Y corregido
7	0.393	2.751	49	0.154	0.412
14	0.371	5.194	196	0.138	0.385
28	0.350	9.800	784	0.123	0.333
70	0.254	17.780	4900	0.065	0.175
90	0.037	3.330	8100	0.001	0.100
209	1.405	38.855	14029	0.480	
X prom	Y prom		B = -0.004		
41.80	0.28		A = 0.438		r = -0.9333

REGRESION NO LINEAL EXPONENCIAL

$Y = A \times B^X$

Transformacion lineal : $\log Y = \log A + (\log B) \times X$
 a = log A b = log B

Donde : N = log Y

X	Y	N	XN	X ²	N ²	Y corregido
7	0.393	-0.406	-2.839	49	0.165	0.487
14	0.371	-0.431	-6.029	196	0.185	0.414
28	0.350	-0.456	-12.766	784	0.208	0.299
70	0.254	-0.595	-41.662	4900	0.354	0.113
90	0.037	-1.432	-128.862	8100	2.050	0.071
209		-3.319	-192.158	14029	2.962	
X prom		N prom		b = -0.010093		
41.80		-0.664		a = -0.242		r = -0.843

REGRESION NO LINEAL POTENCIA

$Y = A \times X^B$

Donde :

N = log Y M = log X
 a = log A b = B

Transformacion lineal :
 $\log Y = \log A + B \times \log X$

X	M	Y	N	MN	M ²	N ²	Y corregido
7	0.845	0.393	-0.406	-0.343	0.714	0.165	0.554
14	1.146	0.371	-0.431	-0.494	1.314	0.185	0.347
28	1.447	0.350	-0.456	-0.660	2.094	0.208	0.217
70	1.845	0.254	-0.595	-1.098	3.404	0.354	0.117
90	1.954	0.037	-1.432	-2.798	3.819	2.050	0.098
	7.238		-3.319	-5.392	11.346	2.962	
	M prom		N prom		b = -0.677		
	1.448		-0.664		a = 0.316		r = -0.7240

REGRESION NO LINEAL HIPERBOLICA

$Y = 1 / (A + B \times X)$

Transformacion lineal : $1/Y = A + B \times X$

Donde :

$N = 1/Y$

X	Y	N	XN	X^2	N^2	Y corregido
7	0.393	2.545	17.812	49	6.47463	-6.718
14	0.371	2.695	37.736	196	7.26528	0.688
28	0.350	2.857	80.000	784	8.16327	0.215
70	0.254	3.937	275.591	4900	15.50003	0.070
90	0.037	27.027	2432.432	8100	730.46019	0.053
209		39.061	2843.571	14029	767.86339	
X prom		N prom		b =	0.22876654	
41.8		7.812		a =	-1.750	r = 0.773715

Cuadro de Resumen de Coeficiente de Tendencia

Indice Correlacion	Minimos Cuadrados	Exponencial	Potencia	Hiperbolica
r	-0.9333	-0.8429	-0.7240	0.7737

Observando el cuadro de resumen podemos darnos cuenta que la mejor tendencia nos la da la Regresion de Minimos Cuadrados, por lo que decidimos tomarlo como ajuste de nuestros datos

A continuacion presentaremos el cuadro final de resistencia a compresion para el diseño - M2. ver grafico siguiente pagina.

Edad	Tendencia de Resistencia Final Diseño - M2
7	0.412
14	0.385
28	0.333
70	0.175
90	0.100

Diseño - M3 : 3/4 - 1/4 - 3
Material : cement. - cal - arena.

RECTA DE REGRESION DE MINIMOS CUADRADOS

$$Y = A + B \times X$$

n = 5 Numero de edades

X	Y	XY	X ²	Y ²	Y corregido
7	0.382	2.671	49	0.146	0.381
14	0.354	4.956	196	0.125	0.355
28	0.305	8.540	784	0.093	0.305
70	0.153	10.710	4900	0.023	0.153
90	0.080	7.200	8100	0.006	0.080
209	1.274	34.077	14029	0.394	
X prom	Y prom		B = -0.004		
41.80	0.25		A = 0.406		r = -1.0000

REGRESION NO LINEAL EXPONENCIAL

$$Y = A \times B^X$$

Transformacion lineal : $\log Y = \log A + (\log B) \times X$

Donde : N = log Y

a = log A

b = log B

X	Y	N	XN	X ²	N ²	Y corregido
7	0.382	-0.419	-2.930	49	0.175	0.411
14	0.354	-0.451	-6.314	196	0.203	0.362
28	0.305	-0.516	-14.440	784	0.266	0.281
70	0.153	-0.815	-57.072	4900	0.665	0.131
90	0.080	-1.097	-98.722	8100	1.203	0.091
209		-3.297	-179.477	14029	2.512	
X prom		N prom		b = -0.007868		
41.80		-0.659		a = -0.331		r = -0.985

REGRESION NO LINEAL POTENCIA

$$Y = A \times X^B$$

Donde :

N = log Y

M = log X

Transformacion lineal :

$\log Y = \log A + B \times \log X$

a = log A

b = B

X	M	Y	N	MN	M ²	N ²	Y corregido
7	0.845	0.382	-0.419	-0.354	0.714	0.175	0.480
14	1.146	0.354	-0.451	-0.517	1.314	0.203	0.324
28	1.447	0.305	-0.516	-0.746	2.094	0.266	0.219
70	1.845	0.153	-0.815	-1.504	3.404	0.665	0.130
90	1.954	0.080	-1.097	-2.144	3.819	1.203	0.113
	7.238		-3.297	-5.265	11.346	2.512	
	M prom		N prom		b = -0.566		
	1.448		-0.659		a = 0.160		r = -0.9076

REGRESION NO LINEAL HIPERBOLICA

$$Y = 1 / (A + B \times X)$$

Transformacion lineal : $1/Y = A + B \times X$
 Donde :

$$N = 1/Y$$

X	Y	N	XN	X^2	N^2	Y corregido
7	0.382	2.621	18.349	49	6.87086	0.558
14	0.354	2.825	39.548	196	7.97983	0.392
28	0.305	3.279	91.803	784	10.74980	0.246
70	0.153	6.536	457.516	4900	42.71861	0.116
90	0.080	12.500	1125.000	8100	156.25000	0.093
209		27.761	1732.216	14029	224.56910	
X prom		N prom		b =	0.10803693	
41.8		5.552		a =	1.036	r = 0.936511

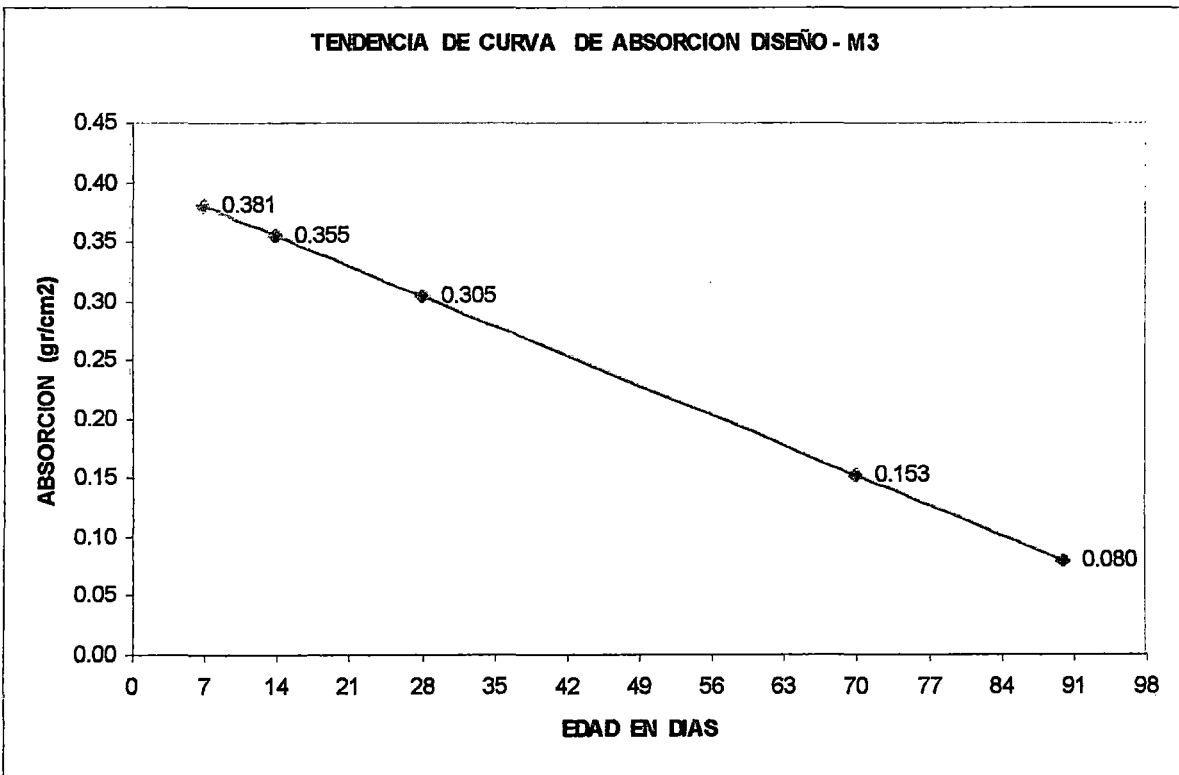
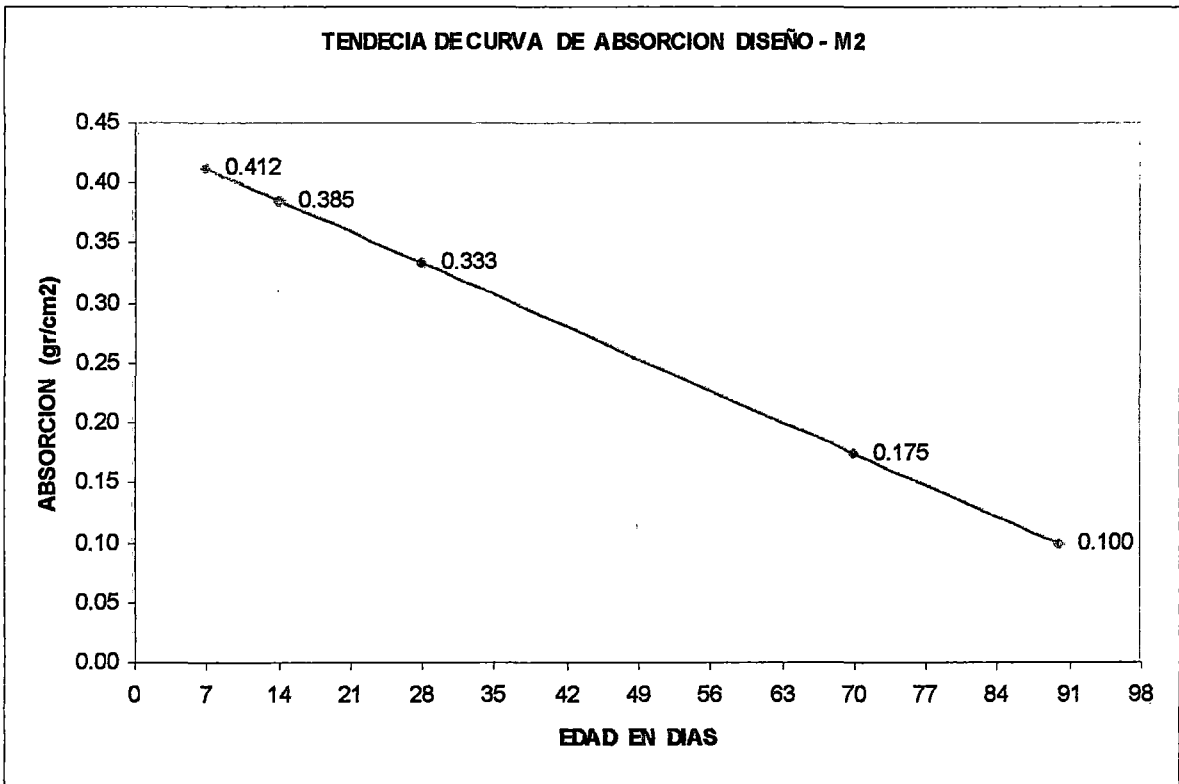
Cuadro de Resumen de Coeficiente de Tendencia

Indice Correlacion	Minimos Cuadrados	Exponencial	Potencia	Hiperbolica
r	-1.0000	-0.9848	-0.9076	0.9365

Observando el cuadro de resumen podemos darnos cuenta que la mejor tendencia nos la da la Regresion no Lineal Potencia, por lo que decidimos tomarlo como ajuste de nuestros datos

A continuacion presentaremos el cuadro final de resistencia a compresion para el diseño - M3. ver grafico siguiente pagina.

Edad	Tendencia de Resistencia Final Diseño - M3
7	0.381
14	0.355
28	0.305
70	0.153
90	0.080



Diseño - M4 : 1/4 - 3/4 - 3
 Material : cement. - cal - arena.

RECTA DE REGRESION DE MINIMOS CUADRADOS

$Y = A + B \times X$

n = 5 Numero de edades

X	Y	XY	X^2	Y^2	Y corregido
7	0.376	2.632	49	0.141	0.425
14	0.406	5.684	196	0.165	0.394
28	0.414	11.592	784	0.171	0.330
70	0.037	2.590	4900	0.001	0.140
90	0.105	9.450	8100	0.011	0.049
209	1.338	31.948	14029	0.490	
Xprom	Yprom	B = -0.005			
41.80	0.27	A = 0.457		r = -0.9074	

REGRESION NO LINEAL EXPONENCIAL

$Y = A \times B^X$

Transformacion lineal : $\log Y = \log A + (\log B) \times X$
 a = log A b = log B

onde : N = log Y

X	Y	N	XN	X^2	N^2	Y corregido
7	0.376	-0.425	-2.974	49	0.180	0.447
14	0.406	-0.391	-5.481	196	0.153	0.376
28	0.414	-0.383	-10.724	784	0.147	0.266
70	0.037	-1.432	-100.226	4900	2.050	0.095
90	0.105	-0.979	-88.093	8100	0.958	0.058
209		-3.610	-207.497	14029	3.489	
X prom		N prom	b = -0.010694			
41.80		-0.722	a = -0.275		r = -0.828	

REGRESION NO LINEAL POTENCIA

$Y = A \times X^B$

Transformacion lineal : $\log Y = \log A + B \times \log X$

onde : N = log Y M = log X
 a = log A b = B

X	M	Y	N	MN	M^2	N^2	Y corregido
7	0.845	0.376	-0.425	-0.359	0.714	0.180	0.572
14	1.146	0.406	-0.391	-0.449	1.314	0.153	0.329
28	1.447	0.414	-0.383	-0.554	2.094	0.147	0.190
70	1.845	0.037	-1.432	-2.642	3.404	2.050	0.092
90	1.954	0.105	-0.979	-1.913	3.819	0.958	0.075
	7.238		-3.610	-5.917	11.346	3.489	
	M prom		N prom	b = -0.796			
	1.448		-0.722	a = 0.430		r = -0.7895	

REGRESION NO LINEAL HIPERBOLICA

$$Y = 1 / (A + B \times X)$$

Transformacion lineal : $1/Y = A + B \times X$

Donde :

$$N = 1/Y$$

X	Y	N	XN	X ²	N ²	Y corregido
7	0.376	2.660	18.617	49	7.07334	0.484
14	0.406	2.463	34.483	196	6.06664	0.292
28	0.414	2.415	67.633	784	5.83444	0.163
70	0.037	27.027	1891.892	4900	730.46019	0.070
90	0.105	9.524	857.143	8100	90.70295	0.055
209		44.089	2869.767	14029	840.13755	
X prom		N prom		b =	0.19400891	
41.8		8.818		a =	0.708	r = 0.664351

Cuadro de Resumen de Coeficiente de Tendencia

Indice Correlacion	Minimos Cuadrados	Exponencial	Potencia	Hiperbolica
r	-0.9074	-0.8283	-0.7895	0.6644

Observando el cuadro de resumen podemos darnos cuenta que la mejor tendencia nos la da la Regresion de Minimos Cuadrados, por lo que decidimos tomarlo como ajuste de nuestros datos.

A continuacion presentaremos el cuadro final de resistencia a compresion para el diseño - M4. ver grafico siguiente pagina.

Edad	Tendencia de Resistencia Final Diseño - M4
7	0.425
14	0.394
28	0.330
70	0.140
90	0.049

Diseño - M5 : 1/4 - 4/5 - 3
 Material : cement. - cal - arena.

RECTA DE REGRESION DE MINIMOS CUADRADOS

$$Y = A + B \times X$$

n = 5 Numero de edades

X	Y	XY	X ²	Y ²	Y corregido
7	0.387	2.709	49	0.150	0.378
14	0.376	5.264	196	0.141	0.374
28	0.354	9.912	784	0.125	0.368
70	0.348	24.360	4900	0.121	0.349
90	0.345	31.050	8100	0.119	0.340
209	1.810	73.295	14029	0.657	
X _{prom}	Y _{prom}	B = 0.000			
41.80	0.36	A = 0.381		r = -0.8775	

REGRESION NO LINEAL EXPONENCIAL

$$Y = A \times B^X$$

Transformacion lineal : $\log Y = \log A + (\log B) \times X$

Donde : $N = \log Y$ $a = \log A$ $b = \log B$

X	Y	N	XN	X ²	N ²	Y corregido
7	0.387	-0.412	-2.886	49	0.170	0.377
14	0.376	-0.425	-5.947	196	0.180	0.374
28	0.354	-0.451	-12.628	784	0.203	0.368
70	0.348	-0.458	-32.089	4900	0.210	0.349
90	0.345	-0.462	-41.596	8100	0.214	0.341
209		-2.209	-95.147	14029	0.978	
X prom		N prom		b = -0.000533		
41.80		-0.442		a = -0.419	r = -0.882	

REGRESION NO LINEAL POTENCIA

$$Y = A \times X^B$$

Donde : $N = \log Y$ $M = \log X$ $a = \log A$ $b = B$
 transformacion lineal
 $\log Y = \log A + B \times \log X$

X	M	Y	N	MN	M ²	N ²	Y corregido
7	0.845	0.387	-0.412	-0.348	0.714	0.170	0.385
14	1.146	0.376	-0.425	-0.487	1.314	0.180	0.373
28	1.447	0.354	-0.451	-0.653	2.094	0.203	0.362
70	1.845	0.348	-0.458	-0.846	3.404	0.210	0.347
90	1.954	0.345	-0.462	-0.903	3.819	0.214	0.343
	7.238		-2.209	-3.237	11.346	0.978	
	M prom		N prom	b = -0.046			
	1.448		-0.442	a = -0.375		r = -0.9714	

REGRESION NO LINEAL HIPERBOLICA

$$Y = 1 / (A + B \times X)$$

Transformacion lineal : $1/Y = A + B \times X$

Donde :

$$N = 1/Y$$

X	Y	N	XN	X^2	N^2	Y corregido
7	0.387	2.584	18.088	49	6.67695	0.377
14	0.376	2.660	37.234	196	7.07334	0.374
28	0.354	2.825	79.096	784	7.97983	0.367
70	0.348	2.874	201.149	4900	8.25737	0.349
90	0.345	2.899	260.870	8100	8.40160	0.341
209		13.841	596.437	14029	38.38907	
X prom		N prom.		b =	0.00338251	
41.8		2.768		a =	2.627	r = 0.886593

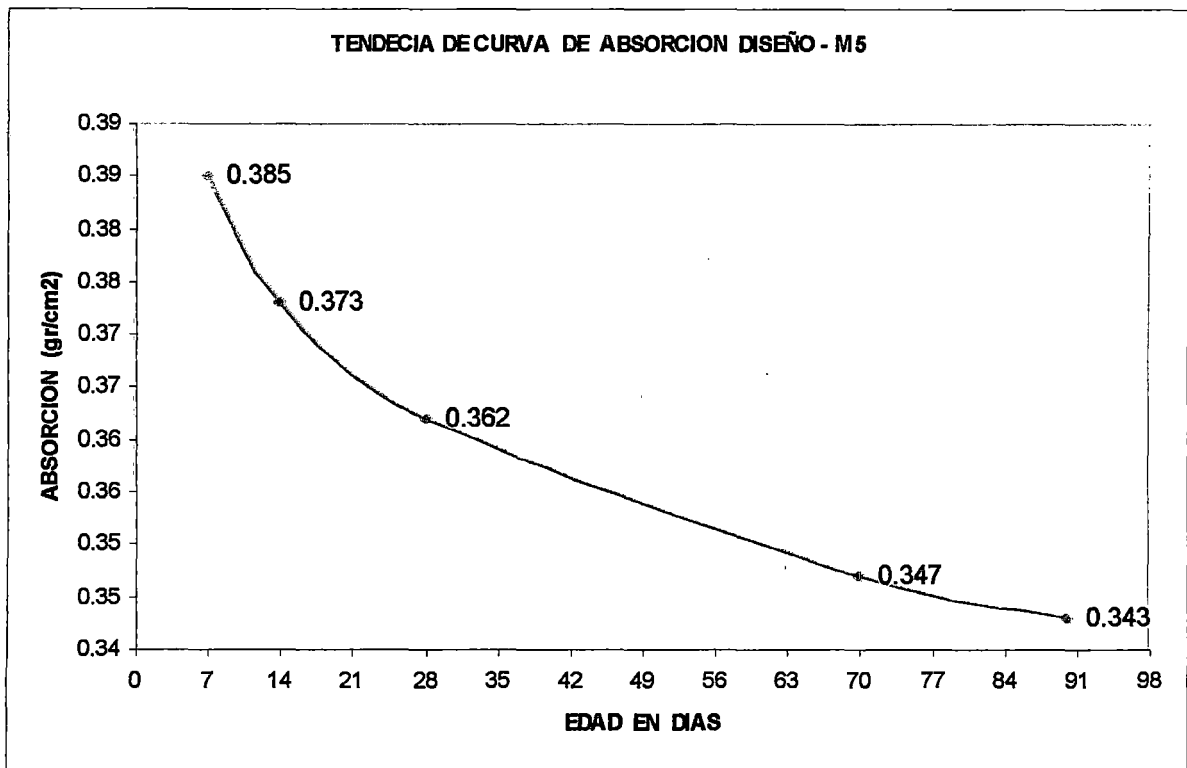
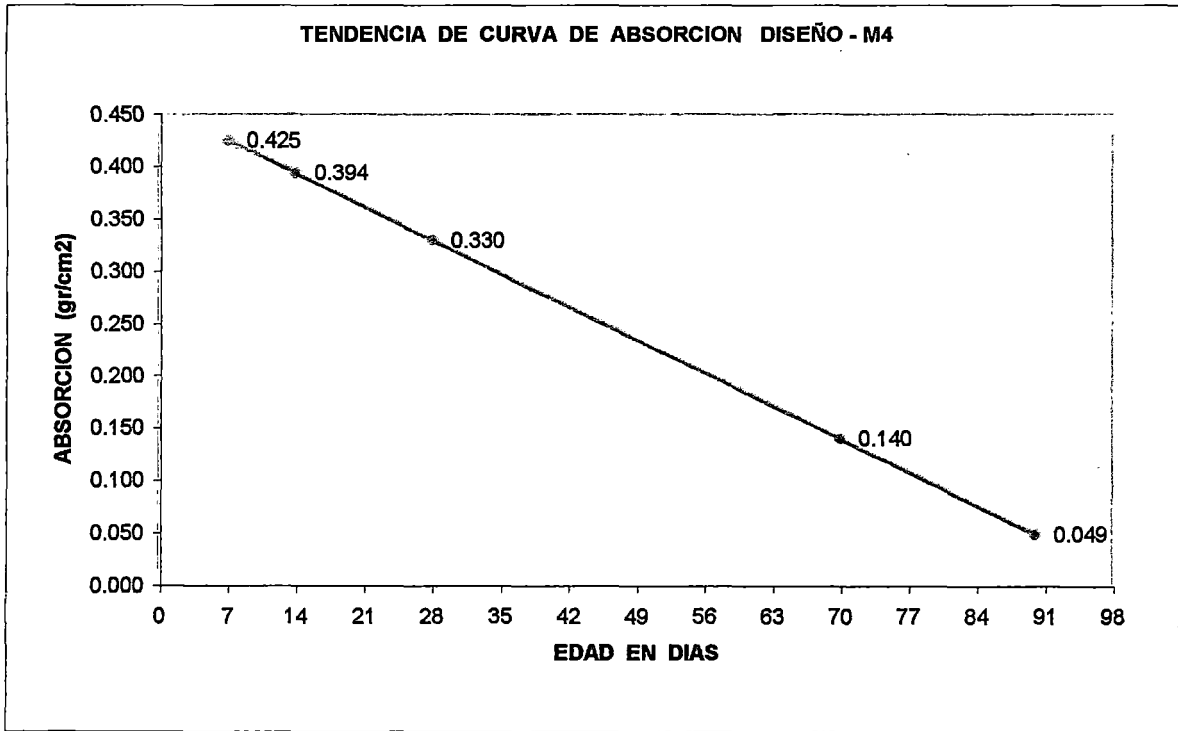
Cuadro de Resumen de Coeficiente de Tendencia

Indice Correlacion	Minimos Cuadrados	Exponencial	Potencia	Hiperbolica
r	-0.8775	-0.8821	-0.9714	0.8866

Observando el cuadro de resumen podemos darnos cuenta que la mejor tendencia nos la da la Regresion no Lineal Potencia, por lo que decidimos tomarlo como ajuste de nuestros d:

A continuacion presentaremos el cuadro final de resistencia a compresion para el diseño - M5. ver grafico siguiente pagina.

Edad	Tendencia de Resistencia Final Diseño - M5
7	0.385
14	0.373
28	0.362
70	0.347
90	0.343



CAPITULO VII

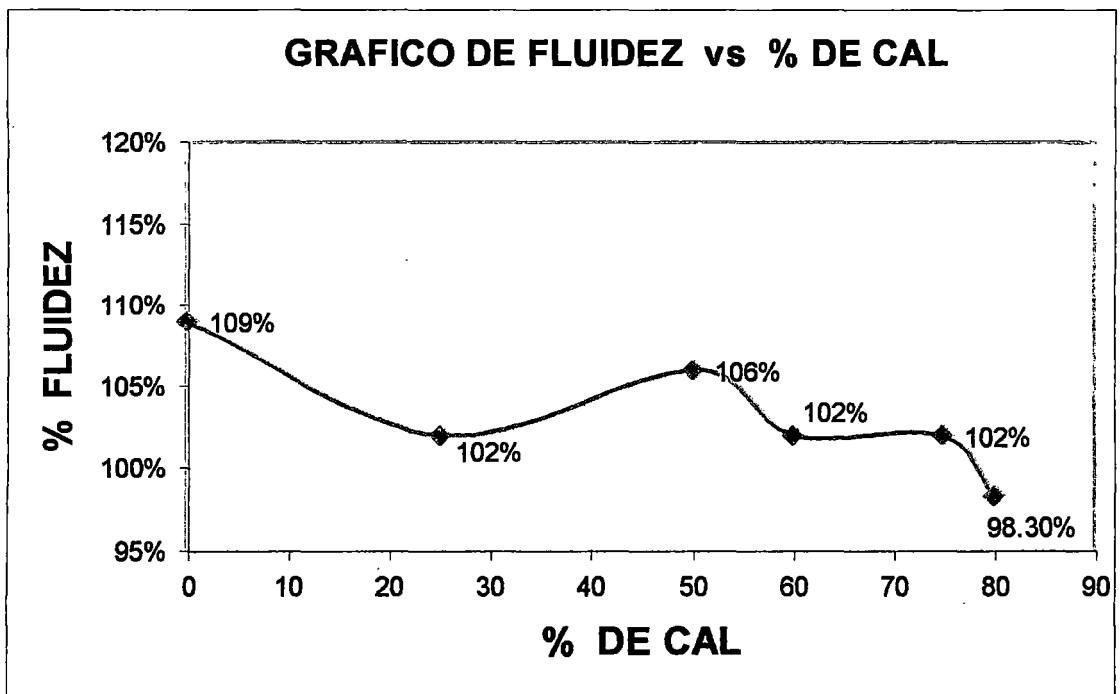
ANALISIS DE RESULTADOS

7.1 ENSAYO DE MORTERO FRESCO

7.1.1 FLUIDEZ Y TRABAJABILIDAD

En la mayoría de los casos, los morteros con adición de cal no llegaron a los requerimientos mínimos de las normas ASTM C270 y del RNC, observa en el gráfico 7.1 la muestra patrón si cumple con dichas normas, mientras se aumenta el porcentaje de cal en la mezcla el valor de la fluidez se aleja mas del rango de valores mínimos como se aprecia en el gráfico. Por otro lado el mortero con adición de cal presenta una mejor trabajabilidad que el mortero patrón, esto es debido a que la cal mejora la retentividad del mortero, lo cual lo hace bastante manejable y fluida a la mezcla, condiciones que se necesitan para un buen mortero.

Gráfico N. 7.1

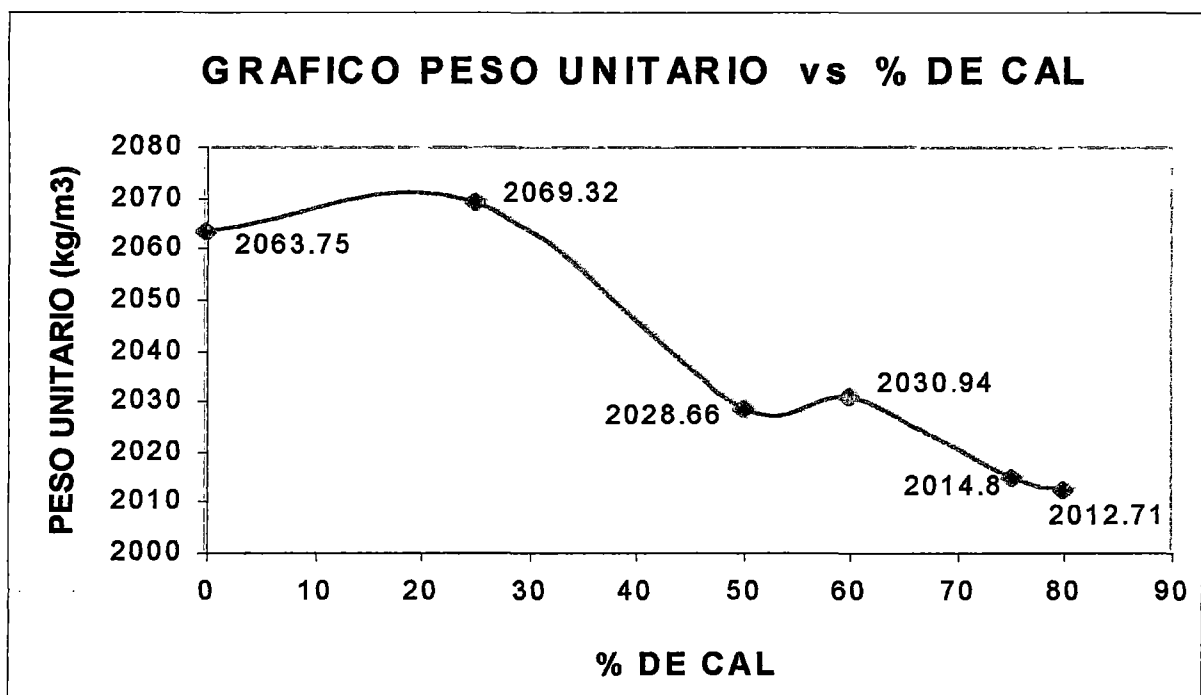


7.1.2 PESO UNITARIO

Observando el gráfico 7.2 se aprecia que el mortero fabricado con cal al 25% es mas pesado que el mortero patrón, debido a que la cal retiene mas agua en el amasado por eso lo hace muy manejable.

