

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

**“ANALISIS DE MEZCLAS PARA MORTEROS
DE ENLUCIDOS UTILIZANDO ARENA
CUARCIFERA DE LA FORMACION HOLLIN”**

TESIS DE GRADO

Previa la obtención del Título de:

INGENIERO CIVIL

Presentada por:

GUILLERMO LEONIDAS GUERRERO ALARCON

GUAYAQUIL - ECUADOR

AÑO

1998

DEDICATORIA

A MIS QUERIDOS **PADRES**
POR ESTAR A MI LADO.

A MIS **HERMANAS** POR SU
CARIÑO Y COMPRESIÓN.

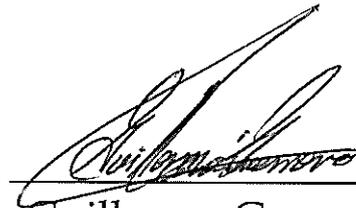
A MIS **AMIGOS Y AMIGAS**
QUE DESDE LA DISTANCIA
ME HAN BRINDADO SU
APOYO.

AGRADECIMIENTO

AL ING. HUGO EGUEZ, MI DIRECTOR DE TESIS, AL ING. LEONARDO CARRIÓN, JEFE DE LABORATORIO C.T.H., Y AL PERSONAL DEL C.T.H. POR SU COLABORACION EN LA REALIZACIÓN DE ESTE TRABAJO.

DECLARACION EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”

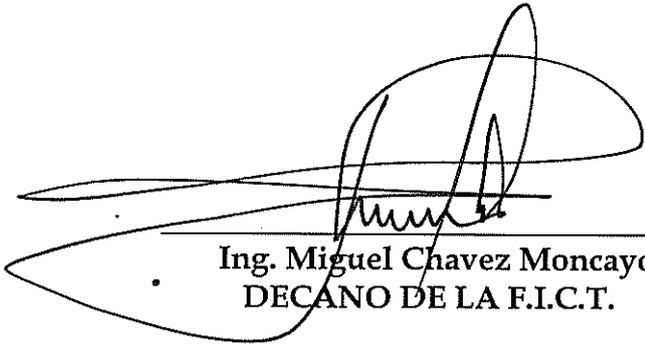


Guillermo Guerrero Alarcón



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

TRIBUNAL DE GRADUACION



Ing. Miguel Chavez Moncayo
DECANO DE LA F.I.C.T.



Ing. Hugo Eguez Alava
DIRECTOR DE TESIS



Ing. Julio Rodríguez Ríos
VOCAL



Ing. Jorge Rengel Espinosa
VOCAL



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

RESUMEN

La presente tesis comprende un análisis de las cualidades que debe tener un mortero para enlucidos, este mortero tiene la particularidad de tener como agregado fino arena cuarcífera de la Formación Hollín (que aflora en el oriente del País).

Este análisis abarca varios capítulos; en el primero y en el segundo describimos las cualidades generales y las propiedades que deben tener los componentes del mortero y el mortero propiamente dicho. Además hacemos referencia de los diversos tipos de aditivos y adiciones que se le pueden agregar a los morteros.

En el tercero y cuarto nos referimos a los diversos tipos de pruebas que se le realizaron a la arena cuarcífera y al cemento blanco. Incluye cuadros explicativos y gráficos de los resultados.

En el último capítulo nos referimos a las pruebas realizadas a los diferentes tipos de morteros estudiados, incluye análisis petrográfico de varios de ellos y plantea interesantes conclusiones al problema de la calidad del mortero que se utiliza actualmente en las obras civiles.

INDICE GENERAL

RESUMEN.....	VI
INDICE GENERAL.....	VII
INDICE DE TABLAS.....	X
INDICE DE GRAFICOS.....	XII
I. MORTERO: COMPONENTES.....	13
1.1 Introducción.....	14
1.2 Materiales: Generalidades y Características.....	15
1.2.1 Cemento.....	15
1.2.2 Áridos.....	17
1.2.3 Agua.....	18
1.2.4 Aditivos y Adiciones.....	18
II. PROPIEDADES Y DOSIFICACION.....	25
2.1 Propiedades del Mortero.....	26
2.1.1 Propiedades del Mortero Fresco.....	26
2.1.2 Propiedades del Mortero Endurecido.....	29
2.1.3 Aplicaciones.....	35
2.2 Dosificación del Mortero.....	37
2.2.1 Conceptos Básicos para la Dosificación.....	37
2.2.2 Dosificación.....	39
2.3 Medidas de Control de Calidad.....	40
III. ARENA CUARCIFERA.....	43
3.1 Generalidades.....	44

3.2 Procesamiento de la Arena Cuarcífera.....	44
3.3 Pruebas.....	48
3.3.1 Granulometría.....	48
3.3.2 Densidad y Absorción.....	47
3.3.3 Masa Unitaria.....	48
3.3.4 Partículas menores a 75 Micrómetros.....	48
IV. CEMENTO BLANCO.....	49
4.1 Generalidades.....	50
4.2 Propiedades.....	50
4.3 Pruebas.....	52
4.3.1 Finura (ASTM C 204 y ASTM C 430).....	52
4.3.2 Resistencia a la Compresión y Trabajabilidad.....	53
4.3.3 Fraguado.....	55
4.3.4 Falso Fraguado.....	56
4.3.5 Expansión por Autoclave.....	56
4.3.6 Análisis Químico del Cemento.....	57
V. MORTERO: DOSIFICACIONES.....	58
5.1 Dosificaciones para Mortero Patrón.....	59
5.1.1 Análisis Morteros Patrón.....	60
5.2 Dosificaciones Modificadas Mortero Tipo S.....	64
5.2.1 Relación Cementante/Arena 1:3.....	64
5.2.1.1 Morteros con Cal + Polvo de Caliza.....	67
5.2.1.2 Morteros con Cal + Polvo de Caliza y Pigmentos.....	70
5.2.1.3 Morteros con Cal + Polvo de Caliza y Fibra.....	74

5.2.1.4 Morteros con Cal Hidratada.....	77
5.2.2 Relación Cementante/Arena 1:4.....	79
5.2.2.1 Morteros con Cal + Polvo de Caliza.....	81
5.3 Dosificaciones Modificadas Mortero Tipo N.....	85
5.3.1 Relación Cementante/Arena 1:3.....	85
5.3.1.1 Morteros con Cal + Polvo de Caliza.....	86
5.3.2 Relación Cementante/Arena 1:4.....	88
5.3.2.1 Morteros con Cal + Polvo de Caliza.....	90
5.4 Análisis Petrográfico de Laminas de Mortero.....	93
5.5 Conclusiones y Recomendaciones.....	96
APENDICE 1 “Metodología del Trabajo”	99
APENDICE 2 “Laminas Petrográficas”	108
BIBLIOGRAFIA.....	113

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.2.1	Compuestos Principales del Cemento Portland.....	16
Tabla 1.2.2	Requisitos Químicos del Agua.....	19
Tabla 2.1	Relación de Trabajabilidad con el Agua y los Granos Finos.....	26
Tabla 2.2.1	Especificación por Proporciones.....	38
Tabla 2.2.2	Especificación por Propiedades.....	38
Tabla 2.2.3	Guía para seleccionar Morteros.....	39
Tabla 3.3.1	Granulometría de la Arena Cuarcífera.....	46
Tabla 3.3.2	Masa Unitaria.....	48
Tabla 3.3.3	Partículas menores a 75 Micrómetros.....	48
Tabla 4.3.1	ASTM C 109 Resistencia a la Compresión - Cubos de 50 mm.....	54
Tabla 5.1.1	Morteros Patrón.....	59
Tabla 5.1.2	Resistencia a la Flexión - Morteros Patrón.....	60
Tabla 5.1.3	Resistencia a la Compresión - Morteros Patrón.....	61
Tabla 5.2.1.A	Cementante/Arena 1:3 - Morteros Tipo S.....	65
Tabla 5.2.1.B	Cementante/Arena 1:3 - Morteros Tipo S.....	66
Tabla 5.2.2	Resistencia a la Flexión - Tipo S C/A 1:3 C/Ct 1:0.25.....	67
Tabla 5.2.3	Resistencia a la Compresión - Tipo S C/A 1:3 C/Ct 1:0.25.....	68
Tabla 5.2.4	Resistencia a la Flexión - Tipo S C/A 1:3 con Pigmentos.....	71
Tabla 5.2.5	Resistencia a la Compresión - Tipo S C/A 1:3 con Pigmentos.....	71
Tabla 5.2.6	Resistencia a la Flexión - Tipo S C/A 1:3 con Fibra.....	74
Tabla 5.2.7	Resistencia a la Compresión - Tipo S C/A 1:3 con Fibra.....	75
Tabla 5.2.8	Resistencia a la Flexión - Tipo S C/A 1:3 C/C.H. 1:0.25.....	78
Tabla 5.2.9	Resistencia a la Compresión - Tipo S C/A 1:3 C/C.H 1:0.25.....	78