Todo lo contrario sucede cuando aumenta a mas del 25% de cal, se ve del gráfico que son menos pesados que el mortero patrón, debido a que la cal es menos densa que el cemento, el aumento de la cantidad de agua en el amasado en este caso ya no define la variación en el peso unitario.

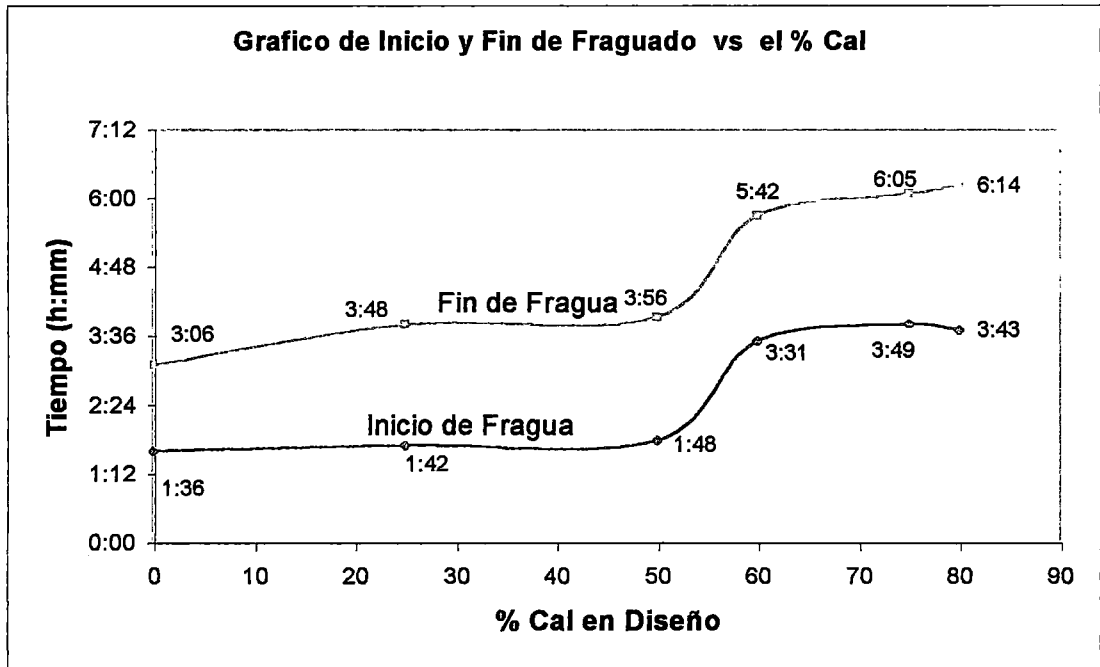
Gráfico N.7.2



7.1.3 TIEMPO DE FRAGUADO

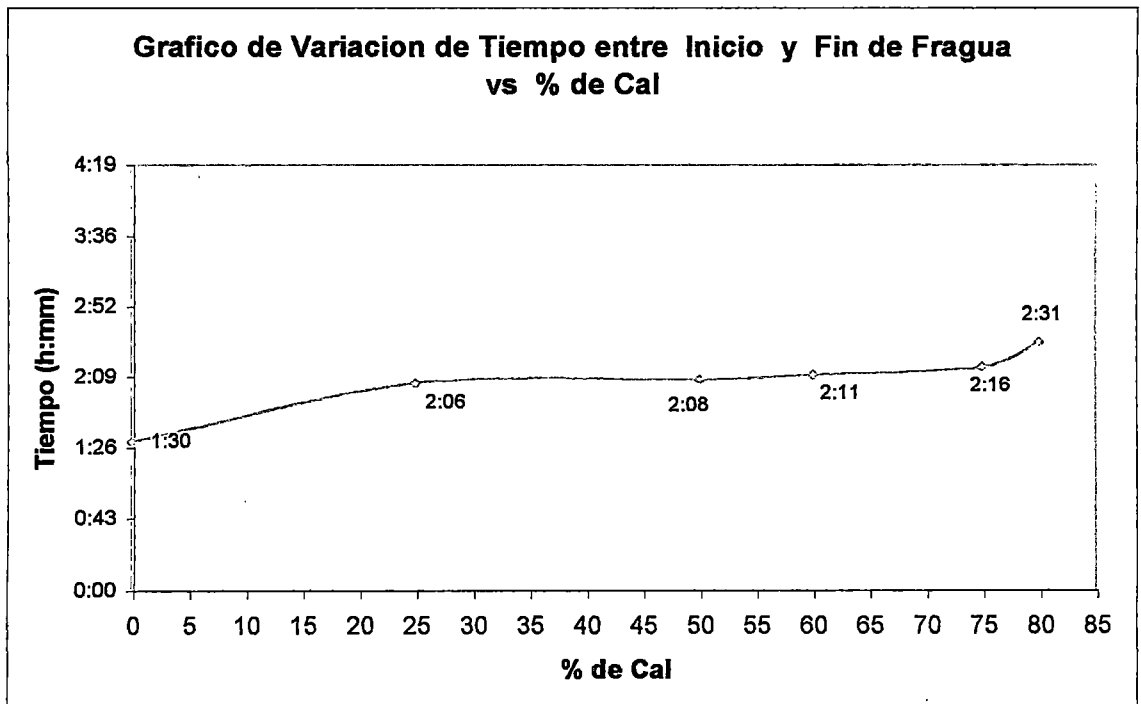
Observando el gráfico 7.3.1 se aprecia que los morteros fabricados con 25 % y 50% de cal, es decir: los morteros en la cual todavía predomina el cemento su inicio de fragua son más rápidos que el mortero patrón, por la variación de la cantidad de cemento, lo que no ocurre con los morteros que predomina la cal como son 60%, 75% y 80%, en estos casos el inicio de fragua demora más tiempo.

Gráfico N.7.3.1



Del gráfico 7.3.2 se aprecia que a medida se incrementa el porcentaje de la cal aumenta el tiempo que hay entre el inicio y fin de fragua, esta variación también depende de la temperatura y la humedad del medio ambiente donde se realiza.

Gráfico N.7.3.2

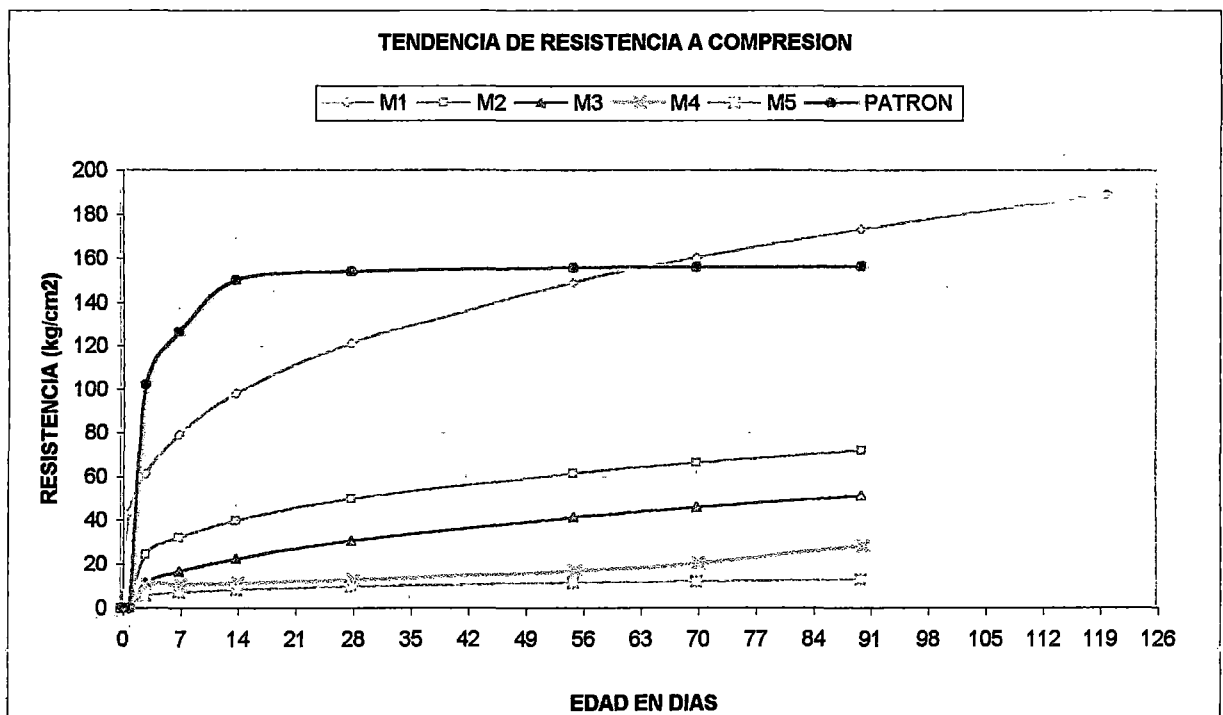


7.2 ENSAYO EN MORTERO ENDURECIDO

7.2.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Del gráfico 7.4 se aprecia que el mortero con 25% de cal en reemplazo del cemento adquiere para edades mayores a 65 días resistencia a compresión igual o superior al del mortero patrón. Para los casos de morteros con 50%, 60%, 75% y 80% de cal tampoco han alcanzado su resistencia máxima, pero estos morteros no alcanzaran la resistencia del mortero patrón ni cuando transcurra 120 días por ser un periodo muy corto para la carbonatación de estos morteros con alto porcentaje de cal.

EDAD DIAS	PATRON 0%CAL (kg/cm ²)	M1 25%CAL (kg/cm ²)	M2 50%CAL (kg/cm ²)	M3 60%CAL (kg/cm ²)	M4 75%CAL (kg/cm ²)	M5 80%CAL (kg/cm ²)
1	-	43.496	-	-	-	-
3	101.800	60.949	24.345	11.241	10.292	5.635
7	126.000	79.062	31.882	16.394	10.599	6.918
14	150.000	97.817	39.753	22.325	11.185	8.183
28	154.000	121.019	49.566	30.400	12.572	9.678
55	155.618	148.900	61.449	41.065	16.528	11.397
70	155.939	160.345	66.352	45.722	20.029	12.082
90	156.275	173.210	71.878	51.138	27.911	12.840
120	-	189.208	-	-	-	-

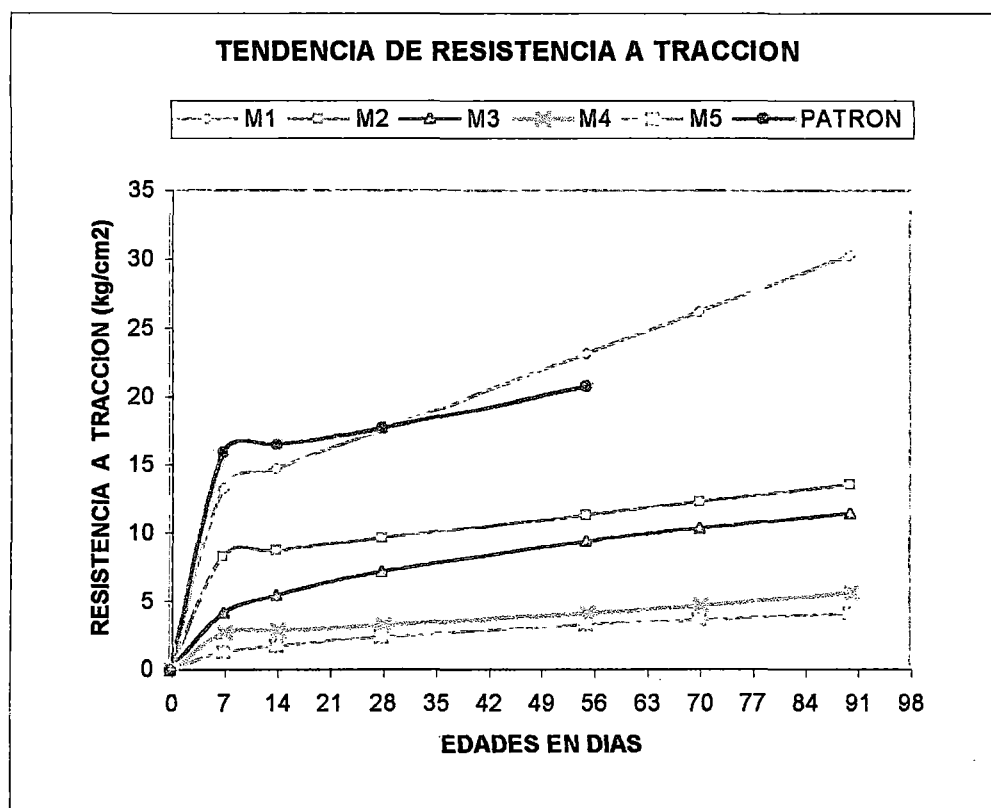


7.2.2 RESISTENCIA A TRACCIÓN

Del gráfico 7.5 se aprecia que el mortero con 25% de cal adquiere para edades mayores a 35 días resistencia a tracción superior al del mortero patrón. Para los casos de morteros con 50% y 60% de cal tampoco han alcanzado su resistencia máxima, pero se aprecia un aumento mayor que las proporciones de 75% y 80% de cal estos morteros no alcanzaran su resistencia del mortero patrón ni cuando transcurra 120 días por ser un tiempo muy corto para la carbonatación de estos morteros con alto porcentaje de cal.

CUADRO N° 7.5

EDAD DIAS	PATRON 0%CAL (kg/cm ²)	M1 25%CAL (kg/cm ²)	M2 50%CAL (kg/cm ²)	M3 60%CAL (kg/cm ²)	M4 75%CAL (kg/cm ²)	M5 80%CAL (kg/cm ²)
7	15.879	13.277	8.293	4.130	2.681	1.263
14	16.442	14.715	8.738	5.447	2.853	1.742
28	17.697	17.592	9.630	7.184	3.232	2.402
55	20.753	23.141	11.348	9.407	4.109	3.285
70	-	26.224	12.303	10.358	4.696	3.674
90	-	30.334	13.576	11.452	5.610	4.127



7.2.3 RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

Del gráfico 7.6 se aprecia que el mortero con 25% de cal adquiere para edades mayores a 35 días resistencia a flexión superior al del mortero patrón. Para los casos de morteros con 50% y 60% de cal se observa un crecimiento de resistencia igual hasta los 28 días, el primero mantiene un aumento suave de resistencia mientras que el segundo es más brusco el aumento hasta los 90 días, el mortero con 75% de cal en esa edad supera en resistencia al mortero con 50% de cal y así se mantiene hasta los 120 días. Por ser un periodo muy corto para la carbonatación de estos morteros con alto porcentaje de cal no han podido llegar a su resistencia máxima.

CUADRO N° 7.6

EDAD DIAS	PATRON 0%CAL (kg/cm ²)	M1 25%CAL (kg/cm ²)	M2 50%CAL (kg/cm ²)	M3 60%CAL (kg/cm ²)	M4 75%CAL (kg/cm ²)
7	65.104	61.078	44.545	43.967	31.979
14	67.708	67.883	46.236	46.201	33.455
28	76.087	75.446	49.619	48.548	36.614
55	76.800	83.000	56.200	50.7	43.97
70	-	86.753	59.766	51.835	47.999
90	-	90.140	64.599	52.774	54.604
120	-	-	-	-	66.255

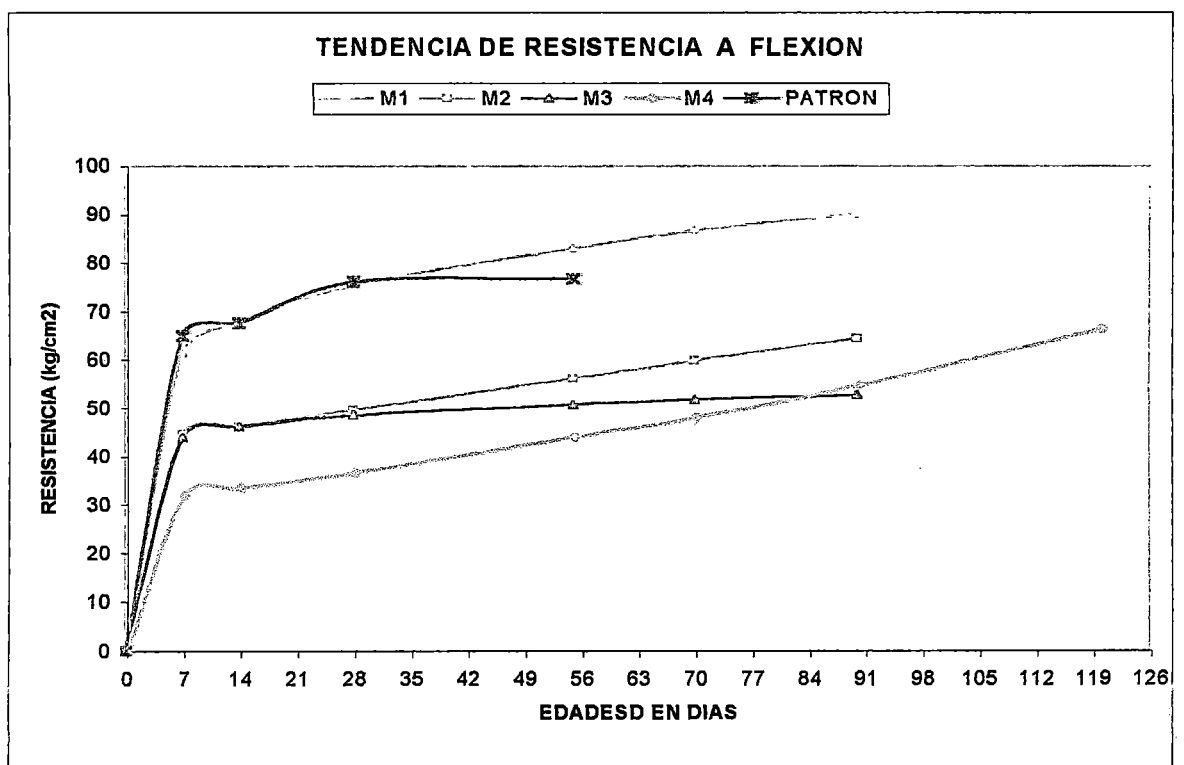


Gráfico 7.6

7.2.4 ABSORCIÓN

Del gráfico 7.7 se aprecia que el mortero patrón a los 7 días de edad tiene un alto valor de absorción en comparación con los morteros con adición en cal, debido a que el mortero patrón no es un buen retenedor de agua ya que lo usa para la hidratación del cemento los cuales dejan poros en el mortero el cual permiten una absorción inmediata a temprana edad hasta la edad de 28 días que termina de reaccionar el cemento, luego con el transcurrir del tiempo disminuye bruscamente el valor de la absorción.

Todo lo contrario sucede con los morteros con adición en cal, por tener mayor retención de agua hace que la mezcla sea más homogénea, esto se refleja en la disminución suave de la curva de valores según transcurra el tiempo. También del gráfico 7.7 se ve dos casos muy particular que a sus ves son opuestos en las curvas de valores de absorción, el primer caso es el mortero con 25% de cal que presenta valores muy bajos con respecto a todos los otros diseños y se mantiene con variaciones casi constantes de una edad a otra, permitiendo que el cemento reaccione hasta los 28 días sin producir poros en el mortero, es decir; el porcentaje de cal reemplazado va de la mano con la reacción del porcentaje de cemento que contiene el mortero, lo que no sucede en el mortero con 80% de cal es todo lo contrario al primero, la cal no reacciona en tan corto tiempo para poder colaborar en el sellado de poros del mortero.

CUADRO N° 7.7

EDA D DIAS	PATRON	M1	M2	M3	M4	M5
	0%CAL (g/cm ²)	25%CAL (g/cm ²)	50%CAL (g/cm ²)	60%CAL (g/cm ²)	75%CAL (g/cm ²)	80%CAL (g/cm ²)
7	0.46	0.147	0.412	0.381	0.425	0.385
14	0.41	0.142	0.385	0.355	0.394	0.373
28	0.30	0.133	0.333	0.305	0.330	0.362
55	0.09	0.120	0.230	0.210	0.21	0.351
70	-	0.112	0.175	0.153	0.140	0.347
90	-	0.104	0.100	0.080	0.049	0.343

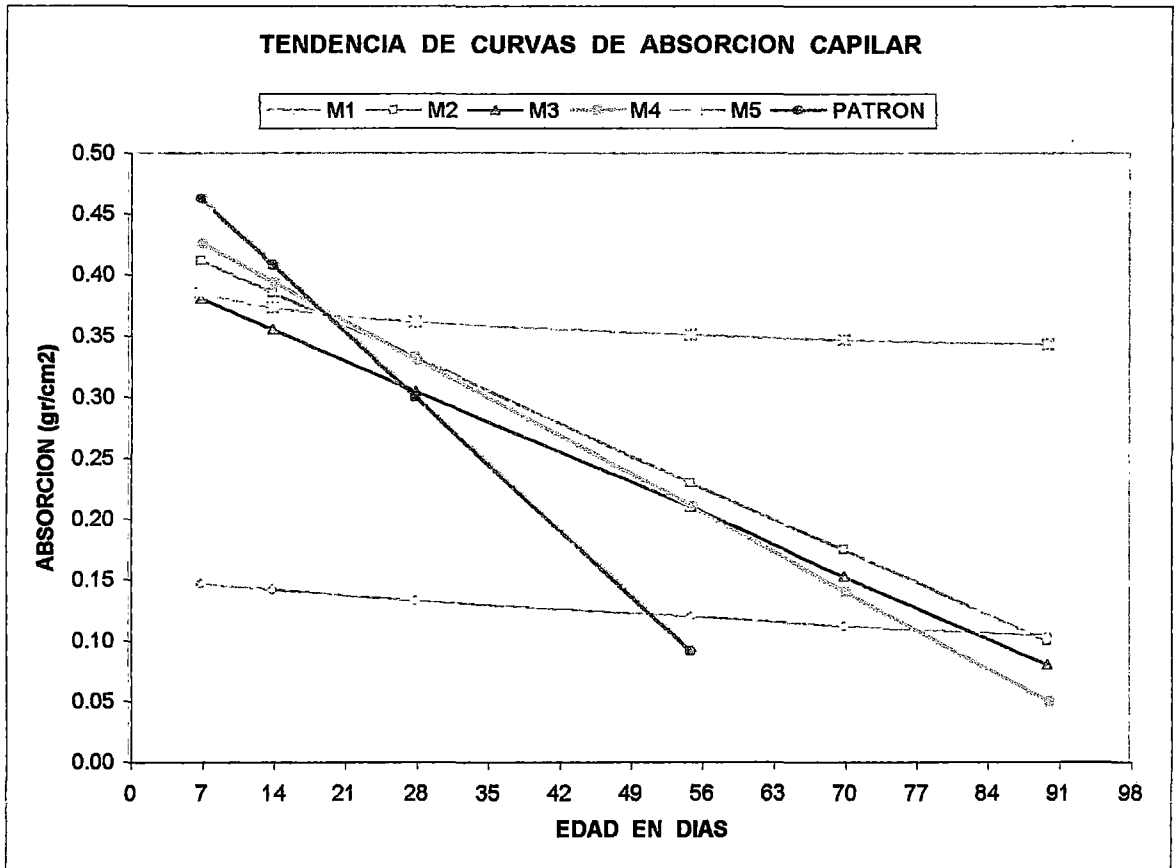


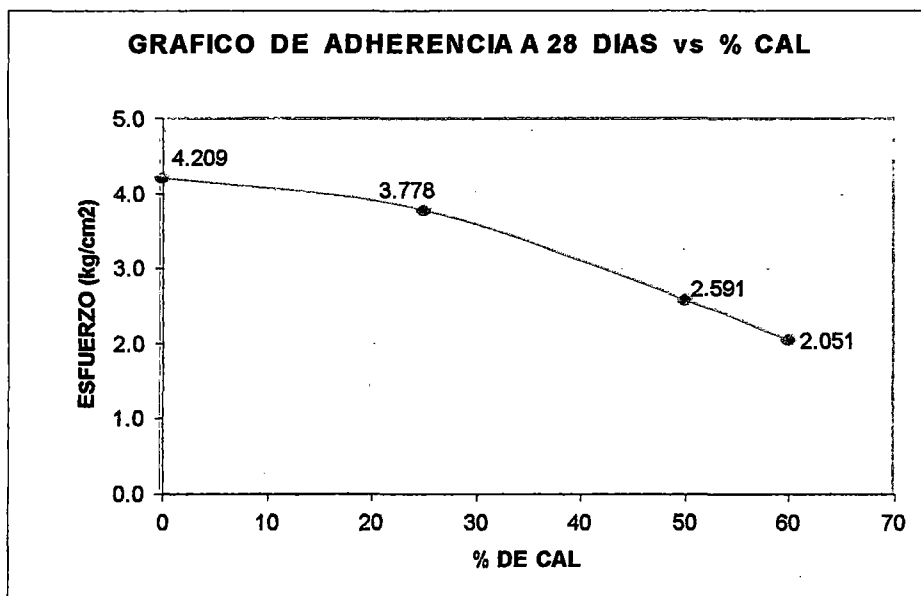
Gráfico 7.7

7.2.5 ADHERENCIA

De los resultados obtenidos podemos decir que son valores referenciales de adherencia, es decir; la fuerza que se necesita para despegar un centímetro cuadrado de mortero, pero también hay otro parámetro que influye en la adherencia que es la "extensión" sobre esto puede decir que hay un aumento considerable con respecto al mortero patrón y cada vez que las proporciones de cal es mayor el aumento de extensión es mayor, y el "valor" disminuye por el simple echo que la carbonatación no esta completa.

Del gráfico 7.8 se aprecia que el mortero patrón tiene mayor valor adherente que los morteros con 25%, 50% y 60% de cal, la comparación que se hace es a los 28 días de edad es por eso que no aparecen los morteros de mayor porción de cal por estar muy frágil para el ensayo, es de esperar que transcurrido el tiempo aumente su valor de adherencia de los morteros con cal, como ha venido pasando con las propiedades anteriores

Gráfico 7.8



7.2.6 RETRACCIÓN

Del gráfico 7.9 se observa que el mortero patrón tiene una contracción del 1.3% de volumen, a diferencia de los morteros con 25% y 50% de cal que presenta contracción de 6.75% y 1.5% de volumen respectivamente.

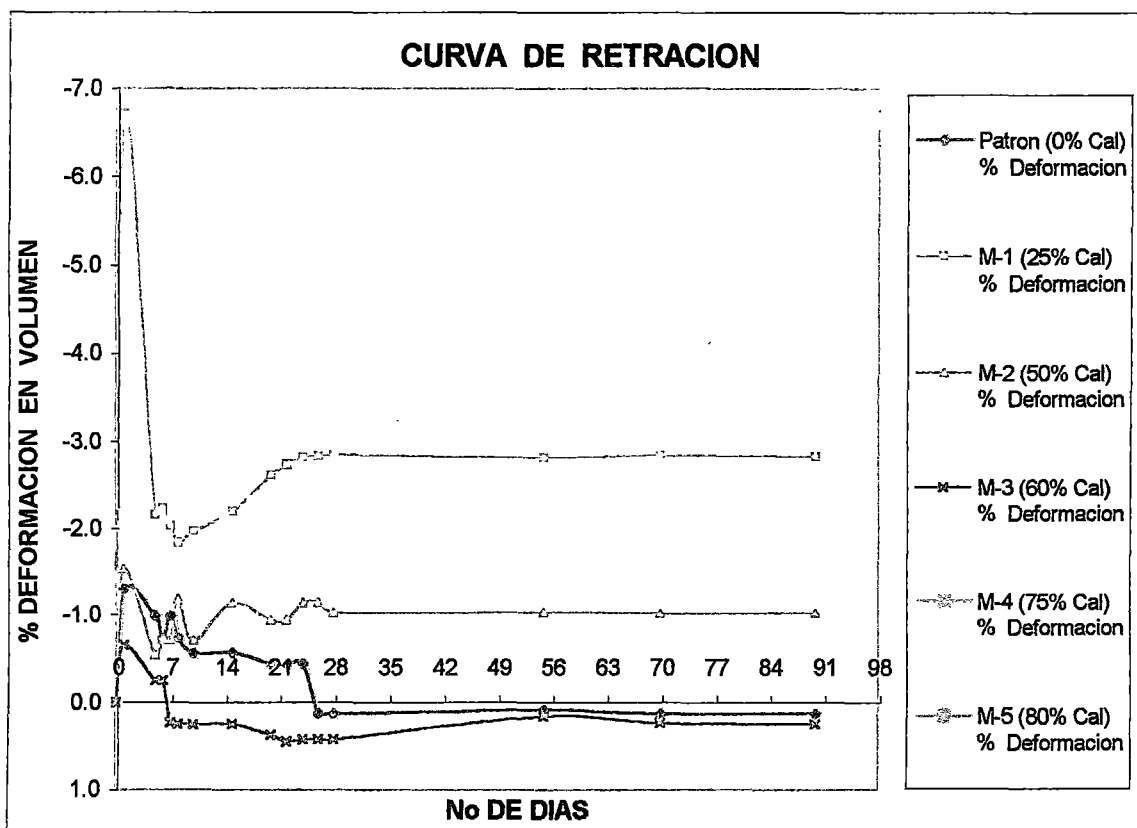
El mortero con 60% de cal obtiene contracciones de 0.6% de volumen, siendo así la menor contracción en comparación con el mortero patrón.

La explicación es que todo el mortero presenta contracción por secado y contracción por carbonatación. Del primero podemos decir que tiene dos fases, tiene una fase irreversible y otra fase reversible o movimiento de humedad, para el mortero patrón si se cura de manera que se hidrata completamente antes de exponerse al secado entonces el movimiento de humedad reversible formara una mayor proporción de contracción por secado, es decir; mayor % de recuperación de volumen. Por otra parte si el secado se acompaña de carbonatación extensa, que es el caso de los morteros con 25% y 50% de cal, la pasta de cemento no es más capaz de movimiento de humedad, por lo que la contracción residual o irreversible es mayor, es decir; menos % de recuperación de volumen y a sus ves colabora con el aumento de la fase irreversible de contracción por secado.

De la fase irreversible de contracción se asocia con la formación de

adherencia adicional física y química en el gel del cemento cuando se retira el agua absorbida, esta fase irreversible afecta al mortero patrón y los morteros con 25% y 50% de cal de una manera notoria por tener gran cantidad de cemento en la mezcla, pero el mortero con 60% de cal también se afecta pero no es notorio por la poca cantidad de cemento que tiene la mezcla de ahí que presente menor contracción que el mortero patrón. Por carbonatación se entiende la reacción del CO_2 con el cemento hidratado. El gas CO_2 que este presente en la atmósfera, reacciona con el hidróxido de calcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$ para formar carbonato de calcio CaCO_3 ; otros componentes del cemento son también descompuestos, una consecuencia es la contracción por carbonatación que se realiza de forma muy lenta, los morteros con adición de cal son los mas afectados como se ve el gráfico.

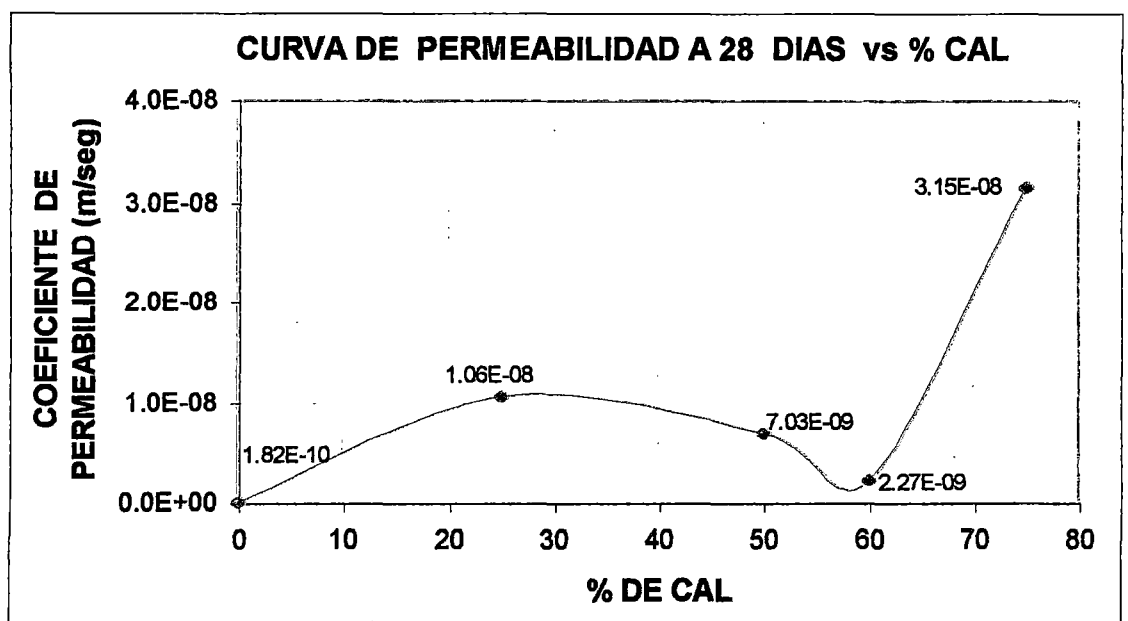
Gráfico 7.9



7.2.7 PERMEABILIDAD

Observando los valores del gráfico 7.10 y comparando con las tablas que se muestran en él "capítulo V" estarán catalogados como morteros con permeabilidad muy baja o prácticamente impermeables. También podemos decir que para la edad de 28 días el mortero patrón presenta el menor valor de coeficiente de permeabilidad con respecto a los morteros con adición de cal debido a que la carbonatación no se ha completado por el corto tiempo. La explicación es por la carbonatación del mortero que da como resultado un leve incremento en la resistencia y una permeabilidad reducida, posiblemente porque el agua que se libera por la descomposición del hidróxido de calcio Ca(OH)_2 en la carbonatación colabora en el proceso de hidratación y el carbonato de calcio CaCO_3 se deposita en los huecos dentro de la pasta de cemento. Para el mortero patrón es leve el incremento y la reducción de estas dos propiedades respectivamente mencionadas anteriormente, pero para los morteros con porcentajes de cal mayores al mortero patrón la carbonatación es mayor en consecuencia mayor es el incremento de la resistencia y mucho menor la reducción de la permeabilidad.

Gráfico 7.10

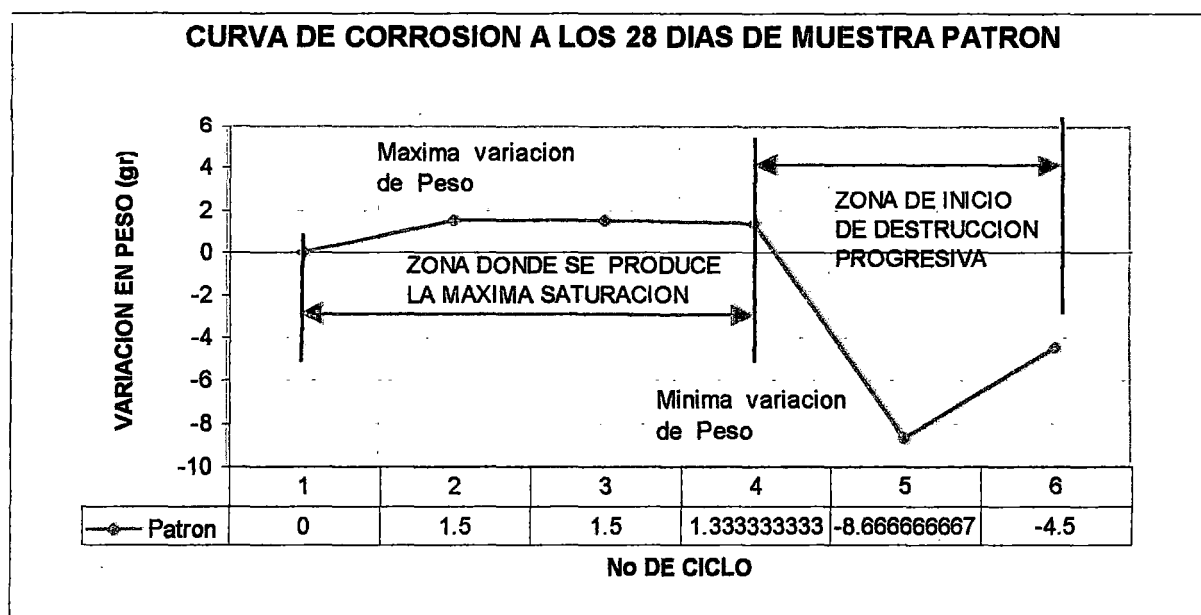


7.2.8 RESISTENCIA A AGUAS AGRESIVAS (corrosión AL SULFATO DE MAGNESIO)

Cuando se realizó el presente ensayo se observó que el mortero patrón presentaba la llegada de máxima saturación en poco ciclos de exposición al sulfato de magnesio esto se ve reflejado para las edades de 7, 14, 28 y 55 días, luego de los cuales viene el decrecimiento inmediato del mortero, es decir; la disgregación del mortero como se ve en el gráfico 7.11.1.

El mortero patrón presentaba para todas las edades en la etapa de saturación, hinchamiento de la probeta, formación de escamas, la presencia de mancha blanca y rosada en el exterior y en el núcleo de la probeta respectivamente, luego en la etapa de decrecimiento el deterioro del mortero es notorio, por las esquinas de la probeta se desasen dando lugar a la disminución gradual del peso de la probeta, el ataque del sulfato de magnesio se da de la parte exterior hacia el interior del mortero, siendo este último el que ofrece mayor resistencia por no presentar la coloración blanquecina. Para morteros con adición de cal podemos decir que solo se quedaron en la etapa de saturación, mas aun no llegaron todavía a la máxima saturación teniendo el doble de ciclo de exposición al sulfato de magnesio que el mortero patrón, es decir; como se demora en saturarse también se demora en deteriorarse el mortero con adición de cal.

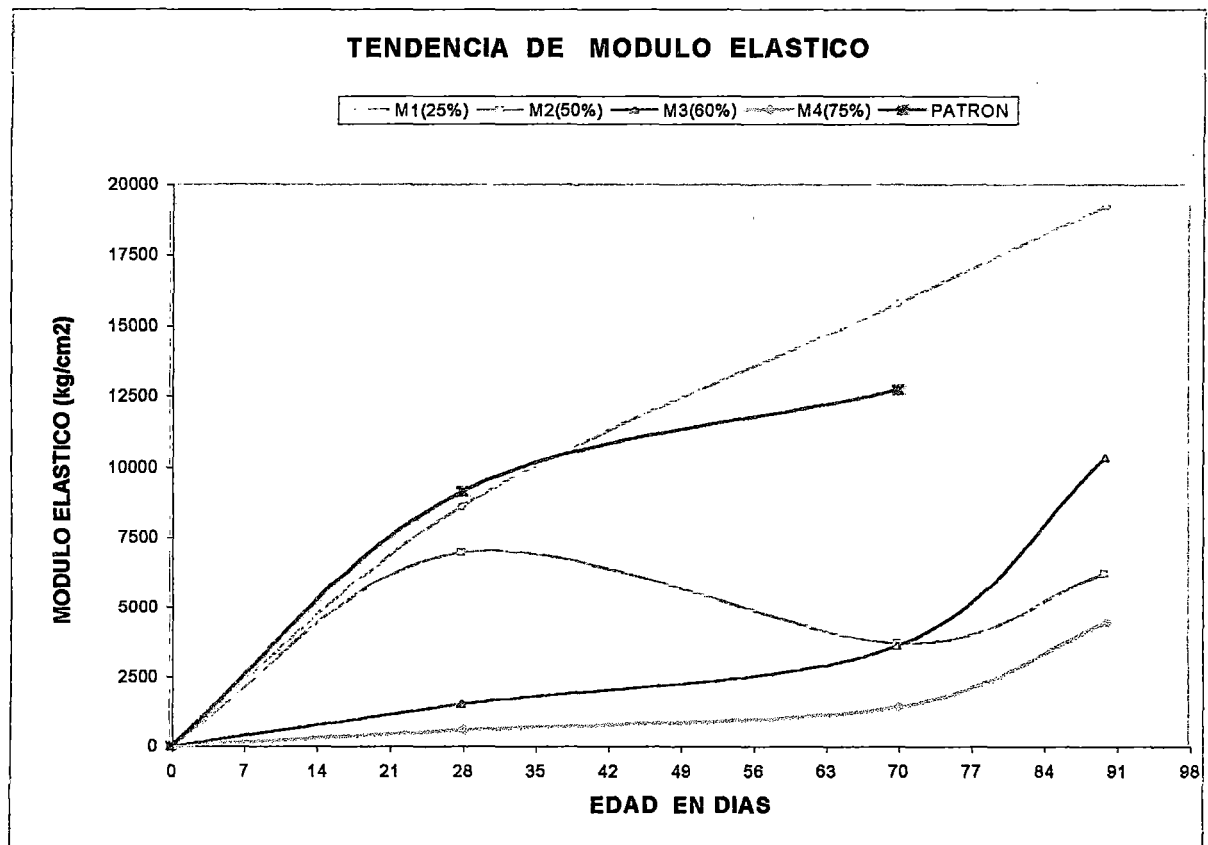
Grafico No 7.11.1



7.2.9 MODULO ELÁSTICO

Del gráfico 7.12 se aprecia que el mortero con 25% de cal casi alcanza el valor del modulo elástico del mortero patrón, esto se da a los 28 días de edad mientras que las demás proporciones de cal están por debajo del valor patrón. También del gráfico se ve con mas claridad el aumento del valor del modulo elástico del mortero patrón y de los morteros con 60% y 75% de cal cuando pasa a la edad de 70 días, mientras que en esta edad ocurre una disminución de modulo de elasticidad para el mortero con 50% de cal. Para la edad de 90 días se espera que los morteros con 60% y 75% de cal alcancen valores muy altos de modulo elástico, así como el mortero con 25% de cal que supera al mortero patrón.

Gráfico 7.12



A continuación un cuadro resumen, de los Análisis de Resultados.

PROPIEDADES	OBSERVACION	MORTERO PATRON 0% DE CAL	MORTERO 3/4 - 1/4 - 3 25% DE CAL	MORTERO 1/2 - 1/2 - 3 50% DE CAL	MORTERO 2/5 - 3/5 - 3 60% DE CAL	MORTERO 1/4 - 3/4 - 3 75% DE CAL	MORTERO 1/5 - 4/5 - 3 80% DE CAL
Fluidez Y Trabajabilidad	La comparación con respecto a las Normas Flujo 110% +/- 5%	109% esta dentro del flujo ideal	102%	106%	102%	102%	98.30%
Los morteros con adición de cal no necesariamente están dentro del rango, pero son mas trabajables por ser mas cohesiva la mezcla.							
Peso Unitario del Mortero	La comparación con respecto al mortero patrón	100%	100.27%	98.30%	98.41%	97.63%	97.53%
Tiempo de Fraguado	El tiempo de fraguado depende de temperatura y húmeda del ambiente	100%	122.58%	126.88%	183.87%	196.23%	201.08%
Resistencia a la Compresión	La comparación a los 28 días de edad, con respecto al mortero patrón	Posee los valores máximos	Tendencia al ascenso y Superación.	Tendencia suave de superación	Tendencia muy suave para alcanzar su valor máximo, con necesidad del tiempo para la carbonatación, no alcanza el valor patrón.		
Resistencia a la Tracción	La comparación a los 28 días de edad, con respecto al mortero patrón	Alcanza los valores máximos	Posee el valor Máximo, supera al patrón	No alcanza el valor del mortero patrón. Tendencia notoria para alcanzar su valor máximo, con necesidad de tiempo para la carbonatación.			
Resistencia a la Flexión	La comparación a los 28 días de edad, con respecto al mortero patrón	Posee los valores máximos	Alcanza el valor Máximo, supera al patrón	No alcanza el valor del mortero patrón. Tendencia notoria para alcanzar su valor máximo, con necesidad de tiempo para la carbonatación.			
Absorción Capilar	La comparación a los 28 días de edad, con respecto al mortero patrón	Mayor valor que el mortero de 25%	Posee el menor valor que el mortero patrón	Mayor valor que el mortero patrón.	Igual valor que el mortero patrón.	Mayor valor que el mortero patrón.	Mayor valor que el mortero patrón.
Adherencia	La comparación a los 28 días de edad, con respecto al mortero patrón	100%	89.76%	61.56%	48.73%	No se pudo medir por ser frágil y se desboronaba la muestra.	
Retracción	Se expresa los valores reales de % contracción para cada mortero	1.3%	6.75%	1.50%	0.65%	No se pudo medir por ser frágil y se desboronaba la muestra.	
Permeabilidad	"k" coeficiente permeabilidad, Comparación a los 28 días de edad.	Posee muy bajo valor de "k"	Posee mayor valor de "k" con respecto al mortero patrón	Posee bajo valor de "k"	Posee mas alto valor de "k" con respecto al Mortero Patrón.		
Resistencia a la Corrosión (Sulfato de Magnesio)	La comparación con respecto al mortero patrón	Posee menor resistencia a la corrosión	Posee mayor resistencia a la corrosión	Posee mayor resistencia a la corrosión	Posee mayor resistencia a la corrosión	Posee mayor resistencia a la corrosión	Posee mayor resistencia a la corrosión
Modulo de Elasticidad	La comparación a los 28 días de edad, con respecto al mortero patrón	Menor valor que el mortero de 25%	Posee el valor máximo que él mortero patrón	Menor valor que el mortero patrón.	Menor valor que el mortero patrón.	Menor valor que el mortero patrón.	Menor valor que el mortero patrón.

Los resultados obtenidos en el cuadro de resumen han sido comparados para la edad de 28 días, este ha sido el método usual para evaluar morteros y juzgar su aceptabilidad. Es claro que, esto proviene de la tecnología del concreto y que este valor dice poco o nada de las de las propiedades que realmente interesa para el mortero. Si bien, en esencia, ambos se elaboran de los mismos componentes sus funciones y métodos de construcción son radicalmente distintos.

No es cierto que lo que sea necesario para elaborar un buen concreto lo sea para elaborar un buen mortero; es, más bien, todo lo contrario. En primer lugar, el concreto es un material estructural en sí. Su llenado se realiza en moldes impermeables y una vez colocado debe proveérsele humedad para asegurar la total hidratación del cemento. El objetivo final: la más alta resistencia a la compresión posible al menor costo.

El mortero es prioritariamente un adhesivo que une las unidades de albañilería y de adherencia a la superficie que protege o reviste. De otro lado, y siempre en comparación con el concreto, el mortero es colocado sobre superficies absorbentes y la mayor parte de su superficie esta expuesta a los efectos de la evaporación, succión por parte de las unidades de albañilería, es decir; la resistencia que presenta el mortero a ser despojado de su agua indispensable para la hidratación del cemento a esta propiedad se llama retentividad.

El mortero no debe ser curado. No solo por la obvia dificultad de hacerlo, sino porque se humedecería principalmente la superficie de albañilería, creando deformaciones de expansión y contracción que atentaría con la integridad de la albañilería. Todos estos aspectos indican que la resistencia a la compresión, vital en el concreto, es secundaria en el mortero. Por lo tanto el concreto y mortero son dos compuestos distintos. FUENTE [11]

CAPITULO VIII

CUADRO COMPARATIVO DE COSTOS

En el presente estudio se realiza el análisis de costos comparativos teniendo en cuenta que los materiales se encuentran en Lima.

A continuación se muestra un cuadro de precios considerados para la elaboración del análisis de costos unitarios. Estos precios son considerando que los insumos se encuentren Lima.

Materiales	Unidades	Precio Unitarios (S/.)
Cemento Sol Tipo I	Bolsa	15.50
Arena de Trapiche	M3	16.95
Cal de Obra o Aérea	Bolsa	3.00

Nota: La bolsa de cal obra o aérea contiene 20Kg.

Los precios han sido tomados como referencia de los Distribuidores de Materiales de Lima. Estos precios no incluyen I.G.V.

A continuación se muestra un cuadro de costo por fabricación de cada diseño de mezcla.

**COSTO POR 1 m³ DE MORTERO
FABRICADO PARA CADA DISEÑO DE MEZCLA**

TIPO DE MEZCLA	CEMENTO			CAL DE OBRA O AEREA			ARENA (m ³)			COSTO POR m ³ DE MORTERO S/.	VARIACION De COSTO S/.	% COSTO c/ RESPECTO AL PATRON
	Cant. Bolsa	P.Unitario S/.	P. Parcial S/.	Cant. Bolsa	P.Unitario S/.	P. Parcial S/.	Cant. M3	P.Unitario S/.	P. Parcial S/.			
1 - 0 - 3	9.69		150.20	0.00		0.00	0.83		14.07	164.26	0.00	100.00
3/4 - 1/4 - 3	7.50		116.25	3.49		10.47	0.83		14.07	140.79	23.48	85.71
1/2 - 1/2 - 3	4.95	15.50	76.73	5.17	3.00	15.51	0.83	16.95	14.07	106.30	57.96	64.72
2/5 - 3/5 - 3	4.06		62.93	6.36		19.08	0.83		14.07	96.08	68.19	58.49
1/4 - 3/4 - 3	2.49		38.60	7.78		23.34	0.83		14.07	76.00	88.26	46.27
1/5 - 4/5 - 3	1.93		29.92	8.06		24.18	0.83		14.07	68.16	96.10	41.50

- La **Mano de Obra** que se necesita para la adición de cal en reemplazo parcial del cemento no es especializada.
- Pero es necesario **Charlas de Capacitación** del personal para poder aplicarlo los distintos tipos de mezclas en nuestra realidad.
- El rendimiento del personal obrero en la utilización del mortero con adición en cal en cada partida debe ser menor, igual o mayor dependiendo del porcentaje de cal con respecto al mortero patrón, es decir; la demora lo origina el **Tiempo de Fragua** final como sabemos este tiempo nos marca el comienzo o el final de cada labor.
- También capacitar al personal en el reconocimiento de la **Fluidez y Trabajabilidad** del mortero con adición en cal, ya que presenta una textura pastosa muy cohesiva, como si fuese una masa plástica y el exceso de agua hace que la masa no tenga la consistencia necesaria, y en ese caso dejar reposar.
- El personal notara una leve variación de **Peso** del mortero con adición de cal con respecto al Patrón, esto ayuda a mejorar el rendimiento de avance en tarrajeos, en cielo raso, etc.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Se concluye que:

- La Cal Aérea es un aglomerante ecológico, posee comportamiento mecánico armónico con el de otros materiales: piedra, tápiales, azulejos, etc.
- Los morteros de Cal Aérea no producen sales nocivas, su lento fraguado y elasticidad, evitan que se presente fisuras o cuarteos, utilizando este tipo de morteros ya no necesitan aditivos plastificantes.
- Los morteros con adición de cal incrementan su trabajabilidad y disminuyen su peso unitario, lográndose morteros más livianos.
- Los morteros con adición de cal retardan su tiempo de fragua, según el porcentaje de cal adicionado. En el estudio de la tesis las variaciones observadas fueron desde 22% hasta 100% con respecto al mortero patrón, observándose también que la temperatura y humedad del ambiente, influye en este comportamiento.
- Los morteros con adición de cal, contribuye en la mejora de la trabajabilidad de la mezcla eliminándose así proceso de reemplado.
- A la edad de 28 días y habiéndose adicionado 25 % de cal en la mezcla se obtuvieron los mejores comportamientos mecánicos de este material tales como: resistencia a compresión, tracción y flexión.
- En los morteros con 50%, 60%, 75% y 80% de cal en reemplazo del cemento, para edades mayores a 28 días las propiedades mecánicas presentan una tendencia al ascenso hasta alcanzar su máximo valor; según avance el proceso de carbonatación.

- Las combinaciones mas óptimas para revestimientos de superficies sumergidas o en contacto temporal con el agua, se obtuvieron con 25% y 60% de adición de cal en la mezcla.
- A edades mayores de 90 días se observa, según resultado de ensayos, que el porcentaje de absorción disminuye debido al avance de la carbonatación.
- La permeabilidad de los morteros con adición de cal disminuye obteniéndose así un material que tienden a ser hidrófugo.
- El mortero con 25% de cal en reemplazo del cemento a edad de 28 días, desarrolla una óptima adherencia inicial.
- Según el Análisis Estadístico se espera que los morteros con adición de cal para edades mayores a 90 días, adquieran una buena adherencia y aumenten conforme se completa el proceso de carbonatación.
- Cuanto mayor es la proporción de cal en el mortero menor es la retracción. El mortero con 60% de cal en reemplazo del cemento solo se contrae 0.5% en volumen, mientras que el mortero patrón se contrae el 1% en volumen.
- Los morteros con adición de cal presentan mayor resistencia a los sulfatos y soluciones dañinas que pudiese estar en el medio ambiente o terreno.
- Los morteros con adición de cal, incrementan sus propiedades elásticas.
- Del Análisis Económico de Costos se observa que en los morteros con adición de cal se puede lograr minorar los costos desde 40% hasta 85% con respecto al mortero tradicional.

RECOMENDACIONES

- Habiéndose tenido como base las Normas E070, ASTM y RNC, además resultados obtenidos en Laboratorio de Ensayo de Material recomiendo utilizar Normas ASTM-C270 para el uso de este tipo de mortero, debido a que estas Normas son más específicas para la utilización del mortero tradicional en las distintas áreas de la albañilería.(ver Capítulo II, cuadro 2.2)
- La cal a emplearse en obras de construcción, deberá ser previamente hidratada preferiblemente a la salida del horno, ya que la cal hidratada es mucho más fácil de guardar y transportar.
- Debe almacenarse la cal en bolsas plásticas, en lugares seco y resguardado de las corrientes de aire, ya que podría iniciarse el proceso de carbonatación.
- Debe señalarse la incompatibilidad de morteros ricos en cal sobre superficies ricas en cemento. Por ejemplo revoques de cal sobre superficies de una estructura de hormigón armado u otros revoques ricos en cemento, debido a diferencias de elasticidad y dilatación los morteros de cal colocados de esa manera se fisurarán al poco tiempo de ser aplicados. El mismo problema se presenta en el caso inverso: morteros ricos en cemento no deben aplicarse sobre superficies hechas con morteros ricos en cal.
- En climas muy fríos se recomienda especial cuidado en el tiempo de fraguado, debido al comportamiento como retardante de fragua de la cal.
- Fomentar las investigaciones en el área de morteros adicionados (ceniza de cáscara de arroz, ceniza volátil, residuos de alto horno, etc.).

- Se debería fomentar la producción masiva de la cal en todas las provincias del interior de país que tengan yacimientos, desarrollando así una actividad económica para su beneficio propio del lugar, de la misma manera se aprovecharía el material natural de región y así aumentar la producción de obras en provincia, mejorando la calidad de la vivienda y aun bajo costo.
- Proliferar una mayor difusión de información y asesoría a los productores locales de cal para que construyan hornos de cal más eficientes (en términos de consumo de combustible y calidad de producción de la cal) y así estandarizar el proceso.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Titulo : "Cales, Cementos y Hormigones"
Autor : Ricardo Ferrer
Biblioteca : SENCICO
Edición : Editorial Sintés
Año : 1984
- [2] Titulo : " Atlas de Minería y Energía en el Perú 200 "
Autor : Ministerio de Energía y Minas
Biblioteca : Ministerio de Energía y Minas
Edición : Firmac S.A.C
Año : 2000
- [3] Titulo : " Atlas de la pequeña minería en el Perú 2000 "
Autor : Ministerio de Energía y Minas
Biblioteca : Ministerio de Energía y Minas
Edición : Firmac S.A.C
Año : 2000
- [4] Titulo : " Aditivos y Tratamiento de Morteros y Hormigones "
Autor : Michael Vennuat
Biblioteca : UNI-FIC
Edición : Editores Técnicos Asociados S.A.
Año : 1972
- [5] Titulo : " Norma ININVI E-070 "
Autor : ININVI
Biblioteca : UNI-FIC
Edición : Perú
Año : 1989

- [6] Título : "Tecnología del Concreto "
Autor : Ing. Flavio Abanto Castillo
Biblioteca : UNI-FIC
Edición : Perú
- [7] Título : "Diseño de Mezclas"
Autor : Ing. Rafael Cachay Huaman
Biblioteca : UNI-FIC
Edición : Perú
Año : 1999
- [8] Título : " Ensayo y Control de los Hormigones "
Autor : Ing. Francis Gorisse
Biblioteca : UNI-FIC
Edición : Editores Técnicos Asociados S.A
Año : 1980
- [9] Título : " Durabilidad del Concreto y Mortero "
Autor : Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto
Biblioteca : Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto
Edición : México
Año : 1982
- [10] Tesis : "Puesta a punto de Método de medición de la permeabilidad del
Concreto"
Autor : Rubén Jesús Melo Laguna
Biblioteca : UNI-FIC
Edición : Perú
Año : 1991

-
- [11] Titulo : "Diseño, Calculo y Construcción de Edificios de Albañilería"
Autor : Ing. Héctor Gallegos Vargas.
Biblioteca : CONCYTEC
Edición : CDPI
Año : 1989
- [12] Titulo : " ANNUAL BOOK OF ASTM STANDARDS "
Autor : A.S.T.M
Biblioteca : UNI-FIC
Edición : USA
Año : 1990
- [13] Titulo : " REGLAMENTO NACIONAL DE CONSTRUCCION "
Autor : CAPECO
Biblioteca : CAPECO
Edición : Perú
Año : 1983
- [14] Titulo : " Tecnología del Mortero en Colombia "
Autor : Ing. Sánchez de Guzmán, Diego
Biblioteca : Asociación Colombiana de Productores de Concreto
Edición : Colombiana
Año : 1985
- [15] Tesis : "Utilización de la Escoria de Sider-Perú como Agregado Fino en Mortero "
Autor : Rosa Mariela Aramburu García
Biblioteca : UNI-FIC
Edición : Perú
Año : 1992

-
- [16] Título : “ Estudio Experimental entre la relación de agua/cemento y la resistencia a la compresión del concreto, utilizando cemento Pórtland tipo I
- Autor : Carlos Enrique Gaona Montenegro
- Biblioteca : UNI-FIC
- Edición : Perú
- Año : 2000
- [17] Título : “ Estudio de las características del concreto en estado fresco y endurecido con aditivo plastificante, reductor de agua y entrampador de aire utilizando cemento Pórtland tipo I – Súper cemento Atlas”
- Autor : Wilfredo Rodríguez Rodríguez
- Biblioteca : UNI-FIC
- Edición : Perú
- Año : 1997

ANEXOS

Unidad	Empresa	Distrito	Provincia	Distrito	Cantidad (TM/año)
Santa Virginia	SMRL Santa Virginia de Huaraz	Ancash	Santa	Cáceres del Perú	6 000 000
Luisa de la Torre de Humay	SMRL Luisa de la Torre de Humay	Ancash	Santa	Cáceres del Perú	10 000
San Rafael de Jimbe	Moreno Guzmán Rolando	Ancash	Santa	Cáceres del Perú	10 000
Fray Martín de Porres N° 2	SMRL Fray Martín de Porres N° 2	Ancash	Yungay	Matacoto	7 400
San Judas Tadeo 4	Zúñiga y Guzmán Emilio	Ancash	Casma	Casma	105 589
Calera dos	SUC. Torres Méndez Arturo	Ancash	Yungay	Quillo	15 000
Calera	SUC. Torres Méndez Arturo	Ancash	Yungay	Quillo	12 000
Calera Cinco	SUC. Torres Méndez Arturo	Ancash	Yungay	Quillo	17 000
La Nieve	SMRL La Nieve	Ancash	Yungay	Mancos	5 500
Leonor	SMR Leonor	Ancash	Santa	Moro	200 000
Rey de Reyes Aeta	Distribuciones Y promociones SRL	Ancash	Yungay	Quillo	55 000
Ena	Villalva salaverry Ysidora Leonor	Ancash	Santa	Moro	200 000
Don Jose 20	Cia. Minera Santa Herminia SAC	Ancash	Santa	Moro	100 000
SATF - 1	Torres Flores Sergio Alberto	Ancash	Carhuaz	Carhuaz	100 000
San Antonio F. S.A	Cruz Cochachin Alicia	Ancash	Carhuaz	Marcara	18 000
San Jerónimo 2	SMRL San Jerónimo 2	Ancash	Carhuaz	Marcara	7 400
La inmaculada ENR	Navas Rodríguez Eduardo	Ancash	Carhuaz	Carhuaz	7 400