Tabla 5.2.10	Cementante/Arena 1:4 - Mortero Tipo S.....	80
Tabla 5.2.11	Resistencia a la Flexión - Tipo S C/A 1:4 C/Ct 1:0.25.....	81
Tabla 5.2.12	Resistencia a la Compresión - Tipo S C/A 1:4 C/Ct 1:0.25.....	82
Tabla 5.3.1	Cementante/Arena 1:3 - Morteros Tipo N.....	85
Tabla 5.3.2	Resistencia a la Flexión - Tipo N C/A 1:3 C/Ct 1:0.50.....	86
Tabla 5.3.3	Resistencia a la Compresión - Tipo N C/A 1:3 C/Ct 1:0.50.....	86
Tabla 5.3.4	Cementante/Arena 1:4 - Morteros Tipo N.....	89
Tabla 5.3.5	Resistencia a la Flexión - Tipo N C/A 1:4 C/Ct 1:0.50.....	90
Tabla 5.3.6	Resistencia a la Compresión - Tipo N C/A 1:4 C/Ct 1:0.50.....	90

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico 3.3.1	Granulometría de la Arena Cuarçífera.....	46
Gráfico 4.3.1	ASTM C 109 Resistencia a la Compresión - Cubos de 50 mm.....	55
Gráfico 5.1.1	Resistencia a la Flexión - Morteros Patrón.....	61
Gráfico 5.1.2	Resistencia a la Compresión - Morteros Patrón.....	62
Gráfico 5.2.1	Resistencia a la Flexión - Tipo S C/A 1:3 C/Ct 1:0.25.....	68
Gráfico 5.2.2	Resistencia a la Compresión - Tipo S C/A 1:3 C/Ct 1:0.25.....	69
Gráfico 5.2.3	Resistencia a la Flexión - Tipo S C/A 1:3 con Pigmentos.....	72
Gráfico 5.2.4	Resistencia a la Compresión - Tipo S C/A 1:3 con Pigmentos.....	72
Gráfico 5.2.5	Resistencia a la Flexión - Tipo S C/A 1:3 con Fibra.....	75
Gráfico 5.2.6	Resistencia a la Compresión - Tipo S C/A 1:3 con Fibra.....	76
Gráfico 5.2.7	Resistencia a la Flexión - Tipo S C/A 1:3 C/C.H. 1:0.25.....	78
Gráfico 5.2.8	Resistencia a la Compresión - Tipo S C/A 1:3 C/C.H 1:0.25.....	79
Gráfico 5.2.9	Resistencia a la Flexión - Tipo S C/A 1:4 C/Ct 1:0.25.....	82
Gráfico 5.2.10	Resistencia a la Compresión - Tipo S C/A 1:4 C/Ct 1:0.25.....	83
Gráfico 5.3.1	Resistencia a la Flexión - Tipo N C/A 1:3 C/Ct 1:0.50.....	87
Gráfico 5.3.2	Resistencia a la Compresión - Tipo N C/A 1:3 C/Ct 1:0.50.....	87
Gráfico 5.3.3	Resistencia a la Flexión - Tipo N C/A 1:4 C/Ct 1:0.50.....	91
Gráfico 5.3.4	Resistencia a la Compresión - Tipo N C/A 1:4 C/Ct 1:0.50.....	91

CAPITULO 1

MORTERO: COMPONENTES

1.1 INTRODUCCIÓN

La utilización del mortero como material de construcción es mucho más antiguo que el del hormigón. En su forma más simple, es decir compuesto por un árido fino y un aglomerante, ha sido usado como material de pega para bloques de piedra en la construcción de edificios en las antiguas civilizaciones de Asiria, Babilonia, Egipto, Roma y Grecia, así como en la construcción de los primeros pavimentos de caminos. A pesar de esto, y de las relativamente simples aplicaciones que tiene, su tecnología no ha sido estudiada tan profundamente como la del hormigón; existiendo hasta la fecha pocas publicaciones que sistematicen sus características específicas y sus posibilidades de empleo.

Para fabricar un mortero se utilizan básicamente los mismos materiales que componen al hormigón; es decir un árido fino, pasta de cemento y, eventualmente, aditivos o adiciones. Sin embargo, la función que cumple es diferente, por el hecho de que se utiliza generalmente con otros materiales de construcción como bloques, ladrillos, hormigón, etc., y en la mayor parte de las ocasiones en alguna de las siguientes aplicaciones:

- como mortero de junta, para la adherencia de unidades de albañilería.
- como mortero de enlucido, para recubrimiento de superficies de albañilería u hormigón.
- como mortero de pega para unir piezas de revestimiento prefabricados

(baldosas, elementos cerámicos, etc.) con un elemento de base.

- como mortero de relleno en unidades de albañilería armada o placas de fundación de estructuras metálicas o equipos.
- como mortero proyectado para el recubrimiento y sustentación de superficies de suelo, roca, hormigón u otros materiales.
- como mortero de inyección de fisuras o grietas en elementos de hormigón, roca u otros.
- como material de reparación, especialmente en obras de hormigón.
- como recubrimiento interior de tubos metálicos.
- como mortero de tratamiento de juntas de hormigonado. ⁽¹⁾

La diversidad de aplicaciones que tiene el mortero obliga a que las características de sus componentes varíen de aplicación en aplicación. Esta variación es especialmente notable en lo que respecta al árido fino.

1.2 MATERIALES: GENERALIDADES Y CARACTERÍSTICAS

1.2.1 CEMENTO

CEMENTO.- En el sentido más amplio de la palabra, es cualquier clase de adhesivo para unir dos o más elementos; puede ser un compuesto químico único, pero la mayoría de las veces es una mezcla de componentes debidamente dosificados. ⁽²⁾

CEMENTO PORTLAND.- Es un aglomerante hidráulico, es decir que reacciona al contacto con el agua, resultado de la pulverización del clinker (el cual esta constituido principalmente por silicatos de calcio **C3S** y **C2S**, aluminatos de calcio **C3A**, aluminoferritos de calcio **C4AF** y una o más formas de sulfato de calcio) con una adición de yeso para controlar el tiempo de fraguado del cemento (ver tabla 1.2.1). Durante la pulverización del clinker se pueden realizar adiciones que modifican el tipo de cemento que se desea producir. La fabricación de los diferentes tipos de cemento portland esta regulada por las normas **ASTM C-150** y **ASTM C-595**. ⁽²⁻³⁾

TABLA 1.2.1

COMPUESTOS PRINCIPALES DEL CEMENTO PORTLAND ⁽²⁾

COMPUESTO	ABREVIADA	PROPORCIÓN
Silicato tricálcico-Alita ($3 \text{ CaO} \cdot \text{SiO}_2$)	C3S	50-65%
Silicato dicálcico-Belita ($2 \text{ CaO} \cdot \text{SiO}_2$)	C2S	15-25%
Aluminato tricálcico ($3 \text{ CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$)	C3A	7-10%
Aluminoferrito tetracálcico ($4 \text{ CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$)	C4AF	7-10%

Al contacto con el agua se presentan los siguientes procesos:

- a) Reacción química exotérmica, con desprendimiento de calor especialmente en los primeros días.
- b) Variación de volumen, de dilatación si el ambiente tiene un alto contenido de humedad o de contracción si este es bajo.

El proceso producido es dependiente de las características del cemento, principalmente de su composición y de su finura, los cuales condicionan en especial la velocidad de su generación. ⁽¹⁾

1.2.2 ÁRIDOS

Los morteros están compuestos normalmente por un árido fino o arena, de tamaño máximo no superior a 5 mm. En algunos casos especiales, esta se utiliza separada en dos fracciones: una de granulometría gruesa y otra más fina.