San Juan Tadeo N° 1	Zúñiga Ingenieros S.A	Ancash	Casma	Casma	1 250 000
Ysidora	SMRL Ysidora	Ancash	Casma	Yautan	300 000
Katia-94	Mármoles y Granitos S.A	Ancash	Huaraz	Pira	10 000
Demasia inducal N° 3	Inducal SRL	Ancash	Recuay	Tipapampa	7 200
Inducal N° 2	Indual SRL	Ancash	Recuay	Ticapampa	8 200
Medalla Milagrosa N° 15	Endo Endo Masataka	Arequipa	Arequipa	Pocsi	4 047
Chacolla	Quispe de la cruz Leopoldo	Ayacucho	Cangallo	Chuschi	100
Pedregal 40	Heredia Cubas Jorge Ramon	Cajamarca	Hualgayoc	Bambamarca	10 000 00
Los chancas I	SMRL Los chancas I	Cajamarca	Cajamarca	Los Baño el Inca	100 000
Lorencito	Araujo Vargas Jhony Edgar	Cajamarca	Cajamarca	Los Baños del Inca	5 000
Cordillera Sekai	SOC. MRA WV. Corordillera Sekai SR. LTDA	Cajamarca	Cajamarca	Los Baños del Inca	1 000 000
U.P. Calera California	Calizas Ascope S.A.	Cajamarca	Contumaza	San Benito	60 000
Calera California I	Calizas Ascope S.A	Cajamarca	contumaza	San Benito	10 000
Víctor Raúl	Casapino del Castillo Víctor	Cusco	Urubamba	Chinchero	1 400 000
Víctor Raúl Ingenieros	Casapino Castillo Víctor	Cusco	Urubamba	Chinchero	600 000
Nueva Nora Sofia	No metálicos Nacionales	Huancavelica	Huancavelica	Huancavelica	8 000 000
Azulina 1	Corp. Aceros Arequipa S.A	Ica	Ica	Ocucaje	20 000
Azulina 3	Corp. Aceros Arequipa S.A.	Ica	Ica	Ocucaje	20 000
Azulina 2	Corp. Aceros Arequipa S.A.	Ica	Ica	Ocucaje	20 000
Azulina 4	Corp. Aceros Arequipa S.A.	Ica	Ica	Ocucaje	20 000
Fabio Uno	Mármoles y Granitos SA.	Junín	Junín	Ondores	50 000

La Mona	Cía. Minera Lafayette	Junín	Yauli	Santa Barbara e Carhuacayan	660 000
Blanca Nieves IV	Mármore y Granitos S.A	Junín	Yauli	Marcapomacocha	25 000
Cantera Charo	Cía. Minera Bunyac	Junín	Tarma	Tarma	120 000
MIGAS 94	Mármoles y Granitos S.A.	Junín	Yaul	Marcapomacocha	10 000
UP Los Anónimos	Cía Minera Roxana S.A	Junín	Yauli	La Oroya	30 600
Caudalosa	Mármoles y granitos S.A.	Junín	Tarma	La Unión	10 000
Yurac Rumi	Colca Barrera Marcelo	Junín	Yauli	Chacapalpa	2 000
Albertino	Cía. Nac. Mármoles de Perú S.A	Junín	Jauja	Tunanmarca	58 545
Don Pedro N° 15	SMRL. Don Pedro N° 15	Junín	Jauja	Curicaca	400
San Francisco N° 2 - A	Cervanes Robladillo Pedro A	Junín	Jauja	Curicaca	2 600
San Francisco N° 1	Cervantes Robaldíño Pedro A	Junín	Jauja	Curicaca	2 500
San Francisco	SMRL San Francisco de Hauncayo	Junín	Jauja	Curicaca	
El Señor de Luren	SMRL El Señor de Luren de Huancayo	Junín	Jauja	Curicaca	5 500
El Señor de Yanahunca	Cervantes Robladillo Pedro A	Junín	Jauja	Curicac	2 800
Dedon	Mármoles y Granitos S.A	Junín	Jauja	Parco	10 000
Conchoc I	Comunid. Campes. De Llocilapampa	Junín	Jauja	Llocilapampa	250 000
La Calera Susanita	Baltasar Jiménez Lucas Edminudo	Junin	Jauja	Canchayllo	5 000
Dedazo	Mármoles y Granitos S.A	Junín	Jauja	Paccha	10 000
Dedo	Mármoles y Granitos S.A	Junín	Jauja	Paccha	10 000

Beatriche Uno	Mármoles y Granitos S.A	Junín	Jauja	Canchayllo	10 000
Beatriche	Mármoles y Granitos S.A	Junín	Jauja	Canchayllo	10 000
José Alberto	SMRL José Alberto 1	Junín	Jauja	Paccha	1 000
Capi Uno	Fiestas Palomina Carmen Rosa	Junín	Jauja	Paccha	50 000
Porvenir XSJ	Mra. Centro S.A	Junín	Hauncayo	Huancayo	2 000
Porvenir	Mra. Centro S.A	Junín	Jauja	Canchayllo	12 000
Roger Angel 97	Casachagua Molina Eduardo Marcelino	Junín	Jauja	Canchayllo	12 000
La Luz	Roman Salazar Luis Alberto	Junín	Huancayo	Huancayo	30 000
Roger Angel N° 3	Quispe Orhuela Silva	Junín	Concepción	San José de Quero	26 000
La Nacional 50	CNM Export S.A	Junín	Chupaca	Yanacancha	30 000
16 de Junio JVA	SMRL 16 de Junio JVA de Trujillo	La Libertad	Ascope	Chicama	5 500
Señor de la Piedad	UEA Señor de la Piedad	La Libertad	Trujillo	Simbal	600 280
UEA La Milagrosa	Cía. Minera Milagrosa SRL	La Libertad	Trujillo	Simbal	10 500
Socavonera N° 1	SMRL Halcón De Gorgor N° 20 de Lima	Lima	Cajatambo	Gorgor	1 200
Antonio	Abdhala Rizabal Antonio	Lima	Alto Huaral	Atavillos	1 500
Natalia I	Premix S.A	Lima	Canta	Santa Rosa de Quives	18 000
Ariana I	Premix S.A	Lima	Canta	Santa Rosa de Quives	12 000
MIGAS 19	Mármoles y Granitos S.A	Lima	Huarochari	Chicla	10 000
Eduardo Segundo Augusta	Cía. Inv. Mrs. Arics. Lurín S.A	Lima	Huarochari	San Mateo	

El AS	SMRL El As de Lima	Lima	Huachochiri	Matucana	8 000
Los dos paisanos	SMRL Los dos paisanos de Lima	Lima	Huachochiri	Maturcana	20 000
Huanchor I	Tejada Zavala German Alejandro	Lima	Huachochiri	San Mateo	100 000
Mina Cuarzo	SMRL Mina Cuarzo de Lima	Lima	Lima	Ate	4 600
Mussa 3	Inversiones Pórtland S.A	Lima	Lima	Pachacamac	22 300
Nicolar N° 1	Premix S.A	Lima	Lima	Pachacamac	9 000
Nicolas N° 18	Premix S.A	Lima	Lima	Pachacamac	12 000
Soledad de lima	SMRL Soledad de Lima	Lima	Lima	Lurín	300 000
San Cassiano dos	Mármoles y Granitos S.A	Lima	Yauyos	Alis	10 000
San Cassiano Uno	Mármoles y Granitos S.A	Lima	Yauyos	Alis	10 000
Flor de Nieve N° 2	Cía. Nac. De Mármoles S.A	Lima	Lima	Lurín	303 400
San Felipe	Mármoles y Granitos S.A	Lima	Cañete	Chilca	50 000
Mercedes	Mármoles y granitos S.A	Lima	Cañete	Chilca	50 000
María Uno	Suc. Amadeo Tomás Vicente Chinchay	Lima	Cañete	Chilca	14 000
El Ferrol N° 10016	Cía Mra. El Ferrol S.A	Lima	Cañete	Chilca	15 000
15 de Agosto	Mauricio Carhuamaca Lorenzo	Pasco	Pasco	Simon Bolivar	15 000
María Pia	Rodríguez Lichtenheldt José H.	Piura	Piura	CAstilla	40 000
Ana María	Rodríguez Lichtenheldt José H.	Piura	Piura	Castilla	45 997
José Abel I	Vergara Araoz Wilber	Tacna	Tacna	Pachita	40 000



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA Y MANUFACTURERA
LABORATORIO N° 21 INVESTIGACION Y QUIMICA APLICADA

Av. Túpac Amaru 210. Lima 25 PERU – Aptdo 1301, Teléfono 3813867 Anexo 37 Telefax 481-7919

INFORME N°020-L21-02

SOLICITANTE : **TESISTAS DE LABORATORIO DE MATERIALES**
MUESTRA : **CAL AEREA HIDRATADA**
AGUA
Muestras proporcionadas por el solicitante
ENSAYO : **ANALISIS FISICOQUIMICO**
FECHA : **19-03-02**

REPORTE DE RESULTADOS

MUESTRA CAL

OMg ,	5,79	%
MgO + CaO, (*)	79,11	%
HUMEDAD, %	3,03	%
CaO + MgO (libre)	7,91	%
CO2,	4,88	%

MUESTRA AGUA

PH	7,59
CLORUROS,ppm	170,1
SULFATOS,ppm	581,8
S.DISUELTOS,ppm	12,1
ACEITES-GRASAS,ppm	2,1

OBSERVACION:

Se uso el método de A.ATOMICA .

Los resultados nos presenta un producto que se encuentra dentro de las especificaciones técnicas en lo referente a CAL CALCICA.

(*) = CAL ANHIDRA.

Sin otro particular, quedamos de Uds.,

Atentamente,

ING. ABEL F. YERGAN SOTOMAYOR
Jefe del Laboratorio 21



ENSAYO DE COMPRESION

Diseño - M1 : 3/4 - 1/4 - 3
 Proporción : cemt. - cal - arena.

Norma de Ensayo : ASTM C109
 Tipo de Probeta : 5 x 5 x 5 cm

Edad de Muestreo : 1 Día

Fecha de Obtención : 10/07/01

Fecha de Ensayo : 11/07/01

Marca de Identificación	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)
M1	5 x 5.1	1050	25.5	41.176
M2	5 x 5.1	1050	25.5	41.176
M3	5 x 5.1	1050	25.5	41.176

Edad de Muestreo : 3 Días

Fecha de Obtención : 31/07/01

Fecha de Ensayo : 3/08/01

Marca de Identificación	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)
M1	5 x 5	1650	25	66.000
M2	5 x 5.1	1700	25.5	66.667
M3	5 x 5.1	1550	25.5	60.784

Edad de Muestreo : 7 Días

Fecha de Obtención : 31/07/01

Fecha de Ensayo : 7/08/01

Marca de Identificación	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)
M1	5 x 5.1	1850	25.5	72.549
M2	5 x 5.1	2000	25.5	78.431
M3	5 x 5.1	2150	25.5	84.314

Edad de Muestreo : 14 Días

Fecha de Obtención : 12/06/01

Fecha de Ensayo : 26/06/01

Marca de Identificación	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)
M1	5 x 5.1	2550	25.5	100.000
M2	5 x 5.2	2750	26	105.769
M3	5 x 5.1	2850	25.5	111.765
M4	5 x 5.1	2600	25.5	101.961
M5	5.1 x 5.1	2775	26.01	106.690
M6	5.1 x 5.1	2600	26.01	99.962

Edad de Muestreo : 28 Días

Fecha de Obtención : 8/06/01

Fecha de Ensayo : 6/07/01

Marca de Identificación	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)
M1	5.1 x 5.1	2750	26.01	105.729
M2	5.1 x 5.1	2750	26.01	105.729
M3	5 x 5.1	2700	25.5	105.882
M4	5 x 5.1	2750	25.5	107.843
M5	5 x 5.1	2800	25.5	109.804
M6	5 x 5.1	2500	25.5	98.039

Diseño - M1 : 3/4 - 1/4 - 3
 Proporción : cemt. - cal - arena.

Norma de Ensayo : ASTM C109
 Tipo de Probeta : 5 x 5 x 5 cm

Edad de Muestreo : **55** Días

Fecha de Obtención : 6/06/01

Fecha de Ensayo : 31/07/01

Marca de Identificación	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm2)	Resistencia a la Compresión (kg/cm2)
M1	5x5	3700	25	148.000
M2	5x5	3500	25	140.000
M3	5 x 5.1	4000	25.5	156.863
M4	5 x 5.1	3800	25.5	149.020
M5	5x5	3850	25	154.000
M6	5x5	4200	25	168.000

Edad de Muestreo : **70** Días

Fecha de Obtención : 6/06/01

Fecha de Ensayo : 15/08/01

Marca de Identificación	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm2)	Resistencia a la Compresión (kg/cm2)
M1	5 x 5	3750	25	150.000
M2	5 x 5	4250	25	170.000
M3	5 x 5	4100	25	164.000

Edad de Muestreo : **90** Días

Fecha de Obtención : 7/06/01

Fecha de Ensayo : 5/09/01

Marca de Identificación	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm2)	Resistencia a la Compresión (kg/cm2)
M1	5 x 5	4600	25	184.000
M2	5 x 5.1	4500	25.5	176.471
M3	4.9 x 5.2	4350	25.48	170.722
M4	5 x 5.1	4500	25.5	176.471
M5	5 x 5.2	4100	26	157.692
M6	5 x 5	4750	25	190.000

Edad de Muestreo : **120** Días

Fecha de Obtención : 6/06/01

Fecha de Ensayo : 24/09/01

Marca de Identificación	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm2)	Resistencia a la Compresión (kg/cm2)
M1	5 x 5.1	4950	25.5	194.118
M2	5 x 5.1	4550	25.5	178.431
M3	5 x 5.1	4850	25.5	190.196
M4	5 x 5.1	4600	25.5	180.392
M5	5 x 5	4850	25	194.000
M6	5 x 5	4450	25	178.000

ENSAYO DE COMPRESION

Diseño - M2 : 1/2 - 1/2 - 3
 Proporción : cemt. - cal - arena.

Norma de Ensayo : ASTM C109
 Tipo de Probeta : 5 x 5 x 5 cm

Edad de Muestreo : **3** Días

Fecha de Obtención : 31/07/01

Fecha de Ensayo : 3/08/01

Marca de Identificación	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)
1	5 x 5	500	25	20.000
2	5 x 5	475	25	19.000
3	5 x 5	525	25	21.000

Edad de Muestreo : **7** Días

Fecha de Obtención : 10/08/01

Fecha de Ensayo : 17/08/01

Marca de Identificación	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)
M1	4.9 x 4.9	850	24.01	35.402
M2	4.9 x 4.9	800	24.01	33.319
M3	5 x 5	775	25	31.000

Edad de Muestreo : **14** Días

Fecha de Obtención : 10/08/01

Fecha de Ensayo : 24/08/01

Marca de Identificación	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)
M1	5 x 5	1275	25	51.000
M2	5 x 5	1200	25	48.000
M3	4.9 x 4.9	1150	24.01	47.897
M4	5 x 4.9	1200	24.5	48.980
M5	5 x 5	1150	25	46.000
M6	5 x 5	1200	25	48.000

Edad de Muestreo : **28** Días

Fecha de Obtención : 10/08/01

Fecha de Ensayo : 7/09/01

Marca de Identificación	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)
M1	5 x 5	1500	25	60.000
M2	5 x 5	1500	25	60.000
M3	5 x 5	1525	25	61.000

Diseño - M2 : 1/2 - 1/2 - 3
Proporción : cemt. - cal - arena.

Norma de Ensayo : ASTM C-109
Tipo de Probeta : 5 x 5 x 5 cm

Edad de Muestreo : **55** Días

Fecha de Obtención : 7/08/01

Fecha de Ensayo : 1/10/01

Marca de Identificación	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)
M1	5 x 5	1550	25	62.000
M2	5 x 5	1550	25	62.000
M3	5 x 5	1525	25	61.000
M4	5 x 4.9	1495	24.5	61.020
M5	5 x 5	1500	25	60.000
M6	5 x 4.9	1450	24.5	59.184

Edad de Muestreo : **70** Días

Fecha de Obtención : 7/08/01

Fecha de Ensayo : 16/10/01

Marca de Identificación	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)
M1	5 x 5	1500	25	60.000
M2	5 x 5.1	1500	25	60.000
M3	5 x 4.9	1550	24.5	63.265
M4	5 x 5	1500	25	60.000
M5	5 x 4.9	1575	24.5	64.286
M6	5 x 4.9	1550	24.5	63.265

Edad de Muestreo : **90** Días

Fecha de Obtención : 7/08/01

Fecha de Ensayo : 5/11/01

Marca de Identificación	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)
M1	5 x 5	1550	24.5	63.265
M2	5 x 5	1550	25	62.000
M3	5 x 5	1550	25	62.000
M4	5 x 4.9	1550	25	62.000
M5	5 x 5	1550	24.5	63.265
M6	5 x 5	1300	25	52.000

ENSAYO DE COMPRESION

Diseño - M3 : 2/5 - 3/5 - 3
 Proporción : cemt. - cal - arena.

Norma de Ensayo : ASTM C109
 Tipo de Probeta : 5 x 5 x 5 cm

Edad de Muestreo : **3** Días

Fecha de Obtención : 31/07/01

Fecha de Ensayo : 3/08/01

Marca de Identificación	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)
M1	5 x 4.94	210	24.7	8.502
M2	5 x 4.94	210	24.7	8.502
M3	5 x 5	225	25	9.000

Edad de Muestreo : **7** Días

Fecha de Obtención : 20/08/01

Fecha de Ensayo : 27/08/01

Marca de Identificación	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)
M1	5 x 5	400	25	16.000
M2	5 x 5	450	25	18.000
M3	5 x 5	450	25	18.000

Edad de Muestreo : **14** Días

Fecha de Obtención : 22/08/01

Fecha de Ensayo : 5/09/01

Marca de Identificación	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)
M1	5 x 5	750	25	30.000
M2	5 x 5	800	25	32.000
M3	5 x 5	700	25	28.000
M4	5 x 5	750	25	30.000
M5	5 x 5.1	750	25.5	29.412
M6	5 x 5.1	700	25.5	27.451

Edad de Muestreo : **28** Días

Fecha de Obtención : 8/06/01

Fecha de Ensayo : 6/07/01

Marca de Identificación	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)
M1	5.1 x 5.1	1000	25.97	38.506
M2	4.9 x 5.1	1050	25.30	41.502
M3	5 x 5.1	950	25.67	37.008
M4	5 x 5.1	950	25.67	37.008
M5	5 x 5.1	950	25.81	36.807
M6	4.9 x 5.1	1050	25.30	41.502

Diseño - M3 : 2/5 - 3/5 - 3
Proporción : cemt. - cal - arena.

Norma de Ensayo : ASTM C109
Tipo de Probeta : 5 x 5 x 5 cm

Edad de Muestreo : 55 Días

Fecha de Obtención : 21/08/01

Fecha de Ensayo : 15/10/01

Marca de Identificación	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)
M1	5x5	1050	25	42.000
M2	5x4.9	1110	24.5	45.306
M3	5 x 4.9	925	24.5	37.755
M4	5 x 5	925	25	37.000
M5	5x4.9	925	24.5	37.755
M6	5x5.1	1050	25	42.000

Edad de Muestreo : 70 Días

Fecha de Obtención : 6/06/01

Fecha de Ensayo : 15/08/01

Marca de Identificación	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)
M1	5 x 5	950	25	38.000
M2	5 x 5	1050	25	42.000
M3	5 x 5	1250	25	50.000
M4	5 x 5	1100	25	44.000
M5	5 x 5	1050	25	42.000
M6	5 x 5	1200	25	48.000

Edad de Muestreo : 90 Días

Fecha de Obtención : 21/08/01

Fecha de Ensayo : 30/10/01

Marca de Identificación	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)
M1	5 x 5	1050	25	42.000
M2	5 x 4.9	1050	24.5	42.857
M3	5 x 4.9	1050	24.5	42.857
M4	5 x 4.9	1000	24.5	40.816
M5	5 x 4.9	1000	24.5	40.816
M6	5 x 4.9	1000	24.5	40.816

ENSAYO DE COMPRESION

Diseño - M4: 1/4 - 3/4 - 3
Material : cemt. - cal - arena.

Norma de Ensayo : ASTM C109
Tipo de Probeta : 5 x 5 x 5 cm

Edad de Muestreo : **3** Días

Fecha de Obtención : 4/09/01

Fecha de Ensayo : 7/09/01

Marca de Identificación	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)
M1	5 x 4.9	225	24.5	9.184
M2	5 x 4.9	225	24.5	9.184
M3	5 x 4.9	225	24.5	9.184

Edad de Muestreo : **7** Días

Fecha de Obtención : 3/09/01

Fecha de Ensayo : 10/09/01

Marca de Identificación	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)
M1	4.9 x 4.9	225	24.01	9.371
M2	5 x 4.9	250	24.5	10.204
M3	5 x 4.9	250	24.5	10.204

Edad de Muestreo : **14** Días

Fecha de Obtención : 4/09/01

Fecha de Ensayo : 26/09/01

Marca de Identificación	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)
M1	5 x 4.9	300	24.5	12.245
M2	5 x 4.9	310	24.5	12.653
M3	5 x 5	310	25	12.400

Edad de Muestreo : **28** Días

Fecha de Obtención : 4/09/01

Fecha de Ensayo : 2/10/01

Marca de Identificación	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)
M1	4.9 x 4.9	375	24.01	15.618
M2	5 x 5	375	25	15.000
M3	5 x 5	400	25	16.000

Diseño - M4 : 1/4 - 3/4 - 3
Material : cemt. - cal - arena.

Norma de Ensayo : ASTM C109
Tipo de Probeta : 5 x 5 x 5 cm

Edad de Muestreo : **55** Días

Fecha de Obtención : 4/09/01

Fecha de Ensayo : 29/10/01

Marca de Identificación	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm2)	Resistencia a la Compresión (kg/cm2)
M1	5x5	400	25	16.000
M2	5x5	400	25	16.000
M3	5 x 5	425	25	17.000
M4	5 x 5	375	25	15.000

Edad de Muestreo : **70** Días

Fecha de Obtención : 3/09/01

Fecha de Ensayo : 13/11/01

Marca de Identificación	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm2)	Resistencia a la Compresión (kg/cm2)
M1	5 x 4.9	400	24.5	16.327
M2	5 x 5	400	25	16.000
M3	5 x 4.9	400	24.5	16.327
M4	5 x 4.9	375	24.5	15.306

Edad de Muestreo : **90** Días

Fecha de Obtención : 3/09/01

Fecha de Ensayo : 2/12/01

Marca de Identificación	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm2)	Resistencia a la Compresión (kg/cm2)
M1	5 x 4.9	800	24.5	32.653
M2	5 x 4.9	800	24.5	32.653
M3	5 x 5	800	25	32.000
M4	5 x 4.9	700	24.5	28.571
M5	5 x 5	800	25	32.000
M6	5 x 5	800	25	32.000

ENSAYO DE COMPRESION

Diseño - M5 : 1/5 - 4/5 - 3
 Material : cemt. - cal - arena.

Norma de Ensayo : ASTM C109
 Tipo de Probeta : 5 x 5 x 5 cm

Edad de Muestreo : **3** Días

Fecha de Obtención : 13/09/01

Fecha de Ensayo : 16/09/01

Marca de Identificación	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)
M1	5 x 4.9	140	24.5	5.714
M2	5 x 4.9	140	24.5	5.714
M3	5 x 4.9	140	24.5	5.714

Edad de Muestreo : **7** Días

Fecha de Obtención : 11/09/01

Fecha de Ensayo : 18/09/01

Marca de Identificación	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)
M1	5 x 5.1	175	25.5	6.863
M2	5 x 4.9	175	24.5	7.143
M3	5 x 4.9	175	24.5	7.143

Edad de Muestreo : **14** Días

Fecha de Obtención : 12/09/01

Fecha de Ensayo : 26/09/01

Marca de Identificación	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)
M1	5 x 4.9	180	24.5	7.347
M2	5 x 4.9	175	24.5	7.143
M3	5 x 4.9	190	24.5	7.755
M4	5 x 4.9	175	24.5	7.143

Edad de Muestreo : **28** Días

Fecha de Obtención : 12/09/01

Fecha de Ensayo : 10/10/01

Marca de Identificación	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)
M1	5 x 4.9	275	24.5	11.224
M2	5 x 4.9	260	24.5	10.612
M3	4.9 x 4.9	275	24.01	11.454
M4	5 x 4.9	225	24.5	9.184

Diseño - M5 : 1/5 - 4/5 - 3
Material : cement - cal - arena.

Norma de Ensayo : ASTM C109
Tipo de Probeta : 5 x 5 x 5 cm

Edad de Muestreo : 55 Días

Fecha de Obtención : 12/09/01

Fecha de Ensayo : 6/11/01

Marca de Identificación	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)
M1	5x5	225	25	9.000
M2	5 x 4.9	275	24.5	11.224
M3	5 x 4.9	250	24.5	10.204
M4	5 x 4.9	300	24.5	12.245
M5	5 x 4.9	250	24.5	10.204
M6	5 x 4.9	300	24.5	12.245

Edad de Muestreo : 70 Días

Fecha de Obtención : 11/09/01

Fecha de Ensayo : 20/11/01

Marca de Identificación	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)
M1	5 x 5	325	25.5	12.745
M2	5 x 4.9	275	24.5	11.224
M3	5 x 5.2	300	26	11.538

Edad de Muestreo : 90 Días

Fecha de Obtención : 11/09/01

Fecha de Ensayo : 10/12/01

Marca de Identificación	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)
M1	5 x 5	350	25	14.000
M2	5 x 5	350	25	14.000
M3	5 x 4.9	350	24.5	14.286
M4	5 x 4.9	320	24.5	13.061
M5	5 x 4.9	350	24.5	14.286
M6	5 x 4.9	300	24.5	12.245

ENSAYO DE COMPRESION

Diseño - Patron : 1 - 0 - 3
 Material : cemt. - cal - arena.

Norma de Ensayo : ASTM C109
 Tipo de Probeta : 5 x 5 x 5 cm

Edad de Muestreo : **3** Días

Fecha de Obtención : 31/07/01

Fecha de Ensayo : 3/08/01

Marca de Identificación	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)
M1	5 x 5	1650	25	66.000
M2	5 x 5.1	1700	25.5	66.667
M3	5 x 5.1	1550	25.5	60.784

Edad de Muestreo : **7** Días

Fecha de Obtención : 11/03/02

Fecha de Ensayo : 18/03/02

Marca de Identificación	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)
M1	5 x 5	3100	25	124.000
M2	5 x 4.9	3300	25.5	129.412
M3	5 x 5	3150	25	126.000

Edad de Muestreo : **14** Días

Fecha de Obtención : 11/03/02

Fecha de Ensayo : 25/03/02

Marca de Identificación	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)
M1	5 x 5	3700	25	148.000
M2	5 x 5	3800	25	152.000
M3	5 x 5	3300	25	132.000

Edad de Muestreo : **28** Días

Fecha de Obtención : 11/03/02

Fecha de Ensayo : 8/04/02

Marca de Identificación	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)
M1	5 x 5	3750	25	150.000
M2	5 x 5	3850	25	154.000
M3	5 x 5	3900	25	156.000

Diseño - Patron : 1 - 0 - 3
Material : cemt - cal - arena.