Como principio general, las características de este árido deben ser similares a las exigidas para el árido fino constituyente de los hormigones. Sin embargo, la aplicación de los principios que rigen a los áridos no puede hacerse en forma indiscriminada y debe ser analizada con cuidado, tomando en consideración dos condiciones básicas que distinguen a los morteros de los hormigones:

- 1) La relación árido fino/cementante es generalmente distinta a la empleada en los hormigones, lo cual implica que los valores usuales para los hormigones no son necesariamente aplicables.
- 2) Las características del árido influyen significativamente en las características del mortero y, en consecuencia, dependen en forma importante de la función que vaya a desempeñar el mortero.

Tenemos entonces que las características principales a considerar en el árido para su empleo en los morteros son:

- Granulometría.- Esta depende fundamentalmente del uso que se vaya a dar al mortero.
- Contenido de granos finos.- No existe una normalización de la cantidad de finos que debe tener un mortero, este depende del uso que se le dé.
- Absorción.- Depende de la cantidad de agua que puede absorber el árido.
- Estabilidad química.- Esta implica que el árido no debe aportar a la mezcla con productos nocivos que puedan afectar las condiciones de resistencia y, principalmente, de durabilidad del mortero. Los principales aspectos que deben analizarse son los contenidos de *materias orgánicas* y de *sales solubles nocivas*.
- Estabilidad física.- El árido fino debe ser capaz de soportar las condiciones ambientales a que va a estar sometido el mortero, especialmente al estar expuesto al exterior. De estas condiciones, las más nocivas son los ciclos alternados de temperatura o humedad y, dentro de ellas, sin duda los ciclos alternados de temperatura bajo y sobre 0° C. ⁽¹⁾

1.2.3 AGUA

El agua desempeña dos roles en su calidad de componente del mortero:

- 1) Participa en el proceso de hidratación del cemento, el cual no puede desarrollarse sin su presencia.
- 2) Otorga la trabajabilidad necesaria al mortero, siendo determinante para definir su fluidez.

Antes de agregar agua al mortero se debe tener en cuenta lo siguiente:

- ⇒ El uso de agua potable está permitido sin necesidad de verificar su calidad.
- ⇒ El agua con contenido de azúcares, en forma de sacarosa o glucosa, no puede ser empleada para la preparación de morteros.
- ⇒ El uso de agua de mar está permitido para morteros de resistencia inferior a 150 kg/cm², siempre que no presente contenido de algas, pues éstas producen un efecto incontrolable de incorporación de aire.
- ⇒ Las aguas no tratadas deben ser sometidas a análisis químico. (Tabla 1.2.2)

TABLA 1.2.2

REQUISITOS QUÍMICOS DEL AGUA ⁽¹⁾

pH	6 - 9.2
sólidos en suspensión	≤ 2000 mg/l
sólidos disueltos	≤ 15000 mg/l
• si sólidos disueltos ≥ 5000 mg/l	
• • sulfatos	< 600 g SO ₄ /m ³
materias orgánicas	≤ 5 mg/l

Las condiciones señaladas están dirigidas a limitar la presencia de componentes que puedan ser dañinos para el mortero a través de algunos de los siguientes procesos:

- a) Reaccionando con los compuestos del cemento, alterando el proceso de fraguado y endurecimiento de la pasta de cemento, como sucede con las materias orgánicas y los azúcares.
- b) Produciendo compuestos expansivos que dañen físicamente al mortero, como es el caso de los sulfatos.
- c) Afectando las propiedades físicas del mortero, como es el caso de los sólidos en suspensión.

Debe señalarse que la norma **ASTM C 33** acepta que, en caso de incumplimiento de las condiciones de calidad, el agua puede ser sometida a un ensayo comparativo de resistencias a 7 días en morteros preparados con el agua en estudio y con agua destilada. Si el resultado obtenido con el primero es igual o superior a un 95% del segundo, el agua se considera apropiada para su empleo. ⁽¹⁾

1.2.4 ADITIVOS Y ADICIONES

Los *aditivos* son productos que, introducidos en pequeña proporción en el mortero, modifican algunas de sus propiedades originales. Su empleo en los morteros es poco frecuente, recurriéndose a ellos sólo cuando las condiciones

lo hagan imprescindible. Cuando ello ocurre es conveniente verificar su influencia en otras características distintas de las que se desea modificar.

Entre los tipos de *aditivos* tenemos:

a) **Incorporadores de aire.**- Están destinados a producir la incorporación de aire en forma de pequeñas burbujas, en su mayoría de un tamaño medio de alrededor 0.1 mm con una distribución uniforme en la masa del mortero. La cantidad a emplearse depende de la finura de la arena, aunque comúnmente su porcentaje oscila en alrededor de un 15% del volumen del mortero.

El empleo de estos esta orientado básicamente a aumentar su consistencia.

Sin embargo afectan también otras propiedades, entre las cuales tenemos:

- ⇒ Aumento de la resistencia a los ciclos hielo - deshielo.
- ⇒ Reducción de la permeabilidad al agua y líquidos en general.
- ⇒ Aumento de la fluidez.
- ⇒ Disminución de la exudación del agua de amasado.
- ⇒ Disminución de la resistencia.

b) **Plastificantes.**- Producen una reducción en el agua de amasado del mortero manteniendo su fluidez. Ello permite una reducción de la dosis de cemento sin disminución de la resistencia, no produciendo otros efectos significativos en el mortero. La reducción de agua oscila en alrededor de un 10 a 15%.

c) **Acelerantes.**- Producen un aumento de la resistencia inicial del mortero,

principalmente en los primeros días, acortando los tiempos de fraguado inicial y final.

- d) **Retardantes.-** Producen un aumento en los tiempos de comienzo y termino del fraguado de la pasta de cemento. Es utilizado para atenuar la reducción de dichos tiempos cuando se tiene elevada temperatura ambiente.
- e) **Impermeabilizantes.-** Disminuyen la permeabilidad a los líquidos, principalmente al agua. Se utilizan en elementos destinados al almacenamiento de líquidos y en los morteros expuestos a la humedad ambiente.
- f) **Expansores.-** Producen un aumento de volumen, generalmente derivado de los gases emanados durante la reacción química producida en el mortero. Se emplea frecuente en morteros destinados a rellenos de espacios confinados. ⁽¹⁾

Entre las más importantes *adiciones* que son empleadas en morteros para enlucidos tenemos:

- a) **Cal Hidratada.-** Actúa como material cementante en el mortero, permite una mayor retención de agua y por mucho más tiempo. Esto mejora notablemente la trabajabilidad de la mezcla y nos permite tener más tiempo para darle acabado al mortero.

Provoca una disminución de la rigidez del mortero, reduce la eflorescencia, disminuye la permeabilidad del mortero y cura fisuras

pequeñas. ⁽⁴⁾

- b) **Colorantes.-** Materiales en polvo empleados para dar una coloración distinta de la normal al mortero. La mayor parte de los colorantes están hechos de pigmentos de óxido de hierro (colores amarillo, rojo, café y negro), los cuales pueden ser naturales o sintéticos; existen también los óxidos de cromo (tonos verdes) y de cobalto (tonos azules). Existen tonalidades de azules (ultramarinos) que son hechos a base de compuestos solubles (carbonato de calcio, sulfatos, etc.), los cuales son poco estables cuando son empleados en morteros.

Los óxidos sintéticos tienen más poder colorante: menos cantidad de pigmento es requerida para producir cierta cantidad de mortero de color. Ellos también pueden producir colores más brillantes que los que se obtienen con los de óxidos naturales de hierro, pero cuestan entre 1.5 a 2 veces que los naturales. Generalmente se emplean en dosis de hasta el 5% del peso del material cementante, en el caso de los sintéticos; y de hasta el 10% para los naturales. Dosis superiores de pigmento aumentan los costos y pueden debilitar la adherencia del mortero. ⁽⁴⁾

- c) **Fibras Sintéticas.-** Su función primordial es evitar la aparición de fisuras en el mortero, además mejora la cohesión de la mezcla y por ende se presentan aumentos en la resistencia. Existen varios tipos de fibras sintéticas, tenemos las de nylon, poliéster, polietileno, lana de roca y las de polipropileno. Esta última es la de mayor utilización por su bajo costo y su alta durabilidad. Es una adición completamente inerte, lo que la hace una

fibra muy segura ya que no perjudica la resistencia ni altera el tiempo de fraguado de la mezcla. La dosificación de esta oscila en valores de 0.5, 1.0 ó 1.5 Kg/m³ de mortero. ⁽⁵⁾

CAPITULO 2

MORTERO: PROPIEDADES Y

DOSIFICACIÓN

2.1 PROPIEDADES DEL MORTERO

2.1.1 PROPIEDADES DEL MORTERO FRESCO

Las propiedades del mortero fresco son:

TRABAJABILIDAD.- Esta constituida por dos reacciones internas del mortero: una constituida por el frotamiento de las partículas granulares ó fluidez del mortero, y la otra proveniente de la cohesión de la masa ó consistencia del mortero.

El concepto de trabajabilidad es fundamental en la etapa en que el mortero se mantiene en estado plástico, puesto que condiciona sus características en dicha etapa, la que a su vez corresponde a la de su empleo en obra. La trabajabilidad está directamente relacionada con el contenido de agua y de partículas finas, los cuales actúan en sentido contrario entre si en la forma que se presenta en la Tabla 2.1.

TABLA 2.1

RELACIÓN DE TRABAJABILIDAD CON EL AGUA Y LOS GRANOS FINOS (1)

TRABAJABILIDAD	CONTENIDO	
	AGUA	GRANOS FINOS
FLUIDEZ	↗	↘
CONSISTENCIA	↘	↗

Mediante un ajuste adecuado de la proporción de los mencionados componentes se puede regular la trabajabilidad del mortero.

Para medir la trabajabilidad se emplea la mesa de golpes ASTM especificada por la norma **ASTM C 230**, que consiste en medir la variación del diámetro en milímetros de un tronco de cono de mortero al ser sometido a 25 golpes dados en dicha mesa. La trabajabilidad en obra se evalúa normalmente mediante apreciación visual. ⁽¹⁾

EXUDACIÓN Y RETENTIVIDAD DEL AGUA DE AMASADO.- Debido a que el mortero está constituido por materiales de distinto peso específico, tiende a producirse la decantación de los de mayor peso unitario, que son los sólidos, y el ascenso del más liviano, que es el agua. Este proceso, denominado exudación, induce una serie de efectos internos y externos en el mortero:

- La película superficial superior del mortero acumula un contenido de agua mayor que el resto de la masa. Ello significa un aumento de la relación agua/cemento de dicha capa que acarrea la pérdida de resistencia.
- El ascenso del agua da origen a conductos capilares, que constituyen posteriormente vías permeables, afectando en consecuencia la impermeabilidad del mortero. Aún cuando este fenómeno no tiene importancia desde el punto de vista de resistencia y durabilidad, afecta el aspecto estético.
- La exudación produce una pérdida de trabajabilidad, rigidizando al

mortero ya colocado y disminuyendo la capacidad de soporte, como sucede en las obras de albañilería.

Entre las medidas a las que se puede recurrir para evitar estos efectos desfavorables tenemos:

- ⇒ Utilizar un contenido adecuado de granos muy finos en el mortero (tamaño inferior a $150\mu\text{m}$). Esto puede ser mediante el aumento de la cantidad de cemento o la adición de cal.
- ⇒ Aumentar el tiempo de amasado para facilitar la distribución del agua en la superficie de los materiales sólidos y con ello su retención por parte de éstos.
- ⇒ Recurrir al empleo de aire incorporado en el mortero.

Para verificar este fenómeno se puede emplear la norma **ASTM C 91** ó se puede medir en forma porcentual el agua de exudación acumulada en la superficie de una muestra contenida en un recipiente de dimensiones normalizadas (120 x 120 x 100 mm), después de dejarla 2 horas en reposo. ⁽¹⁾

FALSO FRAGUADO.- Es la rigidez prematura y anormal del cemento que se presenta dentro de los primeros minutos después de haberlo mezclado con agua y se diferencia del fraguado normal porque no despide calor en forma apreciable. Es provocado por el yeso contenido por el cemento que se deshidrata durante la molienda del clinker.

Para determinar si se presentara el falso fraguado se utiliza la norma **ASTM C 451** que consiste en medir el porcentaje de variación de la penetración de una aguja en un tronco de cono de cemento en un lapso de tiempo.

Para evitar los efectos desfavorables se debe volver a mezclar el mortero sin adicionar agua, esto permite romper la cristalización producida y le devuelve la plasticidad. ⁽²⁻³⁾

2.1.2 PROPIEDADES DEL MORTERO ENDURECIDO

Las propiedades del mortero endurecido son:

DENSIDAD.- Es la masa por unidad de volumen del mortero. Depende del peso específico y de la proporción en que participan cada uno de los diferentes materiales constituyentes del mortero. Su valor oscila entre 1,700 y 2,300 kg/m³.

Al producirse la evaporación del agua de amasado la densidad experimenta una variación de hasta un 5% de su valor inicial. Esta variación en la densidad puede ser lograda artificialmente mediante el empleo de incorporadores de aire, ya sea directamente en la masa del mortero o en los áridos. En estos casos la densidad puede alcanzar valores tan bajos como 500 kg/m³ y se utilizan para obtener aislamiento térmico y mejor acústica. ⁽⁴⁾

RESISTENCIA.- La resistencia de un mortero depende de la cohesión de la

pasta de cemento, de su adhesión a las partículas de los agregados, de la resistencia del agregado, de la relación agua/cemento usada en la mezcla. El mortero deberá tener una resistencia tal que las tensiones producidas no sobrepasen su capacidad resistente, por lo cual se debe analizar su resistencia a la tracción y a la compresión, pruebas que consisten en:

- **Resistencia a la tracción.-** Para determinarla se utiliza el método expuesto por la norma **ASTM C 348** que, utilizando probetas de 4x4x16 cms, nos permite conocer la resistencia a tracción por flexocompresión mediante la aplicación de una carga centrada.
- **Resistencia a la compresión.-** Para determinarla se utiliza el método expuesto en la norma **ASTM C 349**, la cual consiste en ensayar a compresión los trozos resultantes de emplear la norma ASTM C 348.

Los valores obtenidos por estas pruebas están influenciados por las siguientes condiciones:

- ⇒ Forma y dimensiones de la probeta utilizada en el ensayo.
- ⇒ Condiciones de ejecución del ensayo.
- ⇒ Características del mortero.
- ⇒ Condiciones ambientales. ⁽¹⁾

VARIACIÓN DE VOLUMEN.- El mortero experimenta variaciones de volumen, dilataciones o contracciones, durante toda su vida útil por causas físico-químicas. El tipo y magnitud de estas variaciones esta afectada en forma

importante por las condiciones ambientales de humedad y temperatura existentes, y también por los componentes presentes en la atmósfera. Tenemos entonces los siguientes tipos de retracción:

- **Retracción hidráulica.**- Se origina por causas endógenas al mortero o en la tensión superficial del agua acumulada en sus discontinuidades internas.

Las originadas por causas endógenas se derivan de las variaciones de volumen producidas en la pasta de cemento durante el proceso de fraguado y endurecimiento. Variación que se traduce normalmente en una contracción, pues el volumen absoluto de los compuestos hidratados es menor que el de los compuestos originales del cemento. De mantenerse el mortero en un ambiente permanentemente saturado de humedad, la pasta absorberá más agua produciéndose una dilatación que puede compensar la contracción e incluso superarla.

La tensión superficial en las discontinuidades internas del mortero se origina tras la evaporación progresiva del agua de amasado cuando no existe un ambiente saturado de humedad. La tensión se manifiesta como compresión a las paredes de las discontinuidades, alcanzando una magnitud tal que es capaz de producir la contracción del mortero.

Podemos entonces establecer los parámetros preponderantes en la retracción hidráulica:

- ⇒ *Composición química del cemento.* La composición química del cemento influye principalmente en la variación de volumen por causas

endógenas, dado que ésta deriva del desarrollo del proceso de fraguado. En estas condiciones, si la composición del cemento favorece un fraguado rápido de la pasta (alto contenido de **C3A**), ella también será favorable para una más alta contracción inicial, en caso de existir condiciones ambientales no saturadas de humedad.

⇒ *Finura del cemento.* Favorece también una evolución rápida del fraguado.

⇒ *Dosis de cemento.* Entre más cemento se utilice mayor será la retracción hidráulica.

⇒ *Dosis de agua.* Entre más agua contenga el mortero, mayor será la formación de discontinuidades y por ende se originara la tensión superficial.

⇒ *Porosidad de los áridos.* Entre más fino es este mayor número de discontinuidades.

⇒ *Humedad ambiente.* El contenido de humedad en el ambiente esta presente en las causas endógenas al mortero y en la tensión superficial acumulada en las discontinuidades.

La medida global de la retracción hidráulica puede ser estimada utilizando la norma **ASTM C 157**.