Norma de Ensayo : ASTM C109
Tipo de Probeta : 5 x 5 x 5 cm

Edad de Muestreo : **55** Días

Fecha de Obtención : 14/02/02

Fecha de Ensayo : 10/04/02

Marca de Identificación	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)
M1	5x5	3900	25	156.000
M2	5x5	3900	25	156.000
M3	5 x 5	3800	25	152.000
M4	5 x 5	3850	25	154.000

Edad de Muestreo : **70** Días

Fecha de Obtención : 14/02/02

Fecha de Ensayo : 25/04/02

Marca de Identificación	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)
M1	5 x 5	3900	25	156.000
M2	5 x 5	3925	25	157.000
M3	5 x 5	4000	25	160.000

Edad de Muestreo : **90** Días

Fecha de Obtención : 25/01/02

Fecha de Ensayo : 24/04/02

Marca de Identificación	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)
M1	5 x 5	3950	25	158.000
M2	5 x 5	3900	25	156.000
M3	5 x 5	3900	25	156.000

ENSAYO DE TRACCION

Diseño - M1 : 3/4 - 1/4 - 3
 Material : cement. - cal - arena.
 Edad de Muestreo : 7 Días

Norma de Ensayo : ASTM C190
 Tipo de Probeta : moldes tipo ocho.
 Fecha de Obtención : 2/08/01
 Fecha de Ensayo : 9/08/01

Marca de Ident.	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (lb.)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Tracción (kg/cm ²)
1	2.5 x 2.6	234	106.141	6.5	16.329
2	2.5 x 2.6	180	81.647	6.5	12.561
3	2.5 x 2.6	205	92.986	6.5	14.306
4	2.5 x 2.5	220	99.790	6.25	15.966
5	2.4 x 2.5	175	79.379	6	13.230
6	2.4 x 2.5	200	90.718	6	15.120

Edad de Muestreo : 14 Días

Fecha de Obtención : 7/08/01

Fecha de Ensayo : 21/08/01

Marca de Ident.	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (lb.)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Tracción (kg/cm ²)
1	2.5 x 2.5	150	68.039	6.25	10.886
2	2.5 x 2.5	140	63.503	6.25	10.160
3	2.5 x 2.5	150	68.039	6.25	10.886

Edad de Muestreo : 28 Días

Fecha de Obtención : 10/07/01

Fecha de Ensayo : 7/08/01

Marca de Ident.	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (lb.)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Tracción (kg/cm ²)
1	2.5 x 2.6	290	131.542	6.5	20.237
2	2.5 x 2.6	315	142.882	6.5	21.982
3	2.5 x 2.6	240	108.862	6.5	16.748

Edad de Muestreo : 55 Días

Fecha de Obtención : 10/07/01

Fecha de Ensayo : 3/09/01

Marca de Ident.	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (lb.)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Tracción (kg/cm ²)
1	2.5 x 2.4	315	142.882	6	23.814
2	2.5 x 2.5	435	197.313	6.25	31.570
3	2.5 x 2.4	340	154.221	6	25.704

Edad de Muestreo : 70 Días

Fecha de Obtención : 10/07/01

Fecha de Ensayo : 18/09/01

Marca de Ident.	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (lb.)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Tracción (kg/cm ²)
1	2.5 x 2.4	310	140.614	6	23.436
2	2.5 x 2.5	331	150.139	6.25	24.022
3	2.5 x 2.4	330	149.685	6	24.948

Edad de Muestreo : 90 Días

Fecha de Obtención : 11/07/01

Fecha de Ensayo : 29/10/01

Marca de Ident.	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (lb.)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Tracción (kg/cm ²)
1	2.5 x 2.5	430	195.045	6.25	31.207
2	2.5 x 2.5	420	190.509	6.25	30.481
3	2.5 x 2.5	420	190.509	6.25	30.481

ENSAYO DE TRACCION

Diseño - M2 : 1/2 - 1/2 - 3
 Material : cement. - cal - arena.
 Edad de Muestreo : 7 Días

Norma de Ensayo : ASTM C190
 Tipo de Probeta : moldes tipo ocho.
 Fecha de Obtención : 9/08/01
 Fecha de Ensayo : 16/08/01

Marca de Ident.	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (lb.)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Traccion (kg/cm ²)
1	2.5 x 2.4	105	47.627	6	7.938
2	2.5 x 2.4	75	34.019	6	5.670
3	2.5 x 2.4	95	43.091	6	7.182

Edad de Muestreo : 14 Días

Fecha de Obtención : 2/08/01
 Fecha de Ensayo : 9/08/01

Marca de Ident.	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (lb.)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Traccion (kg/cm ²)
1	2.5 x 2.4	120	54.431	6	9.072
2	2.5 x 2.4	125	56.699	6	9.450
3	2.5 x 2.4	120	54.431	6	9.072
4	2.5 x 2.4	130	58.967	6	9.828

Edad de Muestreo : 28 Días

Fecha de Obtención : 7/08/01
 Fecha de Ensayo : 4/09/01

Marca de Ident.	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (lb.)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Traccion (kg/cm ²)
1	2.5 x 2.5	145	65.771	6.25	10.523
2	2.5 x 2.4	140	63.503	6	10.584
3	2.4 x 2.4	110	49.895	5.76	8.662

Edad de Muestreo : 55 Días

Fecha de Obtención : 7/08/01
 Fecha de Ensayo : 1/10/01

Marca de Ident.	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (lb.)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Traccion (kg/cm ²)
1	2.4 x 2.4	145	65.771	5.76	11.419
2	2.5 x 2.4	145	65.771	6	10.962
3	2.5 x 2.5	155	70.307	6.25	11.249

Edad de Muestreo : 70 Días

Fecha de Obtención : 7/08/01
 Fecha de Ensayo : 16/10/01

Marca de Ident.	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (lb.)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Traccion (kg/cm ²)
1	2.5 x 2.4	150	68.039	6	11.340
2	2.5 x 2.4	165	74.843	6	12.474
3	2.5 x 2.4	165	74.843	6	12.474

Edad de Muestreo : 90 Días

Fecha de Obtención : 7/08/01
 Fecha de Ensayo : 5/11/01

Marca de Ident.	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (lb.)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Traccion (kg/cm ²)
1	2.5 x 2.5	170	77.111	6.25	12.338
2	2.5 x 2.4	195	88.451	6	14.742
3	2.5 x 2.4	175	79.379	6	13.230

ENSAYO DE TRACCION

Diseño - M3 : 2/5 - 3/5 - 3

Norma de Ensayo : ASTM C190

Material : cement. - cal - arena.

Tipo de Probeta : moldes tipo ocho.

Edad de Muestreo : 7 Días

Fecha de Obtención : 2/08/01

Fecha de Ensayo : 9/08/01

Marca de Ident.	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (lb.)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Traccion (kg/cm ²)
1	2.5 x 2.5	45	20.412	6.25	3.266
2	2.4 x 2.45	40	18.144	5.88	3.086
3	2.5 x 2.4	50	22.680	6	3.780

Edad de Muestreo : 14 Días

Fecha de Obtención : 21/08/01

Fecha de Ensayo : 4/09/01

Marca de Ident.	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (lb.)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Traccion (kg/cm ²)
1	2.5 x 2.4	105	47.627	6	7.938
2	2.5 x 2.4	80	36.287	6	6.048
3	2.5 x 2.4	105	47.627	6	7.938

Edad de Muestreo : 28 Días

Fecha de Obtención : 21/08/01

Fecha de Ensayo : 18/09/01

Marca de Ident.	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (lb.)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Traccion (kg/cm ²)
1	2.5 x 2.4	85	38.555	6	6.426
2	2.4 x 2.4	90	40.823	5.76	7.087
3	2.5 x 2.4	90	40.823	6	6.804

Edad de Muestreo : 55 Días

Fecha de Obtención : 21/08/01

Fecha de Ensayo : 15/10/01

Marca de Ident.	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (lb.)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Traccion (kg/cm ²)
1	2.5 x 2.5	140	63.503	6.25	10.160
2	2.4 x 2.5	95	43.091	6	7.182
3	2.5 x 2.5	140	63.503	6.25	10.160

Edad de Muestreo : 70 Días

Fecha de Obtención : 21/08/01

Fecha de Ensayo : 30/10/01

Marca de Ident.	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (lb.)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Traccion (kg/cm ²)
1	2.5 x 2.5	140	63.503	6.25	10.160
2	2.4 x 2.5	95	43.091	6	7.182
3	2.5 x 2.5	140	63.503	6.25	10.160

Edad de Muestreo : 90 Días

Fecha de Obtención : 21/08/01

Fecha de Ensayo : 9/08/01

Marca de Ident.	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (lb.)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Traccion (kg/cm ²)
1	2.5 x 2.4	140	63.503	6	10.584
2	2.5 x 2.5	140	63.503	6.25	10.160
3	2.5 x 2.4	135	61.235	6	10.206

ENSAYO DE TRACCION

Diseño - M4 : 1/4 - 3/4 - 3

Norma de Ensayo : ASTM C190

Material : cement. - cal - arena.

Tipo de Probeta : moldes tipo ocho.

Edad de Muestreo : 7 Días

Fecha de Obtención : 4/09/01

Fecha de Ensayo : 11/09/01

Marca de Ident.	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (lb.)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Traccion (kg/cm ²)
1	2.5 x 2.5	35	15.876	6.25	2.540
2	2.4 x 2.4	35	15.876	5.76	2.756
3	2.5 x 2.4	40	18.144	6	3.024

Edad de Muestreo : 14 Días

Fecha de Obtención : 4/09/01

Fecha de Ensayo : 18/09/01

Marca de Ident.	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (lb.)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Traccion (kg/cm ²)
1	2.5 x 2.4	35	15.876	6	2.646
2	2.4 x 2.4	40	18.144	6	3.024
3	2.5 x 2.4	35	15.876	6	2.646

Edad de Muestreo : 28 Días

Fecha de Obtención : 3/09/01

Fecha de Ensayo : 1/10/01

Marca de Ident.	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (lb.)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Traccion (kg/cm ²)
1	2.5 x 2.5	45	20.412	6.25	3.266
2	2.5 x 2.4	45	20.412	6	3.402
3	2.5 x 2.5	45	20.412	6.25	3.266

Edad de Muestreo : 55 Días

Fecha de Obtención : 3/09/01

Fecha de Ensayo : 28/10/01

Marca de Ident.	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (lb.)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Traccion (kg/cm ²)
1	2.5 x 2.4	55	24.948	6	4.158
2	2.5 x 2.4	55	24.948	6	4.158
3	2.5 x 2.4	60	27.216	6	4.536

Edad de Muestreo : 70 Días

Fecha de Obtención : 3/09/01

Fecha de Ensayo : 13/11/01

Marca de Ident.	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (lb.)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Traccion (kg/cm ²)
1	2.5 x 2.4	70	31.751	6	5.292
2	2.5 x 2.4	75	34.019	6	5.670
3	2.5 x 2.4	65	29.484	6	4.914

Edad de Muestreo : 90 Días

Fecha de Obtención : 3/09/01

Fecha de Ensayo : 2/12/01

Marca de Ident.	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (lb.)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Traccion (kg/cm ²)
1	2.5 x 2.4	65	29.484	6	4.914
2	2.4 x 2.4	65	29.484	5.76	5.119
3	2.5 x 2.4	70	31.751	6	5.292

ENSAYO DE TRACCION

Diseño - M5 : 1/5 - 4/5 - 3
 Material : cement. - cal - arena.
 Edad de Muestreo : 7 Días

Norma de Ensayo : ASTM C190
 Tipo de Probeta : 2 x 2 x 28 cm
 Fecha de Obtención : 12/09/01
 Fecha de Ensayo : 19/09/01

Marca de Ident.	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (lb.)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Tracción (kg/cm ²)
1	2.4 x 2.4	15	6.804	5.76	1.181
2	2.4 x 2.4	20	9.072	5.76	1.575
3	2.4 x 2.4	15	6.804	5.76	1.181

Edad de Muestreo : 14 Días

Fecha de Obtención : 12/09/01

Fecha de Ensayo : 26/09/01

Marca de Ident.	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (lb.)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Tracción (kg/cm ²)
1	2.5 x 2.4	25	11.340	6	1.890
2	2.4 x 2.4	25	11.340	5.76	1.969
3	2.5 x 2.4	25	11.340	6	1.890

Edad de Muestreo : 28 Días

Fecha de Obtención : 12/09/01

Fecha de Ensayo : 10/10/01

Marca de Ident.	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (lb.)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Tracción (kg/cm ²)
1	2.5 x 2.4	30	13.608	6	2.268
2	2.5 x 2.4	30	13.608	6	2.268
3	2.4 x 2.4	25	11.340	5.76	1.969

Edad de Muestreo : 55 Días

Fecha de Obtención : 12/09/01

Fecha de Ensayo : 6/11/01

Marca de Ident.	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (lb.)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Tracción (kg/cm ²)
1	2.5 x 2.4	50	22.680	6	3.780
2	2.5 x 2.5	55	24.948	6.25	3.992
3	2.5 x 2.5	40	18.144	6.25	2.903

Edad de Muestreo : 70 Días

Fecha de Obtención : 11/09/01

Fecha de Ensayo : 20/11/01

Marca de Ident.	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (lb.)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Tracción (kg/cm ²)
1	2.5 x 2.6	234	106.141	6.5	16.329
2	2.5 x 2.6	180	81.647	6.5	12.561
3	2.5 x 2.6	205	92.986	6.5	14.306

Edad de Muestreo : 90 Días

Fecha de Obtención : 11/09/01

Fecha de Ensayo : 10/12/01

Marca de Ident.	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (lb.)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Tracción (kg/cm ²)
1	2.5 x 2.4	50	22.680	6	3.780
2	2.4 x 2.4	40	18.144	5.76	3.150
3	2.5 x 2.4	50	22.680	6	3.780

ENSAYO DE TRACCION

Diseño - Patron : 1 - 0 - 3
 Material : cement - cal - arena.
 Edad de Muestreo : 7 Días

Norma de Ensayo : ASTM C190
 Tipo de Probeta :
 Fecha de Obtención : 11/03/02
 Fecha de Ensayo : 18/03/02

Marca de Ident.	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (lb.)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Traccion (kg/cm ²)
1	2.5 x 2.4	210	95.254	6	15.876
2	2.4 x 2.4	200	90.718	5.76	15.750
3	2.4 x 2.6	240	108.862	6.24	17.446

Edad de Muestreo : 14 Días

Fecha de Obtención : 11/03/02
 Fecha de Ensayo : 25/03/02

Marca de Ident.	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (lb.)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Traccion (kg/cm ²)
1	2.5 x 2.5	230	104.326	6.25	16.692
2	2.5 x 2.5	200	90.718	6.25	14.515
3	2.5 x 2.5	230	104.326	6.25	16.692

Edad de Muestreo : 28 Días

Fecha de Obtención : 14/02/02
 Fecha de Ensayo : 20/03/02

Marca de Ident.	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (lb.)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Traccion (kg/cm ²)
1	2.5 x 2.5	240	108.862	6.25	17.418
2	2.5 x 2.5	240	108.862	6.25	17.418
3	2.5 x 2.5	250	113.398	6.25	18.144

Edad de Muestreo : 55 Días

Fecha de Obtención : 14/02/01
 Fecha de Ensayo : 10/04/01

Marca de Ident.	Dimensiones (cm)	Carga Máxima (lb.)	Carga Máxima (kg.)	Sección Normal (cm ²)	Resistencia a la Traccion (kg/cm ²)
1	2.4 x 2.4	265	120.202	5.76	20.868
2	2.5 x 2.4	250	113.398	6.00	18.900
3	2.4 x 2.4	275	124.738	5.76	21.656

ENSAYO DE FLEXION

Diseño - M1 : 3/4 - 1/4 - 3
 Proporción : cement. - cal - arena.

Norma de Ensayo : NTP 334.042:1981

Tipo de Probeta : 2 x 2 x 28 cm

Edad de Muestreo : 7 Días

Fecha de Obtención : 2/08/01

Fecha de Ensayo : 9/08/01

Marca de Ident.	Dimencion (cm)		Deflexion (mm)	Carga Maxima (kg)	Long. Efectiva (cm)	Resistencia a la Flexion (kg/cm2)
	b	h				
1	2.45	2.45	2.0	26	24	63.647
2	2.4	2.4	2.0	22	24	57.292
3	2.45	2.4	2.0	22	24	56.122

Edad de Muestreo : 14 Días

Fecha de Obtención : 2/08/01

Fecha de Ensayo : 9/08/01

Marca de Ident.	Dimencion (cm)		Deflexion (mm)	Carga Maxima (kg)	Long. Efectiva (cm)	Resistencia a la Flexion (kg/cm2)
	b	h				
1	2.4	2.65	2.0	34	24	72.624
2	2.4	2.4	2.0	32	24	83.333
3	2.4	2.7	2.0	30	24	61.728

Edad de Muestreo : 28 Días

Fecha de Obtención : 2/08/01

Fecha de Ensayo : 9/08/01

Marca de Ident.	Dimencion (cm)		Deflexion (mm)	Carga Maxima (kg)	Long. Efectiva (cm)	Resistencia a la Flexion (kg/cm2)
	b	h				
1	2.4	2.65	1.5	36	24	76.896
2	2.4	2.4	1.5	32	24	83.333
3	2.4	2.7	1.5	20	24	41.152

Edad de Muestreo : 70 Días

Fecha de Obtención : 11/07/01

Fecha de Ensayo : 19/09/01

Marca de Ident.	Dimencion (cm)		Deflexion (mm)	Carga Maxima (kg)	Long. Efectiva (cm)	Resistencia a la Flexion (kg/cm2)
	b	h				
1	2.4	2.7	3.0	42	24	86.420
2	2.5	2.5	2.5	36	24	82.944
3	2.4	2.7	3.0	20	24	41.152

Edad de Muestreo : 90 Días

Fecha de Obtención : 11/07/01

Fecha de Ensayo : 29/10/01

Marca de Ident.	Dimencion (cm)		Deflexion (mm)	Carga Maxima (kg)	Long. Efectiva (cm)	Resistencia a la Flexion (kg/cm2)
	b	h				
1	2.5	2.5	2.0	35	24	80.640
2	2.5	2.5	2.5	38	24	87.552
3	2.5	2.5	2.5	38	24	87.552

ENSAYO DE FLEXION

Diseño - M2 : 1/2 - 1/2 - 3

Proporción : cement. - cal - arena.

Edad de Muestreo : 7 Días

Norma de Ensayo : NTP 334.042:1981

Tipo de Probeta : 2 x 2 x 28 cm

Fecha de Obtención : 10/08/01

Fecha de Ensayo : 17/08/01

Marca de Ident.	Dimencion (cm)		Deflexion (mm)	Carga Maxima (kg)	Long. Efectiva (cm)	Resistencia a la Flexion (kg/cm ²)
	b	h				
1	2.5	2.8	2.0	24	24	44.082
2	2.5	2.8	2.0	22	24	40.408
3	2.5	2.8	2.0	24	24	44.082

Edad de Muestreo : 14 Días

Fecha de Obtención : 20/08/01

Fecha de Ensayo : 3/09/01

Marca de Ident.	Dimencion (cm)		Deflexion (mm)	Carga Maxima (kg)	Long. Efectiva (cm)	Resistencia a la Flexion (kg/cm ²)
	b	h				
1	2.4	2.5	3.0	22	24	52.800
2	2.4	2.6	1.8	24	24	53.254
3	2.4	2.5	3.0	22	24	52.800

Edad de Muestreo : 28 Días

Fecha de Obtención : 10/08/01

Fecha de Ensayo : 7/09/01

Marca de Ident.	Dimencion (cm)		Deflexion (mm)	Carga Maxima (kg)	Long. Efectiva (cm)	Resistencia a la Flexion (kg/cm ²)
	b	h				
1	2.3	2.6	1.8	20	24	46.308
2	2.4	2.7	2.0	20	24	41.152
3	2.4	2.7	2.0	24	24	49.383
4	2.4	2.7	2.0	18	24	37.037

Edad de Muestreo : 70 Días

Fecha de Obtención : 8/08/01

Fecha de Ensayo : 17/10/01

Marca de Ident.	Dimencion (cm)		Deflexion (mm)	Carga Maxima (kg)	Long. Efectiva (cm)	Resistencia a la Flexion (kg/cm ²)
	b	h				
1	2.5	2.4	1.5	22	24	55.000
2	2.5	2.4	1.5	22	24	55.000
3	2.4	2.4	1.5	20	24	52.083

Edad de Muestreo : 90 Días

Fecha de Obtención : 8/08/01

Fecha de Ensayo : 6/11/01

Marca de Ident.	Dimencion (cm)		Deflexion (mm)	Carga Maxima (kg)	Long. Efectiva (cm)	Resistencia a la Flexion (kg/cm ²)
	b	h				
1	2.4	2.5	2.0	29	24	69.600
2	2.3	2.7	1.0	32	24	68.706
3	2.3	2.7	1.0	30	24	64.412

ENSAYO DE FLEXION

Diseño - M3 : 2/5 - 3/5 - 3
 Proporción : cement. - cal - arena.

Norma de Ensayo : NTP 334.042:1981
 Tipo de Probeta : 2 x 2 x 28 cm

Edad de Muestreo : 7 Días

Fecha de Obtención : 23/08/01

Fecha de Ensayo : 30/08/01

Marca de Ident.	Dimencion (cm)		Deflexion (mm)	Carga Maxima (kg)	Long. Efectiva (cm)	Resistencia a la Flexion (kg/cm2)
	b	h				
1	2.3	2.65	1.5	20	24	44.577
2	2.3	2.65	1.5	18	24	40.119
3	2.3	2.65	1.5	20	24	44.577

Edad de Muestreo : 14 Días

Fecha de Obtención : 22/08/01

Fecha de Ensayo : 5/09/01

Marca de Ident.	Dimencion (cm)		Deflexion (mm)	Carga Maxima (kg)	Long. Efectiva (cm)	Resistencia a la Flexion (kg/cm2)
	b	h				
1	2.4	2.7	2.0	22	24	45.267
2	2.4	2.7	2.0	22	24	45.267
3	2.4	2.5	2.0	22	24	52.800

Edad de Muestreo : 28 Días

Fecha de Obtención : 22/08/01

Fecha de Ensayo : 19/09/01

Marca de Ident.	Dimencion (cm)		Deflexion (mm)	Carga Maxima (kg)	Long. Efectiva (cm)	Resistencia a la Flexion (kg/cm2)
	b	h				
1	2.6	2.6	2.5	22	24	45.061
2	2.2	2.6	1.5	20	24	48.413
3	2.4	2.6	1.5	22	24	48.817

Edad de Muestreo : 70 Días

Fecha de Obtención : 22/08/01

Fecha de Ensayo : 31/10/01

Marca de Ident.	Dimencion (cm)		Deflexion (mm)	Carga Maxima (kg)	Long. Efectiva (cm)	Resistencia a la Flexion (kg/cm2)
	b	h				
1	2.4	2.4	2.0	20	24	52.083
2	2.4	2.5	2.0	20	24	48.000
3	2.4	2.4	2.0	20	24	52.083

Edad de Muestreo : 90 Días

Fecha de Obtención : 22/08/01

Fecha de Ensayo : 30/11/01

Marca de Ident.	Dimencion (cm)		Deflexion (mm)	Carga Maxima (kg)	Long. Efectiva (cm)	Resistencia a la Flexion (kg/cm2)
	b	h				
1	2.4	2.6	1.5	22	24	48.817
2	2.4	2.4	1.5	22	24	57.292
3	2.4	2.5	1.5	22	24	52.800

ENSAYO DE FLEXION

Diseño - **M4** : 1/4 - 3/4 - 3
 Material : cemt. - cal - arena.

Norma de Ensayo : NTP 334.042:1981
 Tipo de Probeta : 2 x 2 x 28 cm

Edad de Muestreo : **7** Dias

Fecha de Obtención : 18/09/01

Fecha de Ensayo : 25/09/01

Marca de Ident.	Dimencion (cm)		Deflexion (mm)	Carga Maxima (kg)	Long. Efectiva (cm)	Resistencia a la Flexion (kg/cm ²)
	b	h				
1	2.4	2.7	1.0	16	24	32.922
2	2.4	2.6	1.0	16	24	35.503
3	2.4	2.6	1.0	16	24	35.503

Edad de Muestreo : **14** Dias

Fecha de Obtención : 18/09/01

Fecha de Ensayo : 2/10/01

Marca de Ident.	Dimencion (cm)		Deflexion (mm)	Carga Maxima (kg)	Long. Efectiva (cm)	Resistencia a la Flexion (kg/cm ²)
	b	h				
1	2.4	2.7	1.2	17	24	34.979
2	2.4	2.7	1.2	17	24	34.979
3	2.4	2.7	2.0	17	24	34.979

Edad de Muestreo : **28** Dias

Fecha de Obtención : 5/09/01

Fecha de Ensayo : 3/10/01

Marca de Ident.	Dimencion (cm)		Deflexion (mm)	Carga Maxima (kg)	Long. Efectiva (cm)	Resistencia a la Flexion (kg/cm ²)
	b	h				
1	2.3	2.7	1.2	18	24	38.647
2	2.3	2.7	1.2	17	24	36.500
3	2.3	2.7	1.2	17	24	36.500

Edad de Muestreo : **70** Dias

Fecha de Obtención : 5/09/01

Fecha de Ensayo : 15/11/01

Marca de Ident.	Dimencion (cm)		Deflexion (mm)	Carga Maxima (kg)	Long. Efectiva (cm)	Resistencia a la Flexion (kg/cm ²)
	b	h				
1	2.3	2.7	1.0	18	24	38.647
2	2.3	2.6	1.0	18	24	41.677
3	2.3	2.6	1.0	17	24	39.362

Edad de Muestreo : **90** Dias

Fecha de Obtención : 22/08/01

Fecha de Ensayo : 30/11/01

Marca de Ident.	Dimencion (cm)		Deflexion (mm)	Carga Maxima (kg)	Long. Efectiva (cm)	Resistencia a la Flexion (kg/cm ²)
	b	h				
1	2.5	2.4	1.0	18	24	45.000
2	2.2	2.7	1.0	20	24	44.893
3	2.2	2.7	1.0	20	24	44.893

Edad de Muestreo : **120** Dias

Fecha de Obtención : 22/08/01

Fecha de Ensayo : 30/12/01

Marca de Ident.	Dimencion (cm)		Deflexion (mm)	Carga Maxima (kg)	Long. Efectiva (cm)	Resistencia a la Flexion (kg/cm ²)
	b	h				
1	2.5	2.4	4.0	34	24	85.000
2	2.4	2.7	3.0	24	24	49.383
3	2.4	2.5	2.0	36	24	86.400

ENSAYO DE FLEXION

Diseño - Patron : 1 - 0 - 3
 Material : cemt. - cal - arena.

Norma de Ensayo : NTP 334.042:1981
 Tipo de Probeta : 2 x 2 x 28 cm

Edad de Muestreo : **7** Días

Fecha de Obtención : 11/03/02

Fecha de Ensayo : 18/03/02

Marca de Ident.	Dimencion (cm)		Deflexion (mm)	Carga Maxima (kg)	Long. Efectiva (cm)	Resistencia a la Flexion (kg/cm2)
	b	h				
1	2.4	2.4	1.0	25	24	65.104
2	2.4	2.4	1.5	25	24	65.104
3	2.4	2.4	1.0	25	24	65.104

Edad de Muestreo : **14** Días

Fecha de Obtención : 11/03/02

Fecha de Ensayo : 25/03/02

Marca de Ident.	Dimencion (cm)		Deflexion (mm)	Carga Maxima (kg)	Long. Efectiva (cm)	Resistencia a la Flexion (kg/cm2)
	b	h				
1	2.4	2.4	1.5	26	24	67.708
2	2.4	2.4	2.0	26	24	67.708
3	2.4	2.4	1.0	27	24	70.313

Edad de Muestreo : **28** Días

Fecha de Obtención : 11/03/02

Fecha de Ensayo : 8/04/02

Marca de Ident.	Dimencion (cm)		Deflexion (mm)	Carga Maxima (kg)	Long. Efectiva (cm)	Resistencia a la Flexion (kg/cm2)
	b	h				
1	2.3	2.4	2.0	28	24	76.087
2	2.3	2.7	3.0	36	24	77.295
3	2.4	2.6	3.0	34	24	75.444

Edad de Muestreo : **55** Días

Fecha de Obtención : 14/02/02

Fecha de Ensayo : 10/04/02

Marca de Ident.	Dimencion (cm)		Deflexion (mm)	Carga Maxima (kg)	Long. Efectiva (cm)	Resistencia a la Flexion (kg/cm2)
	b	h				
1	2.4	2.5	1.5	32	24	76.800
2	2.4	2.5	1.5	32	24	76.800
3	2.4	2.7	2.0	36	24	74.074

ENSAYO DE ABSORCION

Diseño - M1 : 3/4 - 1/4 - 3

Tipo de Probeta : 4 x 4 x 16cm

Proporción : cement - cal - arena.

Fecha Inicio de Prueba : 14/08/01

Edad de Muestreo : 7 Día

Fecha Fin de Prueba : 18/08/01

Tiempo en Horas : 96

Muestra	Peso Inic. (gr)	Peso Final (gr)	Variac. Peso (gr)	Absorcion (gr/cm2)
M1	508	525.5	17.5	0.1116
M2	492	513	21	0.1340
M3	496	513	17	0.1084

Fecha Inicio de Prueba : 16/08/01

Edad de Muestreo : 14 Día

Fecha Fin de Prueba : 20/08/01

Tiempo en Horas : 96

Muestra	Peso Inic. (gr)	Peso Final (gr)	Variac. Peso (gr)	Absorcion (gr/cm2)
M1	512.5	526.5	14	0.0893
M2	508	537	29	0.1850
M3	506.5	537.5	31	0.1977

Fecha Inicio de Prueba : 29/08/01

Edad de Muestreo : 28 Día

Fecha Fin de Prueba : 3/09/01

Tiempo en Horas : 115

Muestra	Peso Inic. (gr)	Peso Final (gr)	Variac. Peso (gr)	Absorcion (gr/cm2)
M1	511	554	43	0.2506
M2	514.5	551.5	37	0.2156
M3	514.5	549	34.5	0.2011

Fecha Inicio de Prueba : 16/08/01

Edad de Muestreo : 70 Día

Fecha Fin de Prueba : 20/08/01

Tiempo en Horas : 96

Muestra	Peso Inic. (gr)	Peso Final (gr)	Variacion Peso (gr)	Absorcion (gr/cm2)
M1	539.5	549	9.5	0.0606
M2	540.5	552	11.5	0.0734
M3	552	563	11	0.0702

Fecha Inicio de Prueba : 6/09/01

Edad de Muestreo : 90 Día

Fecha Fin de Prueba : 10/09/01

Tiempo en Horas : 96

Muestra	Peso Inic. (gr)	Peso Final (gr)	Variacion Peso (gr)	Absorcion (gr/cm2)
M1	529	557.5	28.5	0.1818
M2	533.5	559	25.5	0.1627
M3	519	547	28	0.1786

ENSAYO DE ABSORCION

Diseño - M2 : 1/2 - 1/2 - 3

Tipo de Probeta : 4 x 4 x 16cm

Proporción : cement - cal - arena.

Fecha Inicio de Prueba : 16/08/01

Edad de Muestreo : 7 Día

Fecha Fin de Prueba : 19/08/01

Tiempo en Horas : 72

Muestra	Peso Inic. (gr)	Peso Final (gr)	Variac. Peso (gr)	Absorcion (gr/cm2)
M1	490.5	543.8	53.3	0.3925
M2	493	546.4	53.4	0.3930
M3	494	546.8	52.8	0.3887

Fecha Inicio de Prueba : 21/08/01

Edad de Muestreo : 14 Día

Fecha Fin de Prueba : 24/08/01

Tiempo en Horas : 74

Muestra	Peso Inic. (gr)	Peso Final (gr)	Variac. Peso (gr)	Absorcion (gr/cm2)
M1	490	541	51	0.3705
M2	492	540	48	0.3487
M3	495	548.5	53.5	0.3887

Fecha Inicio de Prueba : 10/09/01

Edad de Muestreo : 28 Día

Fecha Fin de Prueba : 14/09/01

Tiempo en Horas : 92

Muestra	Peso Inic. (gr)	Peso Final (gr)	Variac. Peso (gr)	Absorcion (gr/cm2)
M1	499	511.5	12.5	0.0815
M2	494.5	552.5	58	0.3779
M3	492	541.5	49.5	0.3225

Fecha Inicio de Prueba : 19/10/01

Edad de Muestreo : 70 Día

Fecha Fin de Prueba : 23/10/01

Tiempo en Horas : 94.5

Muestra	Peso Inic. (gr)	Peso Final (gr)	Variac. Peso (gr)	Absorcion (gr/cm2)
M1	497	539	42	0.2700
M2	500.5	540	39.5	0.2540
M3	500	538.5	38.5	0.2475

Fecha Inicio de Prueba : 19/11/01

Edad de Muestreo : 90 Día

Fecha Fin de Prueba : 30/11/01

Tiempo en Horas : 264

Muestra	Peso Inic. (gr)	Peso Final (gr)	Variac. Peso (gr)	Absorcion (gr/cm2)
M1	494	503.5	9.5	0.0365
M2	495	505	10	0.0385
M3	497	506.5	9.5	0.0365

ENSAYO DE ABSORCION

Diseño - M3 : 2/5 - 3/5 - 3

Tipo de Probeta : 4 x 4 x 16cm

Proporción : cement - cal - arena.