- **Retracción térmica.-** El mortero puede experimentar variaciones de volumen causadas por aumentos o disminuciones de temperatura. Estos cambios de temperatura pueden provenir tanto del ambiente exterior,

como de causas internas derivadas del proceso de fraguado y endurecimiento de la pasta de cemento, el cual es exotérmico, es decir, genera calor.

- **Retracción por carbonatación.-** El proceso de hidratación deja una cierta proporción de hidróxido de calcio sin participar en el proceso químico de fraguado. Este al combinarse con el anhídrido carbónico del aire produce carbonato de calcio, combinación química que tiene un carácter contractivo, por lo que el mortero afectado disminuye su volumen inicial, generándose la retracción por carbonatación. Para evitar sus efectos es necesario efectuar un buen curado del mortero. ⁽⁴⁾

DURABILIDAD.- Se ve afectada por la acción de agentes físicos o químicos.

- **Acción de agentes físicos.-** Los más dañinos son los efectos de tipo ambiental y como resultado de proceso erosivos. En los efectos de tipo ambiental, tenemos:
 - ⇒ *Variaciones de temperatura.* Ocurre en los llamados ciclos de hielo - deshielo, el agua al congelarse tiende a expandirse y provocar la desintegración paulatina del mortero.
 - ⇒ *Variaciones de humedad.* Se produce cuando hay ciclos alternativos de saturación y secado del mortero. Estos producen la presencia de tensión superficial en el interior de las discontinuidades del mortero y por ende la aparición de un proceso degradante.

En los procesos erosivos se tienen los producidos por abrasión mecánica, la cual se produce por el desplazamiento de materiales sólidos sobre la superficie de un elemento.

- **Acción de agentes químicos.-** Puede producirse al interior del mortero o provenir de acciones agresivas externas.

Acción de agentes internos.- Comúnmente aportados por los áridos en forma de materia orgánica y de sales solubles; producen los siguientes efectos:

- ⇒ Efecto de la materia orgánica. Provoca un retardo del fraguado y la disminución de las resistencias iniciales del mortero.
- ⇒ Efecto de las sales solubles. Producen la aparición de manchas superficiales, llamadas eflorescencias y puede afectar a elementos metálicos revestidos por el mortero.

Acción de agentes externos.- Compuestos químicos que producen ataques de distinta magnitud sobre los elementos de mortero. Entre estos tenemos a:

- ⇒ Los ácidos minerales y orgánicos.
- ⇒ Las soluciones de sales y álcalis. ⁽¹⁾

OTRAS PROPIEDADES.- Para el empleo del mortero, es necesario frecuentemente conocer otras propiedades, tales como su adherencia a otras superficies, su permeabilidad al paso y al ascenso capilar del agua.

Estas propiedades no tienen en la actualidad ensayos normalizados para medirlas. Aún así se puede sugerir, para la obtención de niveles favorables de

ellas, lo siguiente:

- ⇒ Aumentar la dosis de cemento.
- ⇒ Utilizar arenas de granulometría adecuada.
- ⇒ Utilizar aditivos.
- ⇒ Emplear técnicas constructivas adecuadas, en especial durante el amasado, la colocación y el curado. ⁽¹⁾

2.1.3 APLICACIONES

Los morteros tienen un amplio campo de aplicación en la construcción de obras de ingeniería. Entre estas aplicaciones las más significativas son:

- mortero de junta para albañilería
- morteros de relleno de espacios confinados (grouts)
- morteros de enlucidos
- mortero de pega
- morteros proyectados
- mortero para tratamiento de juntas de construcción
- mortero para reparación de obras de hormigón

Nuestro estudio está dirigido hacia la tercera de las aplicaciones es decir el mortero para enlucido.

MORTERO DE ENLUCIDO.- Se usa como material de revestimiento de la

superficie de muros u otros elementos similares, en los cuales se le puede dar diversas formas y ser acabado superficialmente en una amplia gama de texturas. Además, confiere propiedades de resistencia a los agentes climáticos y al fuego a los elementos recubiertos con él.

Para cumplir las funciones señaladas, el empleo de los morteros de enlucido debe ajustarse a las siguientes condiciones:

- **Condiciones de los materiales constituyentes.**- Estos deben cumplir con las condiciones señaladas en el ítem 1.2.
- **Condiciones en estado fresco.**- El mortero en su estado fresco debe presentar una consistencia adecuada como para mantenerse en sitio sin deslizar una vez colocado y una fluidez como para ser extendido con facilidad sobre la superficie que va a recubrir.
- **Condiciones en estado endurecido.**- El mortero de enlucido debe cumplir condiciones de estabilidad volumétrica, de resistencia y de durabilidad apropiados a su empleo.
 - ⇒ La estabilidad volumétrica implica que no se deben dar cambios volumétricos que provoquen fisuración.
 - ⇒ La resistencia debe ser similar a la del material que recubre, pues de ser superior la retracción hidráulica tendería a fracturar dicha superficie y afectaría la adherencia entre ambas.
 - ⇒ La durabilidad implica que debe ser resistente a la penetración del agua, a los efectos ambientales (ciclos hielo-deshielo) y a la acción

de agentes químicos.

2.2 DOSIFICACIÓN DEL MORTERO

2.2.1 CONCEPTOS BÁSICOS PARA LA DOSIFICACIÓN

Un aspecto importante relativo a la dosificación de los morteros es el sistema mediante el cual se especifica la dosificación. Estos sistemas pueden ser:

- ESPECIFICACIÓN POR PROPORCIONES.- El proyectista de una obra debe establecer, previo al inicio de los trabajos, las proporciones mas convenientes en que deben mezclarse los materiales cementantes (cemento: cal) : arena para cumplir con los requisitos de la obra; estas proporciones pueden ser dadas en peso o volumen.
- ESPECIFICACIÓN POR REQUISITOS.- El proyectista debe establecer los requisitos o propiedades que debe cumplir el mortero en la obra, el constructor debe cumplir con dichos requisitos y establecer una dosificación. ⁽¹⁾

Antes de detallar la manera de dosificar debemos anotar que la norma **ASTM C 270** describe 4 tipos de mortero: M, S, N y O (Tablas 2.2.1, 2.2.2 y 2.2.3). Esta norma tiene limitaciones en su aplicación, debido a que no se la puede emplear para determinar resistencias, medir composición y propiedades físicas del mortero endurecido. Incluso establece que no existe un método para evaluar al

mortero endurecido en obra.

TABLA 2.2.1
ESPECIFICACIÓN POR PROPORCIONES ⁽⁴⁾

Mortero	Tipo	Proporciones por volumen (materiales cementantes)		Relación de agregados (Medida en condición húmeda y suelta)
		Cemento Portland	Cal Hidratada o Apagada	
Cemento y cal	M	1	¼	No menor que 2.25 y no mayor que 3.5 veces la suma de los volúmenes separados de materiales cementantes
	S	1	de ¼ a ½	
	N	1	de ½ a 1¼	
	O	1	de 1¼ a 2½	

Nota: Nunca deben combinarse dos materiales incorporadores de aire en un mortero.

TABLA 2.2.2
ESPECIFICACIÓN POR PROPIEDADES (a) ⁽⁴⁾

Mortero	Tipo	Resistencia mínima promedio a compresión a 28 días(MPa)	Retención mínima de agua (%)	Contenido máximo de aire (%)	Relación de agregados (Medida en condición húmeda y suelta)
Cemento y cal	M	17.2	75	12	No menor que 2.25 y no mayor que 3.5 veces la suma de los volúmenes separados de materiales cementantes
	S	12.4	75	12	
	N	5.2	75	14 ^(b)	
	O	2.4	75	14 ^(b)	

a) Mortero preparado en laboratorio.

b) Cuando se coloca acero estructural en el mortero de cemento y cal, el contenido máximo de aire debe ser 12%.

TABLA 2.2.3
GUÍA PARA SELECCIONAR MORTEROS (a) (4)

Localización	Segmento constructivo	Tipo de Mortero	
		Recomendado	Alternativo
Exterior, sobre el terreno	paredes de carga	N	S o M
	paredes sin carga	O ^(b)	N o S
	parapetos	N	S
Exterior, bajo el terreno	muros de cimentación y contención, pozos, descargas de aguas negras, pavimentos, aceras y patios.	S ^(c)	M o N
Interior	paredes de carga	N	S o M
	divisiones sin carga	O	N

a) Esta tabla no presenta usos especializados para morteros, como chimeneas, mampostería reforzada y morteros resistentes a ácidos.

b) El mortero tipo O es recomendado para utilizarlo donde la mampostería no esté sometida a congelación cuando esté saturada o sujeta a fuertes vientos u otras cargas laterales. Los tipos N o S deben ser usados en estos casos.

c) La mampostería expuesta a la intemperie en superficies horizontales es extremadamente vulnerable. El mortero para esta mampostería debe ser seleccionado muy cuidadosamente.