Fecha Inicio de Prueba : 21/08/01

Edad de Muestreo : 7 Día

Fecha Fin de Prueba : 24/08/01

Tiempo en Horas : 72

Muestra	Peso Inic. (gr)	Peso Final (gr)	Variaci. Peso (gr)	Absorcion (gr/cm2)
M1	497	548.8	51.8	0.3815
M2	498.3	550	51.7	0.3809
M3	499.2	551	51.8	0.3819

Fecha Inicio de Prueba : 9/09/01

Edad de Muestreo : 14 Día

Fecha Fin de Prueba : 13/09/01

Tiempo en Horas : 96

Muestra	Peso Inic. (gr)	Peso Final (gr)	Variaci. Peso (gr)	Absorcion (gr/cm2)
M1	498.5	554	55.5	0.3542
M2	499	554.9	55.9	0.3567
M3	498	552.9	54.9	0.3499

Fecha Inicio de Prueba : 19/10/01

Edad de Muestreo : 28 Día

Fecha Fin de Prueba : 22/10/01

Tiempo en Horas : 72

Muestra	Peso Inic. (gr)	Peso Final (gr)	Variaci. Peso (gr)	Absorcion (gr/cm2)
M1	499.5	541	41.5	0.3054
M2	498.7	539.36	40.7	0.2995
M3	497.6	540.39	42.8	0.3152

Fecha Inicio de Prueba : 8/11/01

Edad de Muestreo : 70 Día

Fecha Fin de Prueba : 13/11/01

Tiempo en Horas : 118

Muestra	Peso Inic. (gr)	Peso Final (gr)	Variaci. Peso (gr)	Absorcion (gr/cm2)
M1	499	524	25	0.1438
M2	496.5	523	26.5	0.1525
M3	491.5	522	30.5	0.1755

Fecha Inicio de Prueba : 3/12/01

Edad de Muestreo : 90 Día

Fecha Fin de Prueba : 10/12/01

Tiempo en Horas : 166

Muestra	Peso Inic. (gr)	Peso Final (gr)	Variaci. Peso (gr)	Absorcion (gr/cm2)
M1	485	501.5	16.5	0.0800
M2	493	509.5	16.5	0.0800
M3	489.5	504	14.5	0.0703

ENSAYO DE ABSORCION

Diseño - M4 : 1/4 - 3/4 - 3

Tipo de Probeta : 4 x 4 x 16cm

Proporción : cement - cal - arena.

Fecha Inicio de Prueba : 18/09/01

Edad de Muestreo : 7 Día

Fecha Fin de Prueba : 22/09/01

Tiempo en Horas : 93

Muestra	Peso Inic. (gr)	Peso Final (gr)	Variac. Peso (gr)	Absorcion (gr/cm2)
M1	469	530	61	0.3953
M2	470.5	528.5	58	0.3759
M3	470	528	58	0.3759

Fecha Inicio de Prueba : 20/09/01

Edad de Muestreo : 14 Día

Fecha Fin de Prueba : 24/09/01

Tiempo en Horas : 92

Muestra	Peso Inic. (gr)	Peso Final (gr)	Variaci. Peso (gr)	Absorcion (gr/cm2)
M1	471.5	532.5	61	0.3975
M2	434.5	488	53.5	0.3486
M3	477.5	541	63.5	0.4138

Fecha Inicio de Prueba : 6/10/01

Edad de Muestreo : 28 Día

Fecha Fin de Prueba : 10/10/01

Tiempo en Horas : 94

Muestra	Peso Inic. (gr)	Peso Final (gr)	Variaci. Peso (gr)	Absorcion (gr/cm2)
M1	484.5	547	62.5	0.4029
M2	481.5	545.5	64	0.4126
M3	480	544.5	64.5	0.4158

Fecha Inicio de Prueba : 19/11/01

Edad de Muestreo : 70 Día

Fecha Fin de Prueba : 24/11/01

Tiempo en Horas : 120

Muestra	Peso Inic. (gr)	Peso Final (gr)	Variacion Peso (gr)	Absorcion (gr/cm2)
M1	475.5	483	7.5	0.0428
M2	473.5	479	5.5	0.0314
M3	476.5	483	6.5	0.0371

Fecha Inicio de Prueba : 26/12/01

Edad de Muestreo : 90 Día

Fecha Fin de Prueba : 29/12/01

Tiempo en Horas : 72

Muestra	Peso Inic. (gr)	Peso Final (gr)	Variacion Peso (gr)	Absorcion (gr/cm2)
M1	476.5	492.5	16	0.1179
M2	477.5	490	12.5	0.0921
M3	474	491.5	17.5	0.1289

ENSAYO DE ABSORCION

Diseño - M5 : 1/5 - 4/5 - 3

Tipo de Probeta : 4 x 4 x 16cm

Proporción : cement - cal - arena.

Fecha Inicio de Prueba : 24/09/01

Edad de Muestreo : 7 Día

Fecha Fin de Prueba : 27/09/01

Tiempo en Horas : 72

Muestra	Peso Inic. (gr)	Peso Final (gr)	Variac. Peso (gr)	Absorcion (gr/cm2)
M1	475	503.1	28.1	0.2070
M2	474	502.4	28.4	0.2090
M3	474.5	502.8	28.3	0.2085

Fecha Inicio de Prueba : 4/10/01

Edad de Muestreo : 14 Día

Fecha Fin de Prueba : 10/10/01

Tiempo en Horas : 72

Muestra	Peso Inic. (gr)	Peso Final (gr)	Variac. Peso (gr)	Absorcion (gr/cm2)
M1	473	524	51	0.3757
M2	475	524	49	0.3609
M3	474	527.5	53.5	0.3941

Fecha Inicio de Prueba : 12/10/01

Edad de Muestreo : 28 Día

Fecha Fin de Prueba : 16/10/01

Tiempo en Horas : 96

Muestra	Peso Inic. (gr)	Peso Final (gr)	Variac. Peso (gr)	Absorcion (gr/cm2)
M1	479	531	52	0.3317
M2	486	541	55	0.3508
M3	476	532	56	0.3572

Fecha Inicio de Prueba : 15/12/01

Edad de Muestreo : 70 Día

Fecha Fin de Prueba : 18/12/01

Tiempo en Horas : 72

Muestra	Peso Inic. (gr)	Peso Final (gr)	Variac. Peso (gr)	Absorcion (gr/cm2)
M1	484	531.11	47.11	0.3470
M2	486	533.24	47.24	0.3480
M3	483	530.17	47.17	0.3475

Fecha Inicio de Prueba : 2/01/02

Edad de Muestreo : 90 Día

Fecha Fin de Prueba : 7/01/02

Tiempo en Horas : 120

Muestra	Peso Inic. (gr)	Peso Final (gr)	Variac. Peso (gr)	Absorcion (gr/cm2)
M1	484	545	61	0.3480
M2	485.5	546	60.5	0.3452
M3	476	535.5	59.5	0.3395

ENSAYO DE ABSORCION

Diseño Patrón : 1 - 0 - 3

Tipo de Probeta : 4 x 4 x 16cm

Proporción : cement - cal - arena.

Fecha Inicio de Prueba : 24/03/02

Edad de Muestreo : 7 Día

Fecha Fin de Prueba : 27/03/02

Tiempo en Horas : 72

Muestra	Peso Inic. (gr)	Peso Final (gr)	Variaci. Peso (gr)	Absorcion (gr/cm2)
M1	488	550.5	62.5	0.4600
M2	512	574.3	62.3	0.4590
M3	498	560.2	62.2	0.4585

Fecha Inicio de Prueba : 1/04/02

Edad de Muestreo : 14 Día

Fecha Fin de Prueba : 4/04/02

Tiempo en Horas : 72

Muestra	Peso Inic. (gr)	Peso Final (gr)	Variaci. Peso (gr)	Absorcion (gr/cm2)
M1	489	515	55.5	0.4090
M2	511.5	538.5	55.9	0.4119
M3	497.5	529.5	54.9	0.4040

Fecha Inicio de Prueba : 8/04/02

Edad de Muestreo : 28 Día

Fecha Fin de Prueba : 11/04/02

Tiempo en Horas : 72

Muestra	Peso Inic. (gr)	Peso Final (gr)	Variaci. Peso (gr)	Absorcion (gr/cm2)
M1	547.5	546	41.5	0.3054
M2	539.5	540	40.7	0.2995
M3	543	543.5	42.8	0.3152

Fecha Inicio de Prueba : 10/04/02

Edad de Muestreo : 55 Día

Fecha Fin de Prueba : 14/04/02

Tiempo en Horas : 96

Muestra	Peso Inic. (gr)	Peso Final (gr)	Variaci. Peso (gr)	Absorcion (gr/cm2)
M1	498	512	14	0.0893
M2	494	508	14	0.0893
M3	505.5	522	16.5	0.1053

Fecha Inicio de Prueba : 3/12/01

Edad de Muestreo : 90 Día

Fecha Fin de Prueba : 10/12/01

Tiempo en Horas : 166

Muestra	Peso Inic. (gr)	Peso Final (gr)	Variaci. Peso (gr)	Absorcion (gr/cm2)
M1		501.5	501.5	2.4327
M2		509.5	509.5	2.4716
M3		504	504	2.4449

ENSAYO DE ADHERENCIA

Edad de Muestreo : 28 Días

Diseño - Patron : 1 - 0 - 3
 Proporción : cement. - cal - arena.

Tipo de Probeta : 9 x 12 x 29 cm
 Fecha de Ensayo : 12/03/02

Marca de Identificación	Dimensión Neta (cm)	Carga Máxima (kg.)	Carga Aplicada (kg)	Sección Aplicada (cm ²)	Resistencia a la Adherencia (kg/cm ²)
M1	12 x 19.3	1950	975	231.6	4.210
M2	12 x 19.3	1500	750	231.6	3.238
M3	12 x 19.3	2400	1200	231.6	5.181

Diseño - M1 : 3/4 - 1/4 - 3

Fecha de Ensayo : 15/02/02

Marca de Identificación	Dimensión Neta (cm)	Carga Máxima (kg.)	Carga Aplicada (kg)	Sección Aplicada (cm ²)	Resistencia a la Adherencia (kg/cm ²)
M1	12 x 19.3	1750	875	231.6	3.778
M2	12 x 19.3	1400	700	231.6	3.022
M3	12 x 19.3	2100	1050	231.6	4.534

Diseño - M2 : 1/2 - 1/2 - 3

Fecha de Ensayo : 20/02/02

Marca de Identificación	Dimensión Neta (cm)	Carga Máxima (kg.)	Carga Aplicada (kg)	Sección Aplicada (cm ²)	Resistencia a la Adherencia (kg/cm ²)
M1	12 x 19.3	1850	925	231.6	3.994
M2	12 x 19.3	1200	600	231.6	2.591
M3	12 x 19.3	1200	600	231.6	2.591

Diseño - M3 : 2/5 - 3/5 - 3

Fecha de Ensayo : 15/03/02

Marca de Identificación	Dimensión Neta (cm)	Carga Máxima (kg.)	Carga Aplicada (kg)	Sección Aplicada (cm ²)	Resistencia a la Adherencia (kg/cm ²)
M1	12 x 19.3	1000	500	231.6	2.159
M2	12 x 19.3	900	450	231.6	1.943
M3	12 x 19.3	700	350	231.6	1.511

ENSAYO DE RETRACCION

Diseño : 3/4 - 1/4 - 3
 Proporción : cemt. - cal - arena.

Tipo de Probeta : 5 x 5 x 5 cm
 Fecha de Ensayo : 2/08/01
 Norma de Ensayo : ASTM-C157

No DIA	MUESTRA No	FECHA DE ENSAYO	VOLUMEN cm3	VOLUMEN PROMEDIO	%VOLUMEN PROMEDIO	% Deformación
0	1	2-Ago	8.223887	8.211469	100.000	0.000
	2		8.205260			
	3		8.205260			
1	1	3-Ago	7.597856	7.656581	93.243	-6.757
	2		7.719287			
	3		7.652600			
5	1	7-Ago	7.983102	8.034149	97.841	-2.159
	2		8.049805			
	3		8.069539			
6	1	8-Ago	8.029073	8.028836	97.776	-2.224
	2		8.024018			
	3		8.033417			
7	1	9-Ago	8.006988	8.044939	97.972	-2.028
	2		8.088272			
	3		8.039556			
8	1	10-Ago	8.010835	8.060894	98.166	-1.834
	2		8.084360			
	3		8.087488			
10	1	11-Ago	8.013107	8.049703	98.030	-1.970
	2		8.088272			
	3		8.047731			
15	1	17-Ago	8.004875	8.030842	97.800	-2.200
	2		8.056007			
	3		8.031645			
20	1	22-Ago	7.944495	7.997387	97.393	-2.607
	2		8.049999			
	3		7.997666			
22	1	24-Ago	7.944871	7.987483	97.272	-2.728
	2		8.035999			
	3		7.981579			
24	1	26-Ago	7.940982	7.980847	97.191	-2.809
	2		8.027958			
	3		7.973602			
26	1	28-Ago	7.962781	7.979457	97.175	-2.825
	2		8.015942			
	3		7.959649			
28	1	30-Ago	7.977093	7.978231	97.160	-2.840
	2		7.983801			
	3		7.973798			
55	1	26-Sep	7.940982	7.980847	97.191	-2.809
	2		8.027958			
	3		7.973602			
70	1	12-Oct	7.977093	7.978231	97.160	-2.840
	2		7.983801			
	3		7.973798			
90	1	1-Nov	7.962781	7.979457	97.175	-2.825
	2		8.015942			
	3		7.959649			

ENSAYO DE RETRACCION

Diseño : 1/2 - 1/2 - 3
 Proporción : cemt. - cal - arena.

Tipo de Probeta : 5 x 5 x 5 cm
 Fecha de Ensayo : 7/08/01
 Norma de Ensayo : ASTM-C157

No DIA	MUESTRA No	FECHA DE ENSAYO	VOLUMEN cm3	VOLUMEN PROMEDIO	%VOLUMEN Inicial	% Deformación
0	1	7-Ago	8.069831	8.087766	100.000	0.000
	2		8.087088			
	3		8.106378			
1	1	8-Ago	8.029650	8.044164	99.461	-0.539
	2		8.038819			
	3		8.064022			
5	1	12-Ago	8.039672	8.030074	99.287	-0.713
	2		8.042619			
	3		8.007931			
6	1	13-Ago	8.038672	8.029404	99.278	-0.722
	2		8.041619			
	3		8.007920			
7	1	14-Ago	8.040670	8.030037	99.286	-0.714
	2		8.041620			
	3		8.007820			
8	1	15-Ago	8.045676	7.991641	98.811	-1.189
	2		7.920352			
	3		8.008894			
10	1	16-Ago	8.025560	8.012050	99.064	-0.936
	2		8.026705			
	3		7.983884			
15	1	22-Ago	7.995632	7.995436	98.858	-1.142
	2		7.998817			
	3		7.991858			
20	1	27-Ago	7.945726	7.963478	98.463	-1.537
	2		7.968771			
	3		7.975938			
22	1	29-Ago	8.025580	8.012059	99.064	-0.936
	2		8.026709			
	3		7.983889			
24	1	31-Ago	7.995635	7.995438	98.858	-1.142
	2		7.998820			
	3		7.991860			
26	1	2-Sep	7.989635	7.995465	98.859	-1.141
	2		7.997825			
	3		7.998935			
28	1	4-Sep	8.033579	8.004077	98.965	-1.035
	2		7.992758			
	3		7.985894			
55	1	1-Oct	8.040020	8.004303	98.968	-1.032
	2		7.979789			
	3		7.993099			
70	1	16-Oct	7.989970	8.004853	98.975	-1.025
	2		7.998590			
	3		8.025998			
90	1	5-Nov	8.029790	8.005132	98.978	-1.022
	2		7.989800			
	3		7.995805			

ENSAYO DE RETRACCION

Diseño : 2/5 - 3/5 - 3
 Proporción : cement. - cal - arena.

Tipo de Probeta : 5 x 5 x 5 cm
 Fecha de Ensayo : 27/08/01
 Norma de Ensayo : ASTM-C157

No DIA	MUESTRA No	FECHA DE ENSAYO	VOLUMEN cm3	VOLUMEN PROMEDIO	%VOLUMEN Inicial	% Deformación
0	1	27-Ago	7.929370	7.860051	100.000	0.000
	2		7.867404			
	3		7.783380			
1	1	28-Ago	7.958571	7.872760	100.162	0.162
	2		7.872464			
	3		7.787246			
5	1	1-Sep	7.973164	7.878526	100.235	0.235
	2		7.877189			
	3		7.785224			
6	1	2-Sep	7.973351	7.879529	100.248	0.248
	2		7.878112			
	3		7.787123			
7	1	3-Sep	7.968446	7.889515	100.375	0.375
	2		7.876557			
	3		7.823541			
8	1	4-Sep	7.951762	7.893831	100.430	0.430
	2		7.899875			
	3		7.829856			
10	1	5-Sep	7.961336	7.895635	100.453	0.453
	2		7.900955			
	3		7.824613			
15	1	20-Sep	7.871811	7.825786	99.564	-0.436
	2		7.855504			
	3		7.750042			
20	1	25-Sep	7.973351	7.879529	100.248	0.248
	2		7.878112			
	3		7.787123			
22	1	27-Sep	7.951762	7.893831	100.430	0.430
	2		7.899875			
	3		7.829856			
24	1	29-Sep	7.871811	7.825786	99.564	-0.436
	2		7.855504			
	3		7.750042			
26	1	1-Oct	7.951762	7.893831	100.430	0.430
	2		7.899875			
	3		7.829856			
28	1	3-Oct	7.973351	7.879529	100.248	0.248
	2		7.878112			
	3		7.787123			
55	1	30-Oct	7.871811	7.825786	99.564	-0.436
	2		7.855504			
	3		7.750042			
70	1	14-Nov	7.973164	7.878526	100.235	0.235
	2		7.877189			
	3		7.785224			
90	1	4-Dic	7.973351	7.879529	100.248	0.248
	2		7.878112			
	3		7.787123			

ENSAYO DE RETRACCION

Diseño - Patron : 1 - 0 - 3

Proporción : cement. - cal - arena.

Tipo de Probeta : 5 x 5 x 5 cm

Fecha de Ensayo : 11/03/02

Norma de Ensayo : ASTM-C157

No DIA	MUESTRA No	FECHA DE ENSAYO	VOLUMEN cm3	VOLUMEN PROMEDIO	%VOLUMEN Inicial	% Deformación
0	1	11-Mar	7.929370	7.860051	100.000	0.000
	2		7.867404			
	3		7.783380			
1	1	12-Mar	7.951762	7.893831	100.430	0.430
	2		7.899875			
	3		7.829856			
5	1	16-Mar	7.911762	7.897164	100.472	0.472
	2		7.879875			
	3		7.899856			
6	1	17-Mar	7.871811	7.825786	99.564	-0.436
	2		7.855504			
	3		7.750042			
7	1	18-Mar	7.841811	7.815786	99.437	-0.563
	2		7.855504			
	3		7.750042			
8	1	19-Mar	7.841811	7.802452	99.267	-0.733
	2		7.855504			
	3		7.710042			
10	1	21-Mar	7.871811	7.825786	99.564	-0.436
	2		7.855504			
	3		7.750042			
15	1	26-Mar	7.811811	7.779119	98.970	-1.030
	2		7.815504			
	3		7.710042			
20	1	31-Mar	7.841811	7.815786	99.437	-0.563
	2		7.855504			
	3		7.750042			
22	1	2-Abr	7.871811	7.825786	99.564	-0.436
	2		7.855504			
	3		7.750042			
24	1	4-Abr	7.841811	7.802452	99.267	-0.733
	2		7.855504			
	3		7.710042			
26	1	6-Abr	7.821811	7.782452	99.013	-0.987
	2		7.815504			
	3		7.710042			
28	1	8-Abr	7.811811	7.779119	98.970	-1.030
	2		7.815504			
	3		7.710042			
55	1	5-May	7.901176	7.866969	100.088	0.088
	2		7.869875			
	3		7.829856			
70	1	20-May	7.911176	7.870302	100.130	0.130
	2		7.879875			
	3		7.819856			
90	1	9-Jun	7.901176	7.870302	100.130	0.130
	2		7.869875			
	3		7.839856			

ENSAYO DE COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

Diseño - M1 : 3/4 - 1/4 - 3

Tipo de Probeta : Tronco de Piramide

Proporción : cement - cal - arena.

Fecha Inicio de Prueba : 16/03/02

Edad de Muestreo : 28 Días.

FECHA D/M/A	Muestra - 1			Muestra - 2			Muestra - 3			Presion p.s.i.	Presion cm	Presion bars	Kprom. cm/seg
	Espesor 4.2 cm		Diam. 15.9 cm	Espesor 4.2 cm		Diam. 16.3 cm	Espesor 4.4 cm		Diam. 15.9 cm				
	Tiempo (seg)	Lectura (cm)	k1 (m/seg)	Tiempo (seg)	Lectura (cm)	k2 (m/seg)	Tiempo (seg)	Lectura (cm)	k3 (m/seg)				
16-Mar-02	10.00	16.50	1.11E-07	600.00	38.70	1.67E-09	360.00	13.00	1.03E-09	35	2467	24.14	3.79E-08
	10.00	14.50	1.11E-07	240.00	11.00	1.22E-09	540.00	18.20	9.88E-10	34	2396	23.45	3.77E-08
	120.00	15.00	1.11E-07	420.00	18.00	1.14E-09	600.00	20.00	9.77E-10	34	2396	23.45	3.77E-08
	120.00	14.50	1.11E-07	600.00	25.00	1.11E-09	840.00	26.80	9.35E-10	34	2396	23.45	3.77E-08
	240.00	25.50	1.11E-07	720.00	29.80	1.10E-09	1020.00	31.50	9.05E-10	34	2396	23.45	3.77E-08
16-Mar-02	240.00	18.50	1.11E-07	900.00	36.50	1.08E-09	660.00	12.60	5.60E-10	45	2396	31.03	3.75E-08
	240.00	17.50	1.11E-07	540.00	14.00	5.22E-10	840.00	16.00	4.22E-10	45	3171	31.03	3.73E-08
	240.00	24.50	1.11E-07	720.00	18.40	5.14E-10	1260.00	24.00	4.22E-10	45	3171	31.03	3.73E-08
	TERMINO ENSAYO			1140.00	19.60	3.46E-10	900.00	27.70	6.82E-10	62	3171	42.76	5.14E-10
				780.00	22.40	4.19E-10	1080.00	33.00	4.91E-10	62	4369	42.76	4.55E-10
17-Mar-02				960.00	27.40	4.17E-10	1260.00	33.70	4.30E-10	62	4369	42.76	4.23E-10
				1140.00	33.00	4.23E-10	720.00	12.30	2.75E-10	60	4369	41.38	3.49E-10
				600.00	9.90	2.49E-10	900.00	15.00	2.77E-10	59	4228	40.69	2.63E-10
				780.00	12.50	2.46E-10	1320.00	21.80	2.79E-10	59	4158	40.69	2.62E-10
				1200.00	18.60	2.38E-10	1500.00	24.50	2.76E-10	59	4158	40.69	2.57E-10
				1380.00	21.60	2.40E-10	780.00	11.80	2.56E-10	58	4158	40.00	2.48E-10
				720.00	9.80	2.12E-10	900.00	13.30	2.54E-10	58	4087	40.00	2.33E-10
				840.00	11.20	2.08E-10	1260.00	17.70	2.41E-10	58	4087	40.00	2.25E-10
				1200.00	15.60	2.03E-10	600.00	8.00	2.29E-10	57	4087	39.31	2.16E-10
				600.00	8.60	2.28E-10	600.00	8.70	2.54E-10	57	4017	39.31	2.41E-10
				660.00	9.10	2.19E-10	780.00	10.40	2.33E-10	56.5	4017	38.97	2.26E-10
				720.00	10.10	2.25E-10	1200.00	15.50	2.28E-10	56.5	3982	38.97	2.26E-10
				1200.00	16.00	2.14E-10	1380.00	17.80	2.27E-10	56.5	3982	38.97	2.21E-10
				1260.00	16.30	2.08E-10	1800.00	23.00	2.27E-10	56	3961	38.62	2.17E-10
				1800.00	23.20	2.08E-10	1920.00	24.30	2.25E-10	56	3946	38.62	2.17E-10
				1920.00	24.50	2.06E-10	300.00	4.60	2.73E-10	76	3946	52.41	2.40E-10
			300.00	15.50	6.15E-10	360.00	5.20	1.89E-10	76	5356	52.41	4.02E-10	
			360.00	18.40	6.09E-10	600.00	8.50	1.86E-10	76	5356	52.41	3.97E-10	
			600.00	29.80	5.92E-10	840.00	10.40	1.62E-10	76	5356	52.41	3.77E-10	

1.06E-08

ENSAYO DE COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

Diseño - M2 : 1/2 - 1/2 - 3

Tipo de Probeta : Tronco de Piramide

Proporción : cement - cal - arena.

Fecha Inicio de Prueba : 18/03/02

Edad de Muestreo : 28 Días.

FECHA D/M/A	Muestra - 1			Muestra - 2			Muestra - 3			Presion p.s.i.	Presion cm	Presion bars	Kprom. cm/seg
	Espesor 4.55 cm		Diam. 15.7 cm	Espesor 4.43cm		Diam. 16.0 cm	Espesor 4.55 cm		Diam. 15.9 cm				
	Tiempo (seg)	Lectura (cm)	k1 (m/seg)	Tiempo (seg)	Lectura (cm)	k2 (m/seg)	Tiempo (seg)	Lectura (cm)	k3 (m/seg)				
18-Mar-02	150.00	39.60	1.98E-08	60.00	9.30	7.68E-09	90.00	13.00	7.45E-09	20	1409	13.79	1.16E-08
	120.00	30.50	1.98E-08	120.00	18.40	7.60E-09	150.00	20.50	7.04E-09	20	1409	13.79	1.15E-08
	51.00	25.00	1.98E-08	30.00	4.50	7.43E-09	180.00	24.50	7.02E-09	20	1409	13.79	1.14E-08
	90.00	35.00	1.98E-08	90.00	13.00	7.16E-09	210.00	28.20	6.92E-09	20	1409	13.79	1.13E-08
	90.00	34.00	1.98E-08	150.00	22.00	7.27E-09	60.00	7.70	6.61E-09	20	1409	13.79	1.12E-08
	120.00	39.50	1.98E-08	210.00	30.70	7.25E-09	120.00	15.00	6.44E-09	20	1409	13.79	1.12E-08
	60.00	18.50	1.98E-08	30.00	5.00	7.86E-09	180.00	22.40	6.11E-09	21	1480	14.48	1.13E-08
	60.00	19.50	1.98E-08	90.00	12.80	6.71E-09	240.00	30.00	6.13E-09	21	1480	14.48	1.09E-08
	90.00	29.00	1.98E-08	150.00	21.40	6.73E-09	60.00	7.00	5.73E-09	21	1480	14.48	1.08E-08
	65.00	21.50	1.98E-08	210.00	30.00	6.74E-09	120.00	14.50	5.93E-09	21	1480	14.48	1.08E-08
				270.00	38.00	6.64E-09	180.00	21.00	5.73E-09	21	1480	14.48	6.18E-09
				60.00	8.60	6.76E-09	240.00	27.40	5.60E-09	21	1480	14.48	6.18E-09
				120.00	17.60	6.92E-09	270.00	34.00	6.18E-09	21	1480	14.48	6.55E-09
				180.00	20.00	5.24E-09	30.00	4.40	7.20E-09	21	1480	14.48	6.22E-09
				240.00	34.40	6.76E-09	90.00	10.40	5.67E-09	21	1480	14.48	6.22E-09
18-Mar-02				60.00	6.00	5.52E-09	210.00	24.30	6.64E-09	18	1266	12.41	6.08E-09
				120.00	12.50	5.74E-09	270.00	30.70	6.51E-09	18	1268	12.41	6.12E-09
				180.00	18.20	5.57E-09	300.00	34.30	6.55E-09	18	1268	12.41	6.06E-09
				240.00	24.20	5.55E-09	330.00	37.50	6.51E-09	18	1268	12.41	6.03E-09
				300.00	30.20	5.54E-09	360.00	40.00	6.36E-09	18	1268	12.41	5.95E-09
				360.00	35.20	5.38E-09	90.00	7.90	5.03E-09	18	1268	12.41	5.21E-09
				390.00	39.10	5.52E-09	150.00	12.50	4.77E-09	18	1268	12.41	5.15E-09
				420.00	42.60	5.59E-09	210.00	16.80	4.58E-09	18	1268	12.41	5.08E-09
				60.00	6.00	5.51E-09	270.00	21.60	4.58E-09	18	1268	12.41	5.04E-09
				120.00	12.80	5.87E-09	330.00	26.10	4.53E-09	18	1268	12.41	5.20E-09
				180.00	19.20	5.87E-09	450.00	35.40	4.51E-09	18	1268	12.41	5.19E-09
				240.00	25.00	5.74E-09	480.00	37.30	4.45E-09	18	1268	12.41	5.09E-09
				300.00	30.60	5.62E-09	510.00	39.60	4.45E-09	18	1268	12.41	5.03E-09
				360.00	36.30	5.55E-09	540.00	41.80	4.43E-09	18	1268	12.41	4.99E-09
							570.00	44.00	2.65E-09	18	2114	12.41	2.65E-09
						600.00	46.50	2.66E-09	18	2114	12.41	2.66E-09	
19-Mar-02							30.00	4.80	5.50E-09	30	2114	20.69	5.50E-09
							90.00	11.30	4.31E-09	30	2114	20.69	4.31E-09
							150.00	18.40	4.21E-09	30	2114	20.69	4.21E-09

7.03E-09

ENSAYO DE COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

Diseño - M3 : 2/5 - 3/5 - 3

Tipo de Probeta : Tronco de Piramide

Proporción : cement - cal - arena.