2.2.2 DOSIFICACIÓN

Las dosificaciones investigadas son el equivalente proporcionado por peso del mortero Tipo S y del Tipo N (Tabla 2.2.1). Se escogió estos tipos de mortero considerando la gran cantidad de aplicaciones para las que pueden ser utilizado (Tabla 2.2.3).

Realizaremos pruebas utilizando proporciones por volumen de cemento/cal que oscilen entre los valores de 1:2/3, mortero Tipo N equivalente a tener una relación por peso cemento/cal de 1:0.50, y 1:1/3, mortero Tipo S equivalente a tener una relación por peso cemento/cal de 1:0.25. Para ambos casos

emplearemos relaciones cementante/arena proporcionadas por peso de 1:3 y 1:4.

2.3 MEDIDAS DE CONTROL DE CALIDAD

Generalmente los morteros no son sometidos a un control de calidad sistemático, pues se parte de la base que, estando definida la dosificación por medio de proporciones predeterminadas, la característica fundamental que define su uso la constituye su trabajabilidad y ésta se ajusta en forma práctica en la obra misma. En este caso, el *control de calidad es eventual*.

Sin embargo, existen casos, como son los morteros para albañilerías armadas, los de relleno, el mortero proyectado y los de reparación, en los que la resistencia juega un papel importante, siendo para ellos imprescindible verificar el cumplimiento de las condiciones en que se efectuó la dosificación. En estos casos debe preverse necesariamente la ejecución de un *control de calidad en la obra*.

CONTROL DE CALIDAD EVENTUAL.- Este control puede ser mínimo o complementario.

- a) **Control mínimo.-** Cuando la dosificación es definida en base a proporciones predeterminadas, fijándose la trabajabilidad en obra por simple inspección visual del mortero elaborado, es conveniente efectuar

esporádicamente una verificación para comprobar si la cantidad de agua en uso en obra corresponde a la misma empleada al determinar la dosificación inicial del mortero.

Para este objeto, en una mezcla preparada para su uso en obra debe determinarse la cantidad total de agua utilizada, es decir la suma del agua agregada a la amasada y de la aportada en forma de humedad por la arena.

Este control implica:

- Haber determinado la trabajabilidad inicial del mortero al efectuar su dosificación, de manera de asegurarse que la comparación se efectúa para la misma trabajabilidad con que se determinó la dosificación de partida.
- Conocer la humedad de la arena que se está empleando para el mortero en el momento de efectuar la verificación, preferentemente por medición o, en su defecto, por estimación visual, con el objeto de poder calcular la cantidad de agua aportada en forma de humedad por la arena.

Si el contenido de agua del mortero así determinado se aparta sensiblemente del valor correspondiente a la dosificación inicial, siendo superior a este último, es necesario analizar un posible aumento de la dosis de cemento, puesto que, aún cuando la resistencia no constituya un

parámetro fundamental, una mayor razón agua/cemento que la prevista afecta otras propiedades del mortero, principalmente su durabilidad. Este criterio es aplicable a los morteros de enlucido.

- b) **Control complementario.-** Es conveniente verificar la retentividad del mortero. Se emplea la norma **ASTM C 81**, pero se puede emplear el método explicado en las propiedades del mortero fresco.

CONTROL DE CALIDAD SISTEMÁTICO.- Cuando la resistencia del mortero es un factor importante, es conveniente prever la ejecución de un control de calidad sistemático en la obra.

Este control debe incluir verificaciones de la trabajabilidad del mortero, para lo cual puede emplearse el cono de Abrams, adicionalmente debe controlarse la resistencia del mortero por medio de los prismas de 4x4x16 cms mencionados en las normas **ASTM C 348** y **ASTM C 349**.

CAPITULO 3

ARENA CUARCIFERA

3.1 GENERALIDADES

La arena cuarcífera por su prácticamente nula absorción es utilizada (cumpliendo los requisitos de la norma ASTM) para la determinación de las características de los diferentes tipos de cemento.

En nuestro país la encontramos constituyendo la llamada Formación Hollín ubicada en el oriente ecuatoriano. Para entender mejor su constitución tenemos a continuación:

- **LITOLOGÍA** .- Es una arenisca cuarzosa blanca porosa de grano medio a grueso, maciza o con estratificación cruzada, producto de sedimentos costeros. A veces hay capas guijarrosas delgadas e intercalaciones de lutitas arenosas oscuras, localmente micáceas y también de lutitas carbonosas negras en la parte superior de la sección. En los afloramientos hay bastantes impregnaciones de asfalto. Constituye uno de los reservorios petroleros principales del Oriente.
- **ESPESOR**.- Esta comprendido entre los 80 a 240 metros. ⁽⁶⁻⁷⁾

3.2 PROCESAMIENTO DE LA ARENA CUARCIFERA

Antes de emplear la arena cuarcífera de la Formación Hollín en las mezclas de mortero es necesario procesarla. Por lo que se procedió de la siguiente manera:

- 1) Se tamizo la muestra de arena por el tamiz **No. 30**.
- 2) Posteriormente se la sometió a la prueba colorimétrica, especificada en la Norma **ASTM C 40**, para determinar el posible contenido de materia orgánica. Se agregó una solución de NaOH al 3% en una muestra de 450g de arena cuarcifera, se mantuvo en reposo durante 24 horas y se pudo observar que la arena superaba el grado 5 de impurezas de la carta de colores especificada por la norma.
- 3) Este resultado nos obliga a emplear el método denominado flotación para librar a la arena de la materia orgánica y de los residuos de carbón o asfalto que contenía. La flotación consiste en el empleo de reactivos espumantes, una pequeña cantidad de diesel y la inyección de aire a presión en una mezcla de arena con el diesel y los reactivos espumantes mencionados anteriormente, las impurezas flotan y se las consigue separar así de la arena. Este proceso es largo, pero efectivo.

Una vez limpia la arena se procedió a realizar varias pruebas para caracterizarla.

3.3 PRUEBAS

3.3.1 GRANULOMETRÍA

Se determina por el ensayo indicado en la norma **ASTM C 136** ⁽⁸⁾, cuyos resultados podemos observar en la Tabla 3.3.1 y en el Gráfico 3.3.1

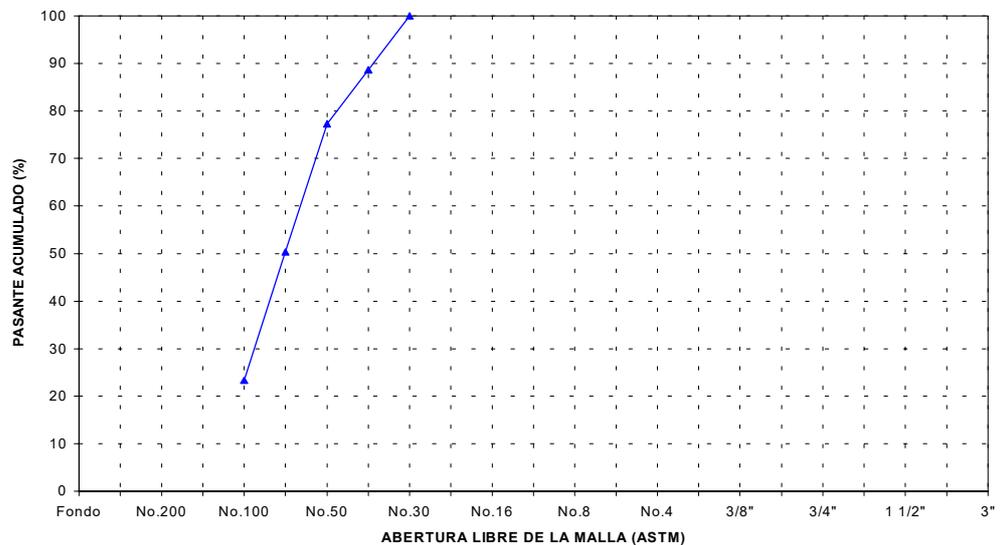
TABLA 3.3.1
GRANULOMETRÍA DE LA ARENA CUARCIFERA

MASA INICIAL: 300 gr.

TAMIZ INEN-ASTM	MASA RET. g	RETENIDO %	RET. ACUMULADO %	PASANTE ACUM. %
2.4 mm No.8				
1.2 mm No.16	0			
600 μm No.30	0	0	0	100
300 μm No.50	68	22.67	22.67	77.33
150 μm No.100	162	54	76.67	23.33
FONDO	70	23.33	100	0

MODULO DE FINURA: $99.34/100 = 0.99 = 1$

GRÁFICO 3.3.1
GRANULOMETRÍA DE LA ARENA CUARCIFERA



3.3.2 DENSIDAD Y ABSORCIÓN

Se determina por el ensayo indicado en la norma INEN 856 (9).

Datos:

A=	149.4 g
S=	150.0 g
B=	357.3 g
C=	451.1 g

Densidad y Absorción:

DS=	2.66
DSSS=	2.67
D=	2.69
Po=	0.40 %

Nomenclatura y Fórmulas:

A=	Peso en aire muestra secada al horno
S=	Peso en aire muestra en estado saturado superficialmente seco
B=	Peso Picnómetro lleno con agua, g
C=	Peso Picnómetro + muestra + agua hasta marca de calibración
DS=	Densidad de volumen a 23 °C del árido seco
DSSS=	Den. de volumen a 23 °C árido saturado superficialmente seco
D=	Densidad aparente del árido a 23 oC
Po=	Porcentaje de absorción de agua del árido

$$D_s = \frac{A}{B+S-C}; D_{SSS} = \frac{S}{B+S-C}; D = \frac{A}{B+A-C}; P_o = \left(\frac{S-A}{A} \right) \times 100$$

3.3.3 MASA UNITARIA

Se determina por el ensayo indicado en la norma ASTM C 29 ⁽⁸⁾.

TABLA 3.3.2
MASA UNITARIA

Volumen del Recipiente	2.83 dm ³
Masa de la muestra suelta	4,230 g
Masa de la muestra compactada	4,495 g
Masa Unitaria suelta	1,495 kg/m ³
Masa Unitaria compactada	1,590 kg/m ³

$$\text{Relacion_de_vacios}(\%) = 1 - \left(\frac{\text{MUS}}{\rho_{\text{ARIDO}} \times \gamma_{\text{AGUA}}} \right) = 0.42 \%$$

3.3.4 PARTÍCULAS MENORES A 75 MICRÓMETROS

Se determina por el ensayo indicado en la norma ASTM C 117 ⁽⁸⁾.

TABLA 3.3.3
PARTICULAS MENORES A 75 MICRÓMETROS

Masa Seca al inicio	200.0 g
Masa Seca final de lavado	195.3 g
Porcentaje menor a 75 micrómetros	2.35 %

CAPITULO 4.

CEMENTO BLANCO

4.1 GENERALIDADES

El cemento portland blanco se fabrica con materias primas que contienen pequeñas cantidades de óxidos de hierro y de manganeso - que son las sustancias que dan el color gris al cemento- utilizando petróleo como combustible para evitar contaminación por la ceniza de carbón. En la molienda se evita contaminación con hierro usando molinos con bolas de porcelana, o bolas de níquel y molibdeno. El costo de la molienda es muy alto así como el costo de las materias primas, y esto hace que el cemento blanco sea el doble de costo que el cemento portland normal. Su uso es específico para fines arquitectónicos, fabricación de baldosas o uso en pinturas, adicionando colorantes minerales. Su fabricación esta regulada por la norma **ASTM C 150**.

Existe también el cemento blanco compuesto, el cual es una mezcla de cemento blanco y adiciones, generalmente caliza molida finamente junto con el clinker al fabricarlo. Se controla según la norma **ASTM C 1157** y el uso es igual que el del cemento blanco.

4.2 PROPIEDADES

Las especificaciones del cemento blanco (**ASTM C 150**) limitan su composición química y sus propiedades físicas. La comprensión del significado de algunas

de estas propiedades físicas es útil para interpretar los resultados de las pruebas que se efectúan al cemento.

Las principales pruebas físicas que se realizan son las siguientes:

- **FINURA.-** La finura del cemento influye en el calor liberado y en la velocidad de hidratación. A mayor finura tenemos mayor rapidez de hidratación y por lo tanto mayor resistencia. Se puede utilizar para su medida el ensayo del turbidímetro de Wagner (**ASTM C 115**), el ensayo de Blaine de permeabilidad al aire (**ASTM C 204**), o con la malla No. 325 (45 micras) (**ASTM C 430**). Aproximadamente del 85% al 95% de las partículas de cemento son menores de 45 micras. En el caso del cemento blanco el valor debe oscilar por los 490 m²/kg.
- **RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.-** Es obtenida a partir de pruebas en cubos de mortero estándar de 5 cm, ensayados de acuerdo a la norma **ASTM C 109**. Estos cubos se hacen y se curan de manera prescrita utilizando una arena estándar.
- **TRABAJABILIDAD.-** Es la movilidad relativa de una pasta de cemento o mortero recién mezclado o bien su capacidad de fluir. Esta fluidez se determina en una mesa de golpes descrita en la norma **ASTM C230**. Nos permite determinar la cantidad de agua requerida por el cemento para ser trabajable, información que es utilizada luego en las dosificaciones. Esta prueba se realiza mientras se realizan los cubos mencionados por la norma **ASTM C 109**.

- **TIEMPO DE FRAGUADO.-** Para determinar si el cemento fragua de acuerdo con sus especificaciones, se efectúan pruebas usando el aparato de Vicat (ASTM C 191) o la aguja de Gillmore.
- **FALSO FRAGUADO.-** Es regulado por la norma ASTM C 451.
- **EXPANSIÓN EN AUTOCLAVE.-** Indica si el cemento al hidratarse cambia de volumen. Su práctica se controla con la norma ASTM C 151.

En lo que respecta a la composición química, es conveniente que se realicen análisis para saber si el cemento cumple con los estándares químicos que especifican las normas. ⁽³⁾

4.3 PRUEBAS

4.3.1 FINURA (ASTM C 204 Y ASTM C 430) ⁽⁸⁾

ASTM C 204 (Blaine)

$$\text{Blaine} = \sqrt{t} \times 502 \frac{\text{cm}^2}{\text{g}}$$

Datos y resultados:

PESO=	2.8 g
t=	88 s
Blaine=	4709.17 cm ² /g

$$\text{Blaine} = 471 \frac{\text{m}^2}{\text{Kg}}$$

ASTM C 430 (No. 325)

$$R_c = m_R(100 - c)$$

donde: m_R = masa retenida

c = factor de corrección del tamiz

Datos y Resultados:

$m_i =$	1 g	
$c =$	0	
Prueba	m_R	R_c
1	0.059 g	5.9%
2	0.067 g	6.7%

$$R_c = 6.3\%$$

4.3.2 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y TRABAJABILIDAD

ASTM C 109 ⁽⁸⁾

Datos:

Prueba	Cemento	Arena	Agua	# Cubos	A/C
1	740.0 g	2,035 g	370 g	9	0.5
2	740.0 g	2,035 g	370 g	9	0.5
3	500.0 g	1,375 g	250 g	6	0.5

Resultados Mesa de Flujo y Resistencia a la compresión:

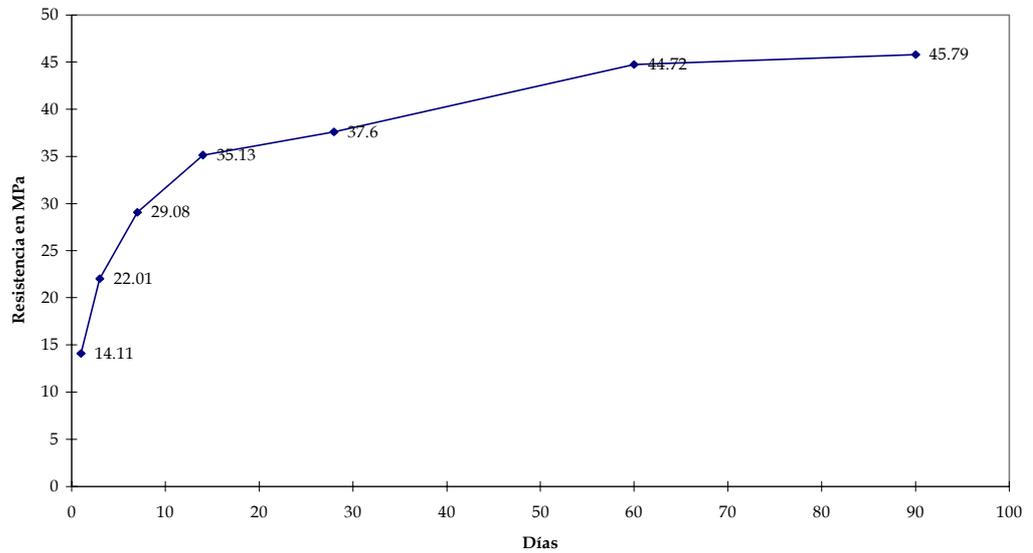
TABLA 4.3.1

ASTM C 109 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - CUBOS DE 50 MM.