Fecha Inicio de Prueba : 16/03/02

Edad de Muestreo : 28 Día

FECHA D/M/A	Muestra - 1			Muestra - 2			Muestra - 3			Presion p.s.i.	Presion cm	Presion bars	Kprom. cm/seg
	Espesor 4.7 cm		Diam. 15.6 cm	Espesor 4.27cm		Diam. 16.2 cm	Espesor 4.55cm		Diam. 15.9 cm				
	Tiempo (seg)	Lectura (cm)	k1 (m/seg)	Tiempo (seg)	Lectura (cm)	k2 (m/seg)	Tiempo (seg)	Lectura (cm)	k3 (m/seg)				
16-Mar-02	30.00	23.50	6.15E-08	600.00	26.00	1.15E-09	" Fallo por Sellado Lateral "	35	2467	24.14	3.13E-08		
	30.00	19.50	6.15E-08	300.00	11.00	1.01E-09		34	2396	23.45	3.13E-08		
	" Fallo por Sellado Lateral "			480.00	17.20	9.82E-10		34	2396	23.45	9.82E-10		
				600.00	21.20	9.69E-10		34	2396	23.45	9.69E-10		
	" Fallo por Sellado Lateral "			780.00	26.80	9.42E-10		34	2396	23.45	9.42E-10		
				900.00	32.00	9.75E-10		34	2396	23.45	9.75E-10		
	" Fallo por Sellado Lateral "			600.00	11.40	3.94E-10		45	3171	31.03	3.94E-10		
				780.00	14.80	3.93E-10		45	3171	31.03	3.93E-10		
	" Fallo por Sellado Lateral "			1200.00	23.00	3.97E-10		45	3171	31.03	3.97E-10		
				840.00	14.30	2.56E-10		62	4369	42.76	2.56E-10		
	" Fallo por Sellado Lateral "			1020.00	16.90	2.49E-10		62	4369	42.76	2.49E-10		
				1200.00	19.70	2.47E-10		62	4369	42.76	2.47E-10		
	" Fallo por Sellado Lateral "			660.00	5.70	1.34E-10		60	4228	41.38	1.34E-10		
				840.00	7.10	1.34E-10		59	4158	40.69	1.34E-10		
	" Fallo por Sellado Lateral "			1260.00	10.20	1.28E-10		59	4158	40.69	1.28E-10		
				1440.00	11.60	1.27E-10		59	4158	40.69	1.27E-10		
	" Fallo por Sellado Lateral "			780.00	5.10	1.05E-10		58	4087	40.00	1.05E-10		
				840.00	5.50	1.05E-10		58	4087	40.00	1.05E-10		
	" Fallo por Sellado Lateral "			1260.00	7.30	9.31E-11		58	4087	40.00	9.31E-11		
				600.00	4.30	1.17E-10		57	4017	39.31	1.17E-10		
" Fallo por Sellado Lateral "			660.00	4.70	1.16E-10	57	4017	39.31	1.16E-10				
			750.00	5.00	1.10E-10	56.5	3982	38.97	1.10E-10				
17-Mar-02				1200.00	8.00	1.10E-10	56.5	3982	38.97	1.10E-10			
				1320.00	8.50	1.07E-10	56.2	3961	38.76	1.07E-10			
				1800.00	11.10	1.03E-10	56	3946	38.62	1.03E-10			
				1920.00	11.80	1.02E-10	56	3946	38.62	1.02E-10			
				300.00	1.50	6.13E-11	76	5356	52.41	6.13E-11			
				360.00	2.00	6.81E-11	76	5356	52.41	6.81E-11			
				600.00	3.60	7.36E-11	76	5356	52.41	7.36E-11			
				660.00	4.00	7.43E-11	76	5356	52.41	7.43E-11			
				780.00	4.30	6.76E-11	76	5356	52.41	6.76E-11			

2.27E-09

ENSAYO DE COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

Diseño - M4 : 1/4 - 3/4 - 3

Tipo de Probeta : Tronco de Piramide

Proporción : cement - cal - arena.

Fecha Inicio de Prueba : 19/03/02

Edad de Muestreo : 28 Días.

FECHA D/M/A	Muestra - 1			Muestra - 2			Muestra - 3			Presion p.s.i.	Presion cm	Presion bars	Kprom. cm/seg
	Espesor 4.5 cm		Diam. 15.9 cm	Espesor 4.3 cm		Diam. 15.8 cm	Espesor 4.55cm		Diam. 15.9 cm				
	Tiempo (seg)	Lectura (cm)	k1 (m/seg)	Tiempo (seg)	Lectura (cm)	k2 (m/seg)	Tiempo (seg)	Lectura (cm)	k3 (m/seg)				
19-Mar-02	300.00	24.00	5.82E-09	30.00	23.30	5.47E-08	" Fallo por Flexion ante carga Hidraulica "	14	987	9.66	3.03E-08		
	600.00	25.50	3.09E-09	30.00	24.70	5.80E-08		14	987	9.66	3.05E-08		
	900.00	20.40	1.65E-09	30.00	19.50	4.58E-08		14	987	9.66	2.37E-08		
	1050.00	19.50	1.35E-09	30.00	20.10	4.72E-08		14	987	9.66	2.43E-08		
	1140.00	21.50	1.37E-09	30.00	19.50	4.58E-08		14	987	9.66	2.36E-08		
	52.40	30.00	4.17E-08	51.10	30.00	4.13E-08		14	987	9.66	4.15E-08		
	55.70	30.00	3.92E-08	52.00	30.00	4.06E-08		14	987	9.66	3.99E-08		
	100.70	30.00	3.79E-08	119.47	30.00	3.09E-08		8	564	5.52	3.44E-08		
	103.20	30.00	3.70E-08	122.49	30.00	3.02E-08		8	564	5.52	3.36E-08		
	113.70	30.00	3.36E-08	TERMINO ENSAYO				8	564	5.52	3.36E-08		

3.15E-08

ENSAYO DE COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

Diseño - Patron : 1 - 0 - 3

Tipo de Probeta : Tronco de Piramide

Proporción : cent - cal - arena.

Fecha Inicio de Prueba : 18/03/02

Edad de Muestreo : 28 Días.

FECHA D/M/A	Muestra - 1			Muestra - 2			Muestra - 3			Presion p.s.i.	Presion cm	Presion bars	Kprom. cm/seg	
	Espesor 4.43 cm		Diam. 16 cm	Espesor 4.5 cm		Diam. 15.9 cm	Espesor 4.5 cm		Diam. 15.9 cm					
	Tiempo (seg)	Lectura (cm)	k1 (m/seg)	Tiempo (seg)	Lectura (cm)	k2 (m/seg)	Tiempo (seg)	Lectura (cm)	k3 (m/seg)					
18-Mar-02	300.00	7.60	3.54E-10	300.00	1.60	7.66E-11	300.00	3.20	1.53E-10	71	5004	48.97	1.94E-10	
	600.00	16.00	3.72E-10	600.00	2.80	6.70E-11	600.00	6.10	1.46E-10	71	5004	48.97	1.95E-10	
	900.00	24.80	3.85E-10	900.00	4.10	6.54E-11	900.00	8.50	1.36E-10	71	5004	48.97	1.95E-10	
	1020.00	26.90	3.68E-10	1050.00	4.60	6.29E-11	1080.00	10.20	1.36E-10	71	5004	48.97	1.89E-10	
	1110.00	29.90	3.76E-10	1140.00	5.00	6.30E-11	1170.00	11.00	1.35E-10	71	5004	48.97	1.91E-10	
	1200.00	31.60	3.67E-10	1260.00	4.80	5.47E-11	1200.00	11.40	1.36E-10	71	5004	48.97	1.86E-10	
	1320.00	35.00	3.70E-10	1350.00	4.80	5.10E-11	1380.00	13.00	1.35E-10	71	5004	48.97	1.85E-10	
	1380.00	38.00	3.84E-10	1440.00	5.10	5.08E-11	1470.00	14.00	1.37E-10	71	5004	48.97	1.91E-10	
	1500.00	40.20	3.74E-10	1530.00	5.40	5.07E-11	1560.00	14.50	1.33E-10	71	5004	48.97	1.86E-10	
		TERMINO ENSAYO			1800.00	6.50	5.26E-11	1620.00	15.00	1.35E-10	70	4933	48.28	9.37E-11
					2400.00	9.00	5.46E-11	1860.00	17.20	1.35E-10	70	4933	48.28	9.46E-11
					3600.00	14.40	5.82E-11	2340.00	21.70	1.35E-10	70	4933	48.28	9.66E-11
					4200.00	16.20	5.62E-11	3600.00	31.70	1.28E-10	70	4933	48.28	9.22E-11
					TERMINO ENSAYO			1200.00	37.70	4.57E-10	70	4933	48.28	4.57E-10

1.82E-10

ENSAYO MODULO DE ELASTICIDAD

Diseño - M1 : 3/4 - 1/4 - 3

Norma de Ensayo : ASTM C469-83

Material : cement. - cal - arena.

Tipo de Probeta : 4 x4 x 16 cm

Edad : 28 Días.

Carga kg	Esfuerzo kg/cm ²	Deformacion	Deformacion	Deformacion
		Unitaria x 0.0001 Lectura I	Unitaria x 0.0001 Lectura II	Unitaria x 0.0001 Promedio
0	0.00	0.00	0.00	0.00
500	31.25	13.00	44.50	28.75
1000	62.50	33.00	69.50	51.25
1500	93.75	51.00	90.50	70.75
1750	109.38	80.00	118.00	99.00

Area (cm²) : 16

D1 (0.0001) : 0.5

Carga Max. : 1750

E1 (kg/cm²): 2.5

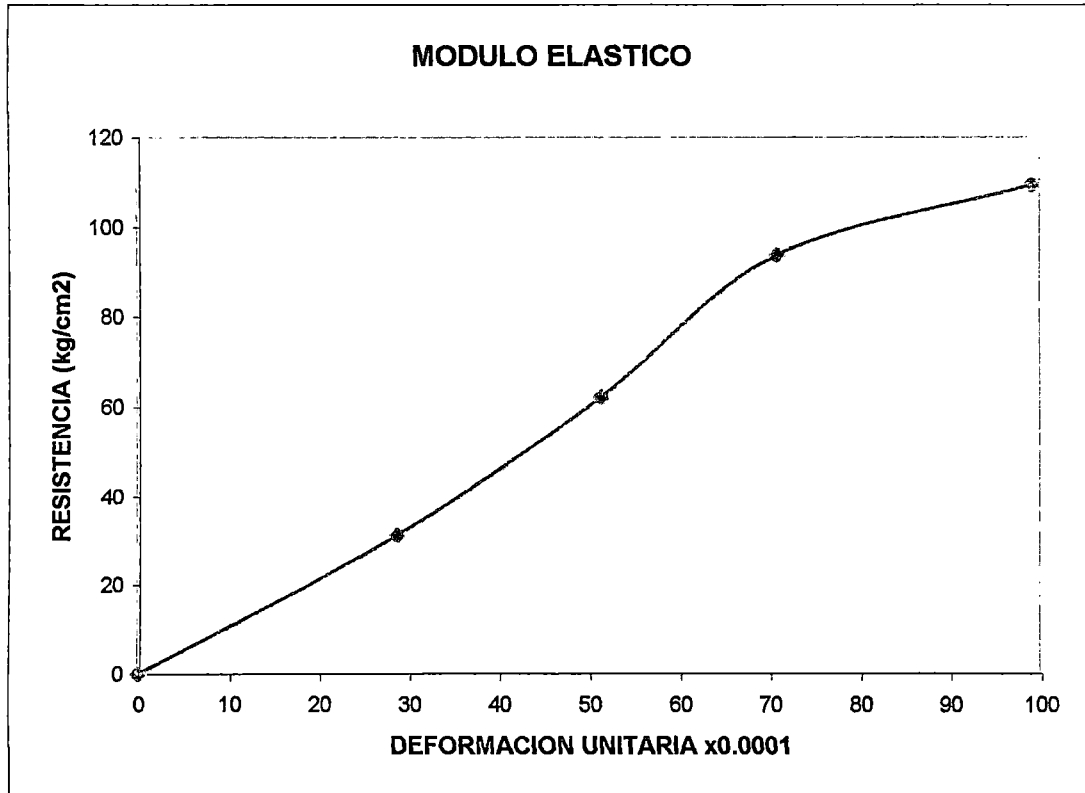
Rotura F'C : 109.38

D2 (0.0001) : 38

E2 (0.4 F'C) : 43.75

M.E.T(kg/cm²) **11000.000**

$$MEET = (E2-E1)/(D2-0.5*0.0001)$$



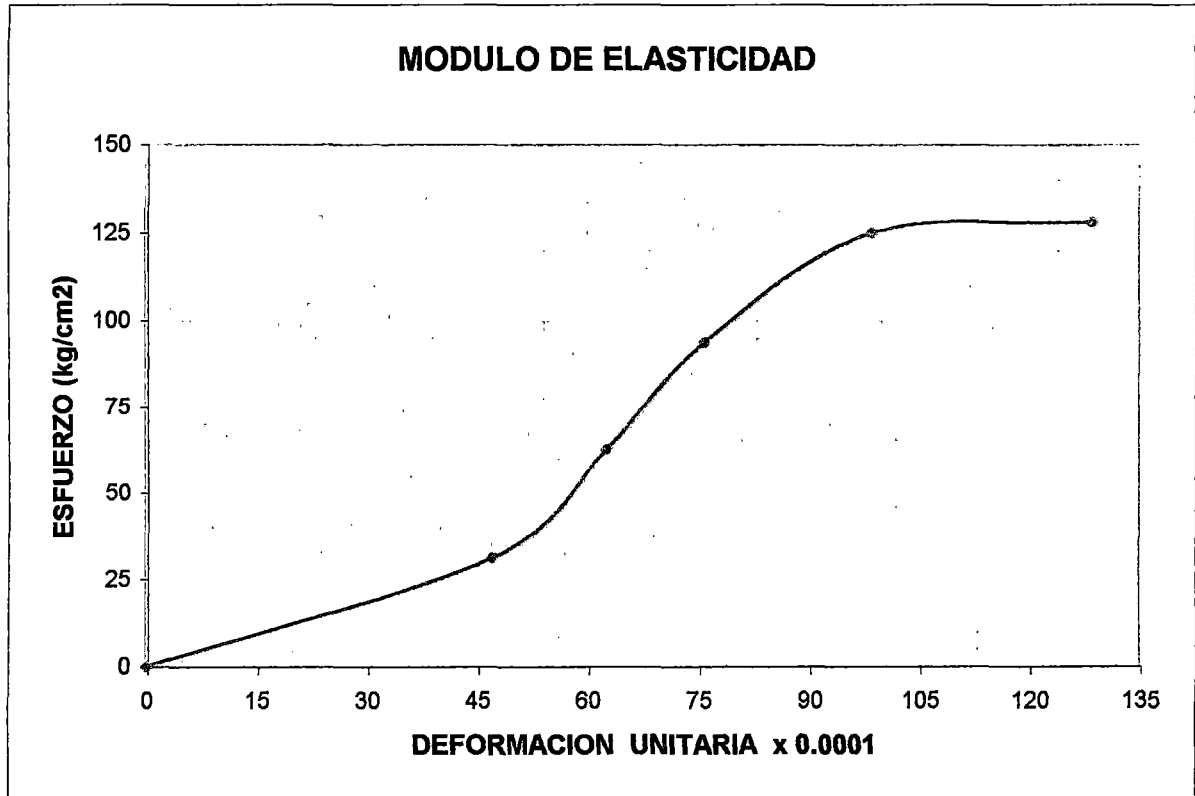
Diseño - M1 : 3/4 - 1/4 - 3
 Material : cement. - cal - arena.
 Edad : 70 Días.

Norma de Ensayo : ASTM C469-83
 Tipo de Probeta : 4 x4 x 16 cm

Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Deformacion Unitaria x 0.0001	Deformacion Unitaria x 0.0001	Deformacion Unitaria x 0.0001
		Lectura I	Lectura II	Promedio
0	0.00	0.00	0.00	0.00
500	31.25	26.00	68.00	47.00
1000	62.50	40.00	85.00	62.50
1500	93.75	55.00	96.50	75.75
2000	125.00	83.00	114.00	98.50
2050	128.13	115.00	142.00	128.50

Area (cm2) :	16	D1 (0.0001) :	0.5
Carga Max. :	2050	E1 (kg/cm2):	3
Rotura F'C :	128.125	D2 (0.0001) :	58
E2 (0.4 F'C) :	51.25	M.E.E.T(kg/cm2)	8391.304

$$MEET = (E2-E1)/(D2-0.5*0.0001)$$



Diseño - M1 : 3/4 - 1/4 - 3
 Material : cemt. - cal - arena.
 Edad : 90 Días.

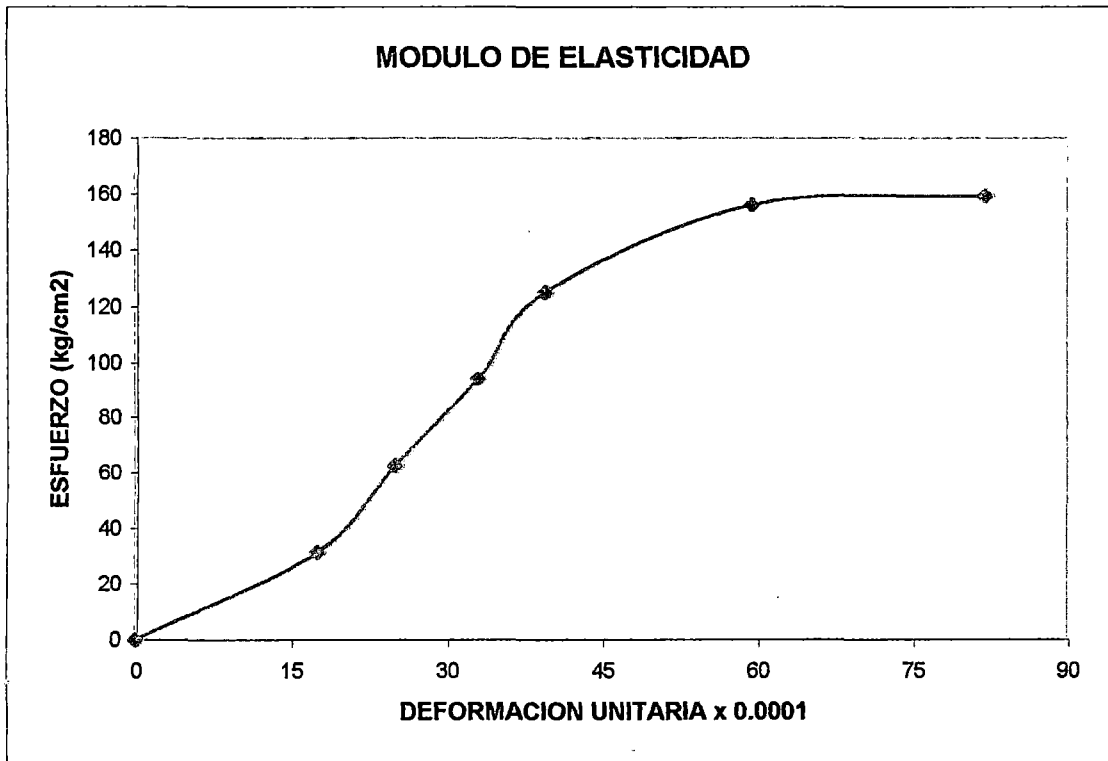
Norma de Ensayo : ASTM C469-83
 Tipo de Probeta : 4 x4 x 16 cm

Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Deformacion Unitaria x 0.0001	Deformacion Unitaria x 0.0001	Deformacion Unitaria x 0.0001
		Lectura I	Lectura II	Promedio
0	0.00	0.00	0.00	0.00
500	31.25	21.00	14.00	17.50
1000	62.50	26.00	24.00	25.00
1500	93.75	33.00	33.00	33.00
2000	125.00	38.00	41.00	39.50
2500	156.25	58.00	61.00	59.50
2550	159.38	81.00	83.00	82.00

Area (cm2) : 16
 Carga Max. : 2500
 Rotura F'C : 156.25
 E2 (0.4 F'C) : 62.5

D1 (0.0001) : 0.5
 E1 (kg/cm2): 3
 D2 (0.0001) : 25
 M.E.E.T(kg/cm2): **24285.714**

MEET = (E2-E1)/(D2-0.5*0.0001)



ENSAYO MODULO DE ELASTICIDAD

Diseño - M2 : 1/2 - 1/2 - 3

Norma de Ensayo : ASTM C469-83

Material : cemt. - cal - arena.

Tipo de Probeta : 4 x4 x 16 cm

Edad : 28 Días.

Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Deformacion	Deformacion	Deformacion
		Unitaria x 0.0001 Lectura I	Unitaria x 0.0001 Lectura II	Unitaria x 0.0001 Promedio
0	0.00	0.00	0.00	0.00
100	6.25	11.00	11.00	11.00
200	12.50	29.00	13.00	21.00
300	18.75	40.00	13.00	26.50
400	25.00	51.00	13.00	32.00
500	31.25	59.00	13.00	36.00
600	37.50	69.00	13.00	41.00
700	43.75	79.00	13.00	46.00
750	46.88	89.00	13.00	51.00

Area (cm2) : 16

D1 (0.0001) : 0.5

Carga Max. : 750

E1 (kg/cm2): 1

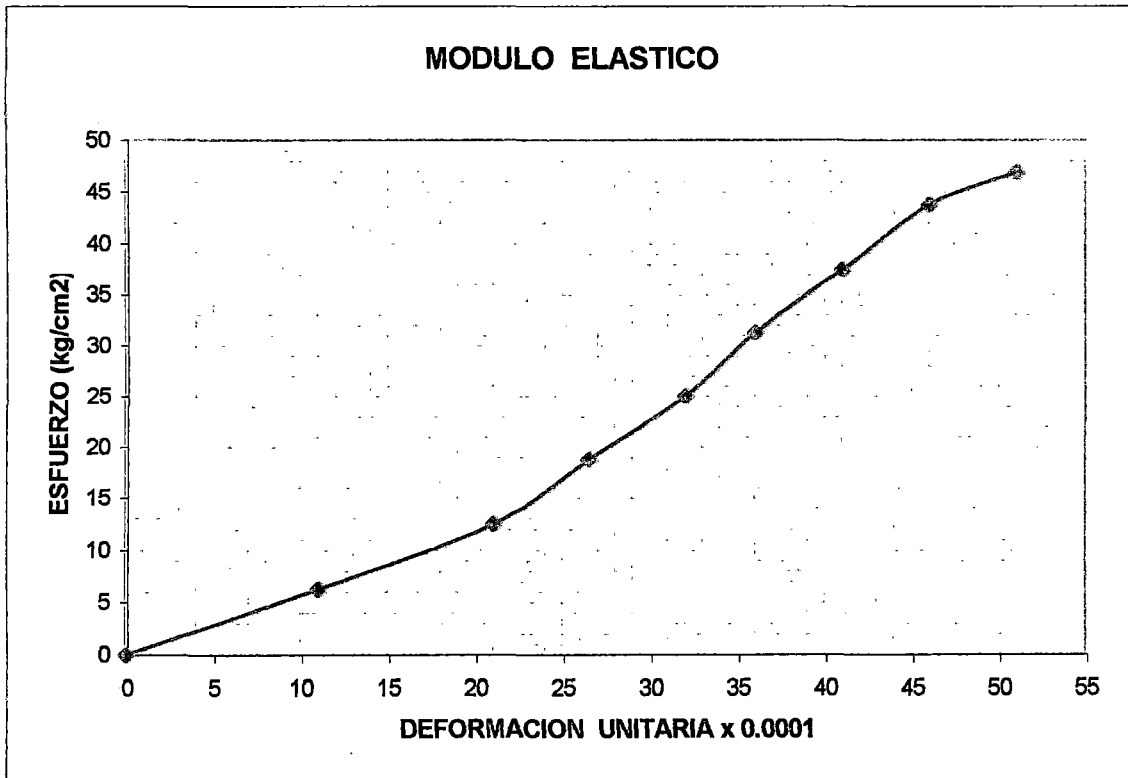
Rotura F'C : 46.88

D2 (0.0001) : 26

E2 (0.4 F'C) : 18.75

M.E.E.T(kg/cm2) **6960.784**

$$MEET = (E2-E1)/(D2-0.5*0.0001)$$



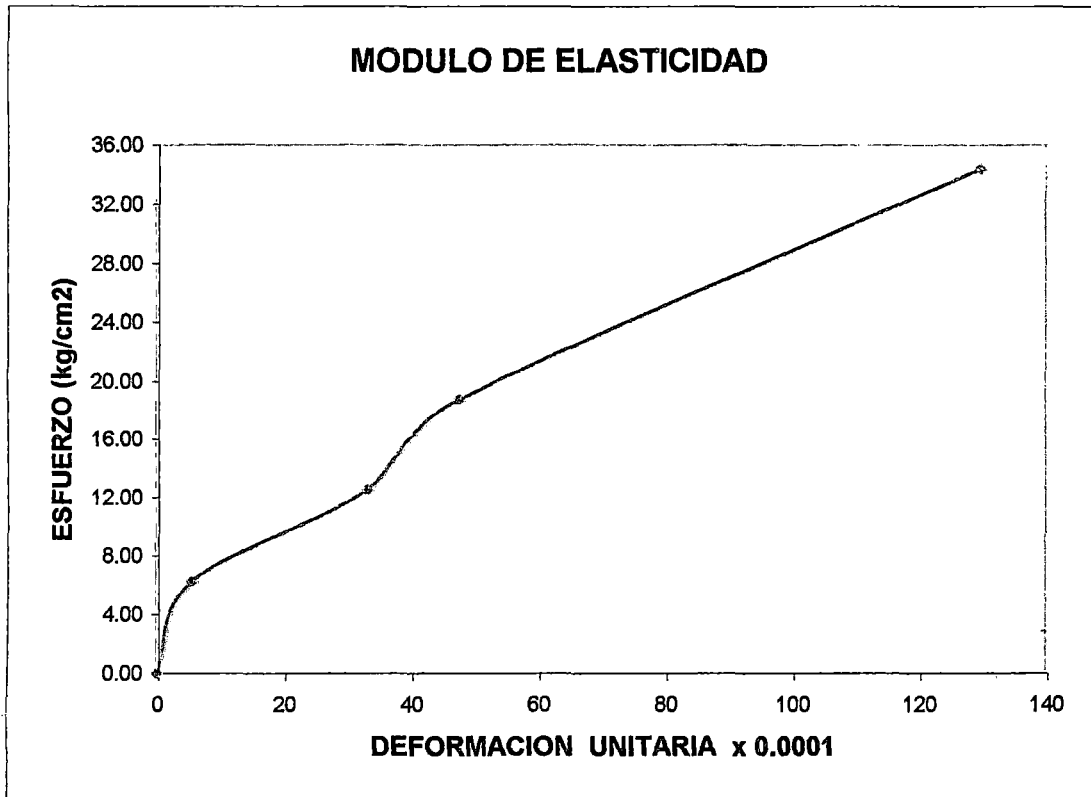
Diseño - M2 : 1/2 - 1/2 - 3
 Material : cemt. - cal - arena.
 Edad : 70 Días.

Norma de Ensayo : ASTM C469-83
 Tipo de Probeta : 4 x4 x 16 cm

Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Deformacion Unitaria x 0.0001	Deformacion Unitaria x 0.0001	Deformacion Unitaria x 0.0001
		Lectura I	Lectura II	Promedio
0	0.00	0.00	0.00	0.00
100	6.25	3.00	8.00	5.50
200	12.50	29.00	37.00	33.00
300	18.75	45.00	50.00	47.50
550	34.38	131.00	128.00	129.50

Area (cm2) : 16
 Carga Max. : 550
 Rotura F'C : 34.38
 E2 (0.4 F'C) : 13.75
 D1 (0.0001) : 0.5
 E1 (kg/cm2) : 0.5
 D2 (0.0001) : 36
 M.E.E.T(kg/cm2): **3732.394**

$$MEET = (E2-E1)/(D2-0.5*0.0001)$$



Diseño - M2 : 1/2 - 1/2 - 3
 Material : cemt. - cal - arena.
 Edad : 90 Días.

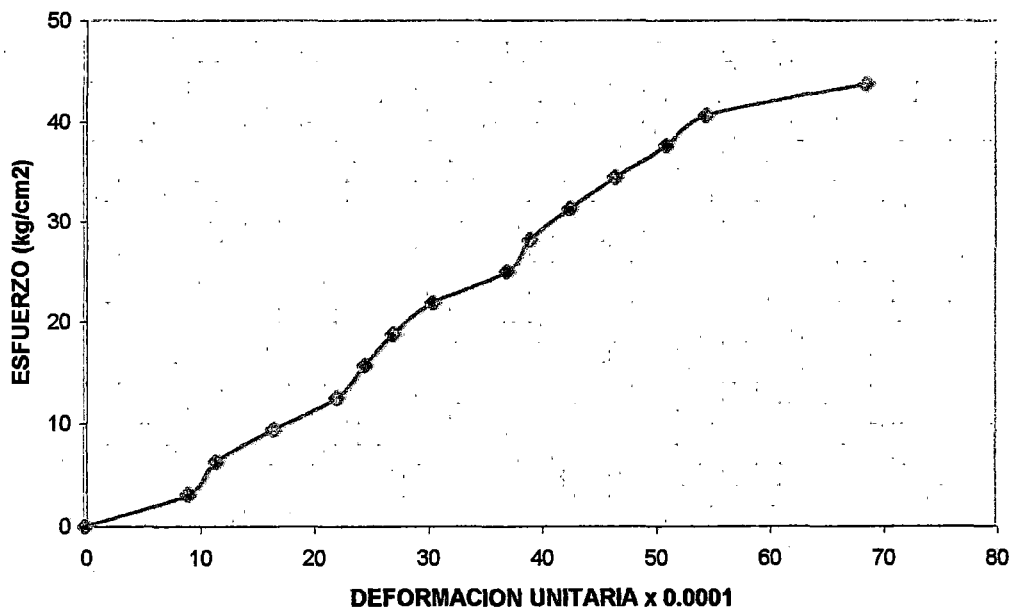
Norma de Ensayo : ASTM C469-83
 Tipo de Probeta : 4 x4 x 16 cm

Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Deformacion Unitaria x 0.0001		Deformacion
		Lectura I	Lectura II	Unitaria x 0.0001 Promedio
0	0.00	0.00	0.00	0.00
50	3.13	11.00	7.00	9.00
100	6.25	13.00	10.00	11.50
150	9.38	15.00	18.00	16.50
200	12.50	20.00	24.00	22.00
250	15.63	21.00	28.00	24.50
300	18.75	23.00	31.00	27.00
350	21.88	26.00	35.00	30.50
400	25.00	32.00	42.00	37.00
450	28.13	34.00	44.00	39.00
500	31.25	37.00	48.00	42.50
550	34.38	41.00	52.00	46.50
600	37.50	46.00	56.00	51.00
650	40.63	51.00	58.00	54.50
700	43.75	69.00	68.00	68.50

Area (cm2) : 16
 Carga Max. : 700
 Rotura F'C : 43.75
 E2 (0.4 F'C) : 17.5
 D1 (0.0001) : 0.5
 E1 (kg/cm2) : 1
 D2 (0.0001) : 27
 M.E.E.T(kg/cm2): 6226.415

$$MEET = (E2-E1)/(D2-0.5*0.0001)$$

MODULO DE ELASTICIDAD



ENSAYO MODULO DE ELASTICIDAD

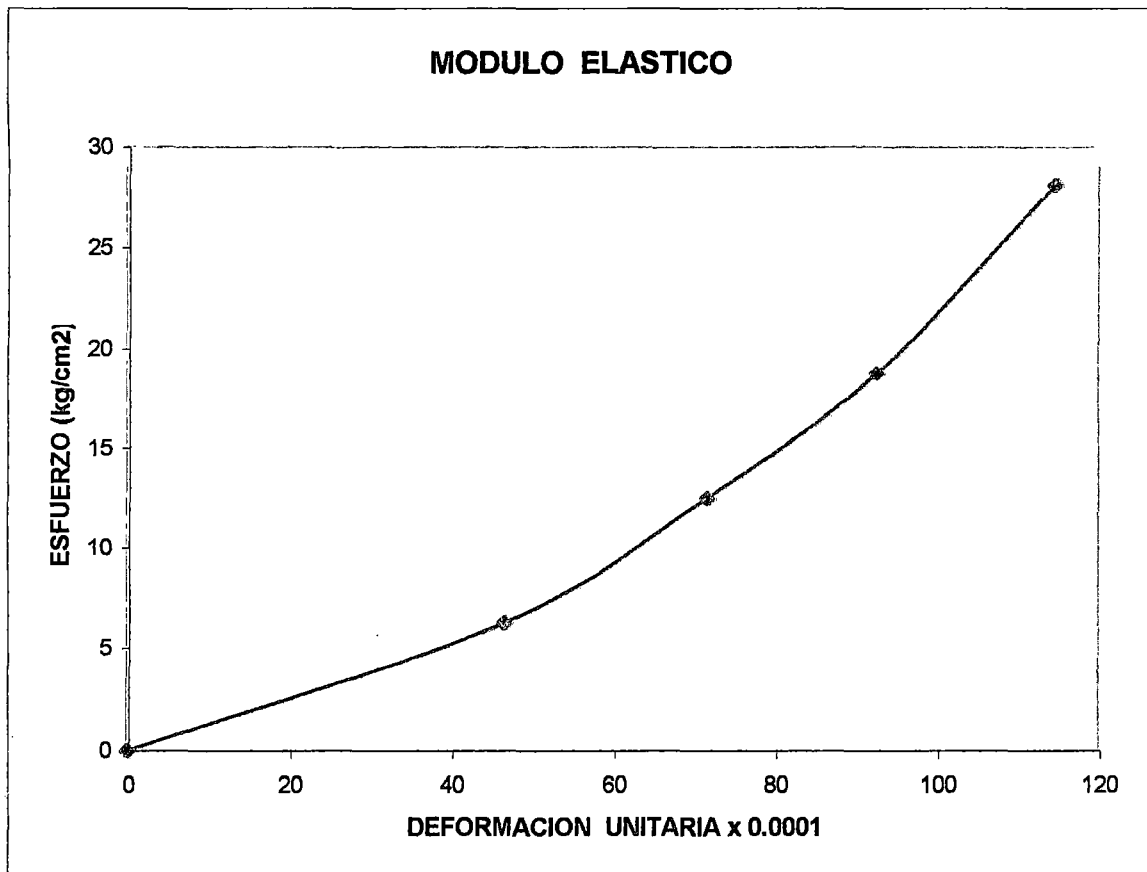
Diseño - M3 : 2/5 - 3/5 - 3
 Material : cemt. - cal - arena.
 Edad : 28 Días.

Norma de Ensayo : ASTM C469-83
 Tipo de Probeta : 4 x4 x 16 cm

Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Deformacion Unitaria x 0.0001 Lectura I	Deformacion Unitaria x 0.0001 Lectura II	Deformacion Unitaria x 0.0001 Promedio
0	0.00	0.00	0.00	0.00
100	6.25	45.00	48.00	46.50
200	12.50	74.00	69.00	71.50
300	18.75	95.00	90.00	92.50
450	28.13	122.00	107.00	114.50

Area (cm2) : 16
 Carga Max. : 450
 Rotura F'C : 28.13
 E2 (0.4 F'C) : 11.25
 D1 (0.0001) : 0.5
 E1 (kg/cm2) : 0.5
 D2 (0.0001) : 68
 M.E.E.T(kg/cm2) **1592.593**

$$MEET = (E2-E1)/(D2-0.5*0.0001)$$



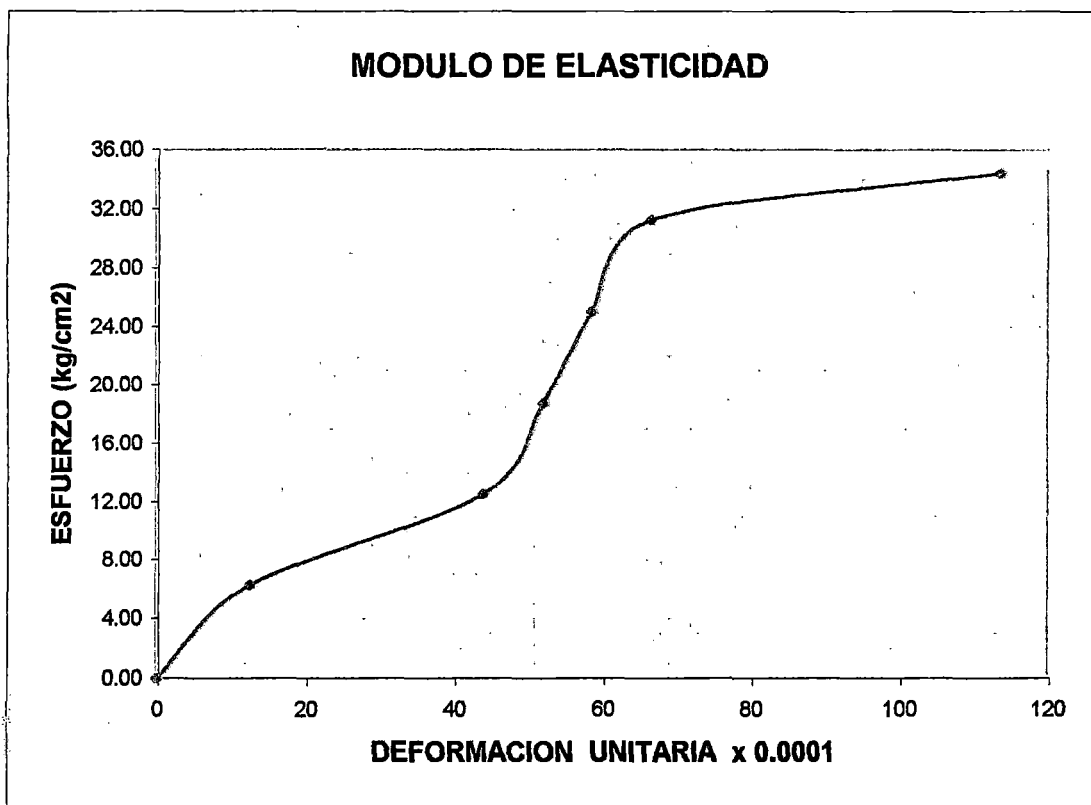
Diseño - M3 : 2/5 - 3/5 - 3
 Material : cemt. - cal - arena.
 Edad : 70 Días.

Norma de Ensayo : ASTM C469-83
 Tipo de Probeta : 4 x4 x 16 cm

Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Deformacion Unitaria x 0.0001 Lectura I	Deformacion Unitaria x 0.0001 Lectura II	Deformacion Unitaria x 0.0001 Promedio
0	0.00	0.00	0.00	0.00
100	6.25	13.00	12.00	12.50
200	12.50	35.00	53.00	44.00
300	18.75	44.00	60.00	52.00
400	25.00	51.00	66.00	58.50
500	31.25	60.00	73.00	66.50
550	34.38	110.00	117.00	113.50

Area (cm2) : 16
 Carga Max. : 550
 Rotura F'C : 34.38
 E2 (0.4 F'C) : 13.75
 D1 (0.0001) : 0.5
 E1 (kg/cm2): 0.5
 D2 (0.0001) : 47
 M.E.E.T(kg/cm2): 2849.462

$$MEET = (E2-E1)/(D2-0.5*0.0001)$$



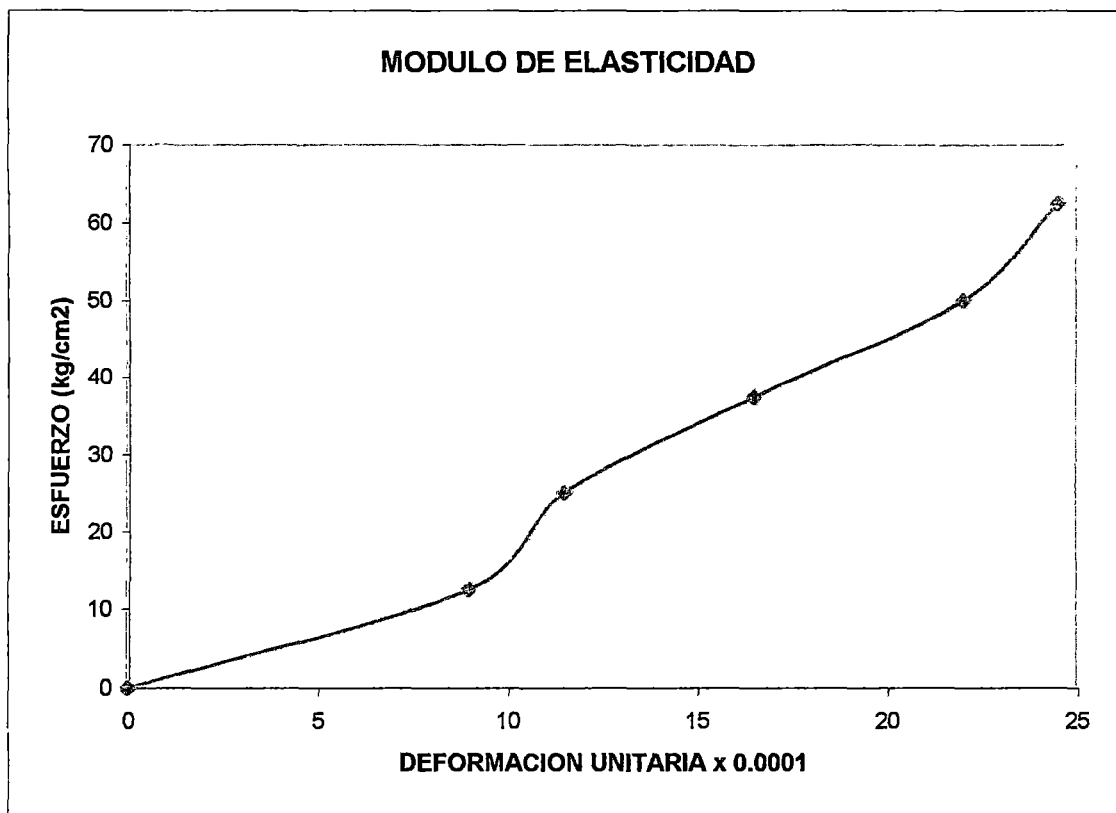
Diseño - M3 : 2/5 - 3/5 - 3
 Material : cemt. - cal - arena.
 Edad : 90 Días.

Norma de Ensayo : ASTM C469-83
 Tipo de Probeta : 4 x 4 x 16 cm

Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Deformacion Unitaria x 0.0001		Deformacion Unitaria x 0.0001
		Lectura I	Lectura II	Promedio
0	0.00	0.00	0.00	0.00
200	12.50	11.00	7.00	9.00
400	25.00	13.00	10.00	11.50
600	37.50	15.00	18.00	16.50
800	50.00	20.00	24.00	22.00
1000	62.50	21.00	28.00	24.50

Area (cm2) : 16
 Carga Max. : 1000
 Rotura F'C : 62.50
 E2 (0.4 F'C) : 25
 D1 (0.0001) : 0.5
 E1 (kg/cm2) : 1
 D2 (0.0001) : 11.5
 M.E.E.T(kg/cm2) : **21818.182**

$$MEET = (E2-E1)/(D2-0.5*0.0001)$$



ENSAYO MODULO DE ELASTICIDAD

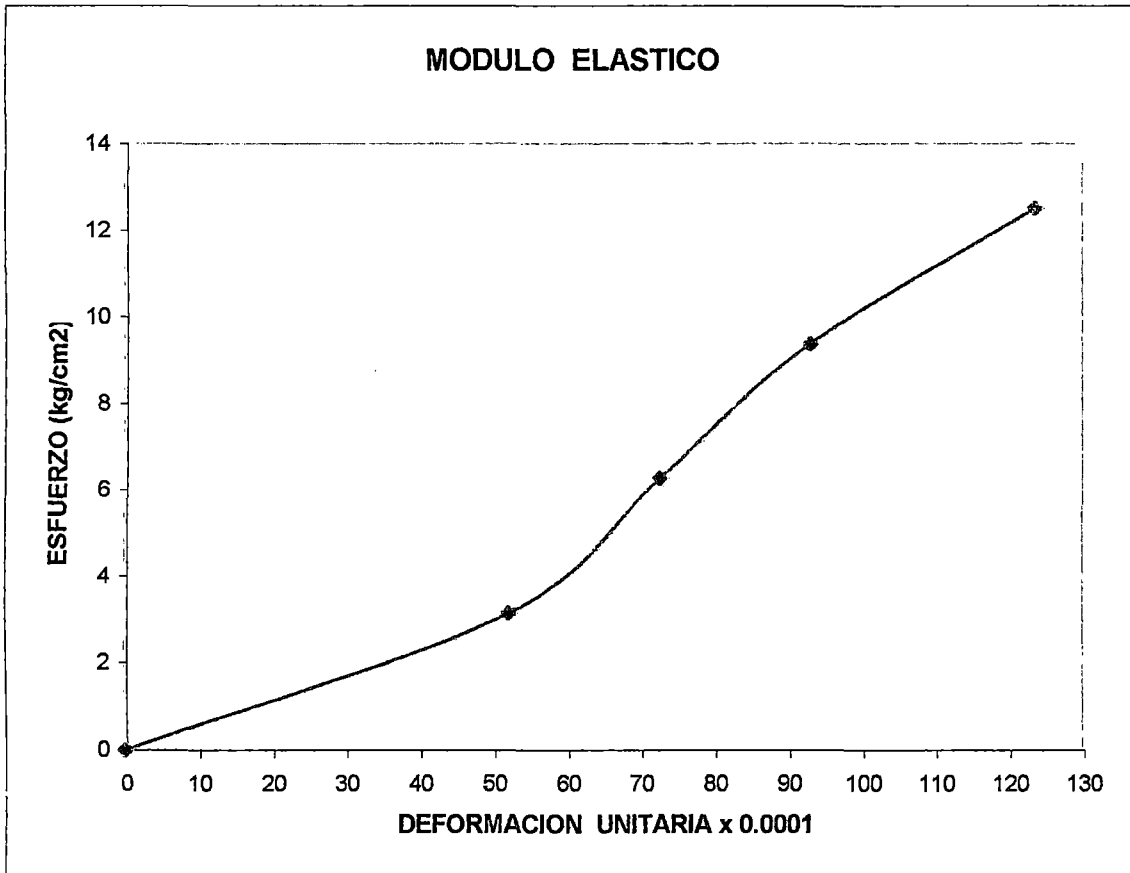
Diseño - M4 : 1/4 - 3/4 - 3
 Material : cement. - cal - arena.
 Edad : 28 Días.

Norma de Ensayo : ASTM C469-83
 Tipo de Probeta : 4 x4 x 16 cm

Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Deformacion	Deformacion	Deformacion
		Unitaria x 0.0001 Lectura I	Unitaria x 0.0001 Lectura II	Unitaria x 0.0001 Promedio
0	0.00	0.00	0.00	0.00
50	3.13	62.00	42.00	52.00
100	6.25	71.00	74.00	72.50
150	9.38	97.00	89.00	93.00
200	12.50	129.00	118.00	123.50

Area (cm2) :	16	D1 (0.0001) :	0.5
Carga Max. :	150	E1 (kg/cm2):	0.1
Rotura F'C :	9.38	D2 (0.0001) :	59
E2 (0.4 F'C) :	3.75	M.E.E.T(kg/cm2)	623.932

MEET = (E2-E1)/(D2-0.5*0.0001)



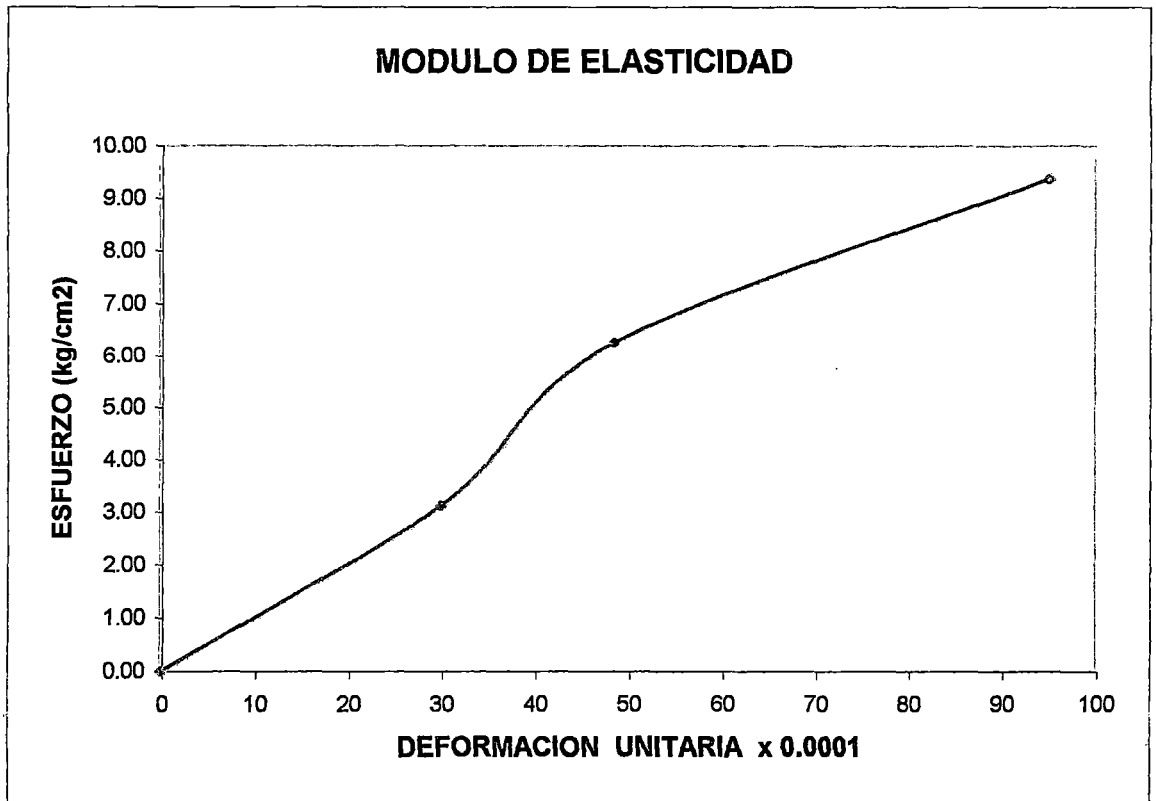
Diseño - M4 : 1/4 - 3/4 - 3
 Material : cement. - cal - arena.
 Edad : 70 Días.

Norma de Ensayo : ASTM C469-83
 Tipo de Probeta : 4 x4 x 16 cm

Carga kg	Esfuerzo kg/cm ²	Deformacion Unitaria x 0.0001	Deformacion Unitaria x 0.0001	Deformacion Unitaria x 0.0001
		Lectura I	Lectura II	Promedio
0	0.00	0.00	0.00	0.00
50	3.13	21.00	39.00	30.00
100	6.25	40.00	57.00	48.50
150	9.38	90.00	100.00	95.00

Area (cm ²) :	16	D1 (0.0001) :	0.5
Carga Max. :	150	E1 (kg/cm ²):	0.1
Rotura F'C :	9.38	D2 (0.0001) :	34
E2 (0.4 F'C) :	3.75	M.E.E.T(kg/cm ²):	1089.552

$$MEET = (E2-E1)/(D2-0.5*0.0001)$$



Diseño - M4 : 1/4 - 3/4 - 3
 Material : cemt. - cal - arena.
 Edad : 90 Días.

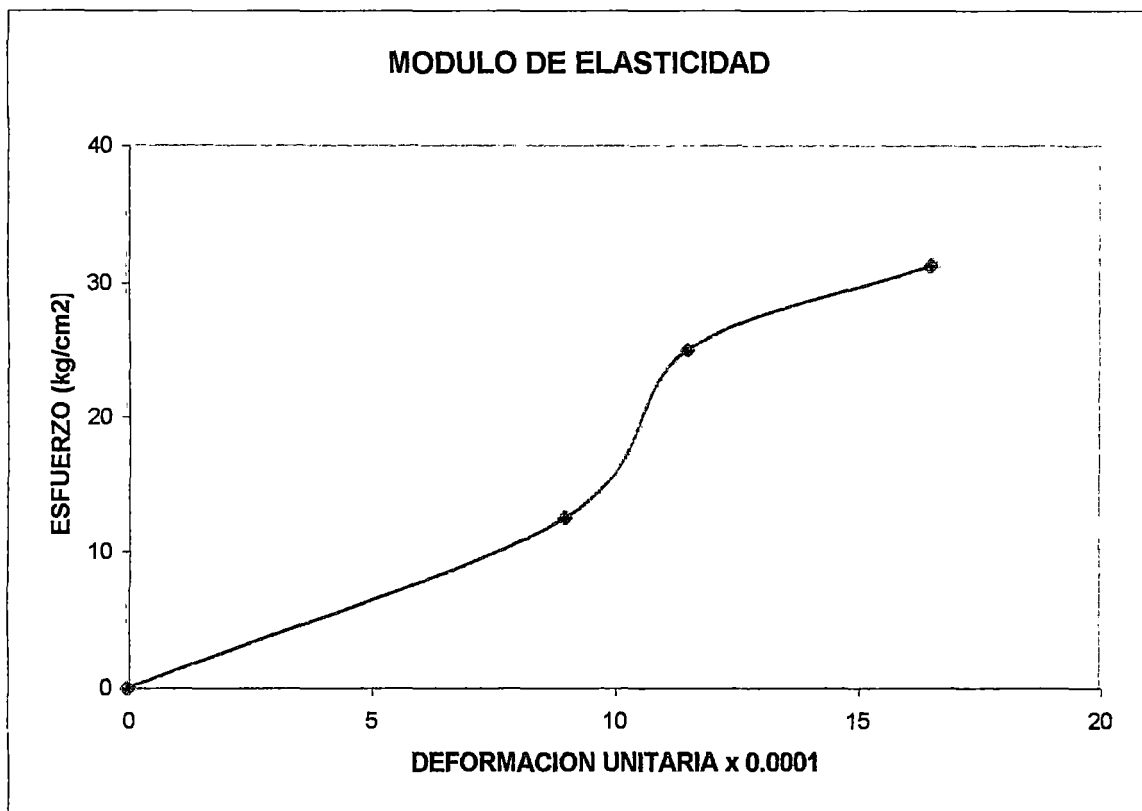
Norma de Ensayo : ASTM C469-83
 Tipo de Probeta : 4 x4 x 16 cm

Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Deformacion Unitaria x 0.0001 Lectura I	Deformacion Unitaria x 0.0001 Lectura II	Deformacion Unitaria x 0.0001 Promedio
0	0.00	0.00	0.00	0.00
200	12.50	11.00	7.00	9.00
400	25.00	13.00	10.00	11.50
500	31.25	15.00	18.00	16.50

Area (cm2) : 16
 Carga Max. : 500
 Rotura F'C : 31.25
 E2 (0.4 F'C) : 12.5

D1 (0.0001) : 0.5
 E1 (kg/cm2): 1
 D2 (0.0001) : 9
 M.E.E.T(kg/cm2): 13529.412

$$MEET = (E2-E1)/(D2-0.5*0.0001)$$



ENSAYO MODULO DE ELASTICIDAD

Diseño -Patron : 1 - 0 - 3

Material : cemt. - cal - arena.

Edad : 28 Días.

Norma de Ensayo : ASTM C469-83

Tipo de Probeta : 4 x4 x 16 cm

Carga kg	Esfuerzo kg/cm ²	Deformacion Unitaria x 0.0001 Lectura I	Deformacion Unitaria x 0.0001 Lectura II	Deformacion Unitaria x 0.0001 Promedio
0	0.00	0.00	0.00	0.00
500	31.25	36.00	40.00	38.00
1000	62.50	45.00	47.00	46.00
1500	93.75	52.00	52.00	52.00
1950	121.88	90.00	90.00	90.00

Area (cm²) : 16

Carga Max. : 1500

Rotura F'C : 93.75

E2 (0.4 F'C) : 37.5

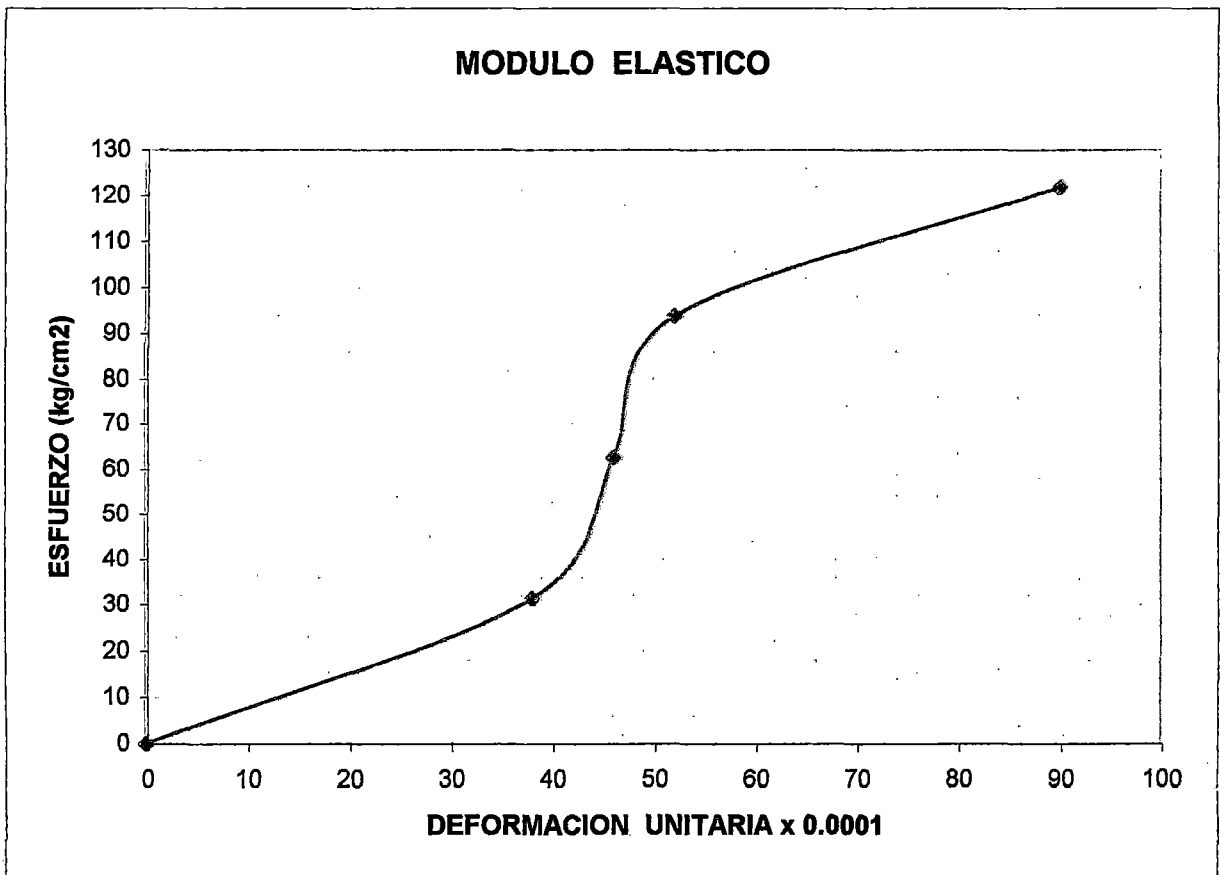
D1 (0.0001) : 0.5

E1 (kg/cm²): 1

D2 (0.0001) : 40.5

M.E.E.T(kg/cm²): 9125.000

$$MEET = (E2-E1)/(D2-0.5*0.0001)$$



ENSAYO MODULO DE ELASTICIDAD

Diseño -Patron : 1 - 0 - 3

Norma de Ensayo : ASTM C469-83

Material : cement. - cal - arena.

Tipo de Probeta : 4 x4 x 16 cm

Edad : 70 Días.

Carga kg	Esfuerzo kg/cm ²	Deformacion Unitaria x 0.0001	Deformacion Unitaria x 0.0001	Deformacion Unitaria x 0.0001
		Lectura I	Lectura II	Promedio
0	0.00	0.00	0.00	0.00
500	31.25	14.00	38.00	26.00
1000	62.50	32.00	57.00	44.50
1500	93.75	89.00	78.00	83.50
1700	106.25	90.00	90.00	90.00

Area (cm²) : 16

D1 (0.0001) : 0.5

Carga Max. : 1700

E1 (kg/cm²): 1

Rotura F'C : 106.25

D2 (0.0001) : 33

E2 (0.4 F'C) : 42.5

M.E.E.T(kg/cm²): 12769.231

$$MEET = (E2-E1)/(D2-0.5*0.0001)$$