Días	Lado 1 mm	Lado 2 mm	Alt. mm	Masa g	Dens. kg/m ³	CEM	Carga kN	Resistencia MPa	
								Individual	Promedio
1	50.79	50.93	50.89	284.1	2,158.18	3,999	39.22	15.16	
	50.84	50.76	51.81	280.3	2,096.44	3,486	34.19	13.25	14.11
	50.72	50.86	51.20	281.5	2,131.34	3,661	35.91	13.92	
3	51.01	49.51	50.69	276.7	2,161.42	5,824	57.12	22.62	
	49.56	50.59	51.03	270.7	2,115.76	5,489	53.83	21.47	22.01
	50.78	49.74	50.73	275.2	2,147.76	5,652	55.43	21.95	
7	50.87	50.80	51.08	286.3	2,168.93	7,810	76.60	29.64	
	50.86	50.91	51.14	284.3	2,147.02	7,187	70.49	27.22	29.80
	50.98	51.07	51.06	287.1	2,159.67	8,639	84.73	32.54	
14	50.40	51.67	49.41	272.8	2,120.12	8,921	87.50	33.60	
	50.01	51.10	49.42	268.9	2,129.17	9,409	92.28	36.11	35.13
	50.11	51.26	51.14	276.1	2,101.85	9,348	91.68	35.69	
28	50.52	50.65	51.40	284.8	2,165.38	10,360	101.61	39.71	
	51.11	49.47	51.15	284.4	2,199.06	9,877	96.87	38.31	37.60
	50.97	50.83	51.57	285.4	2,136.10	9,184	90.07	34.77	
60	50.80	50.88	51.51	286.0	2,148.15	11,101	108.88	42.12	
	51.49	50.01	51.26	286.9	2,173.56	12,507	122.67	47.64	44.72
	50.27	50.69	51.32	283.6	2,168.64	11,539	113.17	44.41	
90	50.93	50.37	51.55	286.3	2,164.95	12,731	124.86	48.67	
	51.54	50.07	51.57	285.6	2,146.05	11,592	113.69	44.06	45.79
	50.90	51.00	51.46	287.8	2,154.43	11,818	115.91	44.65	

Mesa de flujo ASTM= 108 %

GRÁFICO 4.3.1
ASTM C 109 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - CUBOS 50MM



4.3.3 FRAGUADO

Aplicamos, como se indico en el ítem 4.2, la norma **ASTM C 191** ⁽⁸⁾.

ASTM C 191

Datos y Resultados:

Prueba	Cemento g	Agua g	Penet. mm	Fraguado Inicial	Fraguado Final	Promedio Inicial Final	
1	500	138.0	10.5	76 min.	218 min.	82.67 min	233.33 min
2	500	138.0	10.0	86 min.	243 min.		
3	500	138.1	9.0	86 min.	239 min.		

4.3.4 FALSO FRAGUADO

ASTM C 451 ⁽⁸⁾

La aguja Vicat debe penetrar 32 ± 4 mm

Datos y Resultados:

Cemento =	500 g
Agua =	150.1 g
1 Toma=	32 mm
2 Toma=	1 mm
% Falso Fraguado =	2.94%

4.3.5 EXPANSIÓN POR AUTOCLAVE

ASTM C 151 ⁽⁸⁾

Datos:

Prueba	Cemento	Arena	Agua	# Barras
1	500 g	800 g	220.8 g	2
2	500 g	800 g	220.8 g	2

Resultados:

Barra	Lectura Inicial	Lectura Final	Variación %	Promedio %
1	0.16155	0.1601	-0.0145	-0.0165
2	0.15655	0.1548	-0.0175	
3	0.1551	0.15345	-0.0165	
4	0.1472	0.14545	-0.0175	

4.3.6 ANÁLISIS QUÍMICO DEL CEMENTO

ASTM C 150 ⁽⁸⁾

Composición Química, %	
Perdida al Fuego	3.80 %
SiO ₂	21.70 %
Al ₂ O ₃	3.26 %
Fe ₂ O ₃	0.35%
CaO	67.70%
MgO	0.67%
K ₂ O	0.08%
Na ₂ O	0.08%
SO ₃	2.00%
CaO Libre	1.88%
Residuo Insoluble	0.40%
Alcalinos Totales, %	
(Na ₂ O + 0.658 K ₂ O)	0.13%
Cl	0.07%
TiO ₂	0.09%
P ₂ O ₅	0.11%
Composición Potencial, % *	
C ₃ S	74.93%
C ₂ S	5.69%
C ₃ A	8.05%
C ₄ AF	1.06%

* Es la composición de compuestos máxima permisible por la norma. La composición real de compuestos puede ser menor debido a reacciones químicas incompletas o alteradas

CAPITULO 5

MORTERO: DOSIFICACIONES

5.1 DOSIFICACIONES PARA MORTEROS PATRÓN

Como se menciona en el ítem 2.2.2 experimentaremos con dosificaciones para morteros de **Tipo S** y **Tipo N**. EL cementante es una mezcla de cemento + cal. La cal puede ser cal + polvo de caliza (**C_t**) o cal hidratada (**C_h**), con una relación por peso de 1:0.25 a 1:0.50. La relación cementante/arena por volumen es de 1:3 a 1:4. Realizamos 5 dosificaciones patrón.

TABLA 5.1.1
MORTEROS PATRÓN

Morteros Patrón	N-1	N-2	S-1	S-2	S-3
Rel. Cement. / Arena	1 : 3	1 : 4	1 : 3	1 : 4	1 : 3
Rel. Cemento / Cal	1 : 0.50	1 : 0.50	1 : 0.25	1 : 0.25	1 : 0.25
Peso Total Kg	17	17.15	13.39	9.795	9.66
Peso Cemento Kg	2.33	1.86	2.20	1.28	1.60
Adición Cement. Kg	1.17	0.93	0.55	0.32	0.40
Tipo de Cal	C _t	C _t	C _t	C _t	C _h
Peso Arena Kg	10.5	11.2	8.25	6.4	6
Peso Agua Kg	3.00	3.15	2.39	1.795	1.66
Relación A/C	0.86	1.13	0.87	1.12	0.83
Peso Vol. Kg/m ³	2,110	2,010	2,168	2,007	2,021
Cont. de aire (%)	0%	0%	0%	3.71%	1.19%

Se realizó una muestra de enlucido con cada dosificación, se tomaron 9 barras de 40x40x160 mm de cada uno y se probaron según las normas **ASTM C 348**

(resistencia a la flexión) y ASTM C 349 (resistencia a la compresión). Con estos resultados realizamos un análisis comparativo de los morteros patrón.

5.1.1 ANÁLISIS MORTEROS PATRÓN

Como se menciona anteriormente, evaluamos la resistencia de los morteros patrón probando las barras de 40x40x160 mm según lo indicado en las normas ASTM C 348 y ASTM C 349. Se obtuvieron resultados de resistencia a flexión y de resistencia a la compresión a 3, 7 y 28 días que comparamos en las tablas 5.1.2 - 3 y en los gráficos 5.1.1 - 2.

TABLA 5.1.2
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN - MORTEROS PATRÓN.

Morteros Patrón	Resistencia a la Flexión (MPa)		
	3	7	28
N-1	0.88	2.03	3.63
N-2	0.79	1.53	2.07
S-1	1.15	2.65	4.30
S-2	0.89	1.73	2.34
S-3	1.59	2.26	3.86

TABLA 5.1.3
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - MORTEROS PATRÓN.

Morteros Patrón	Resistencia a la Compresión (MPa)		
	3	7	28
N-1	5.60	6.25	10.47
N-2	3.66	4.50	6.38
S-1	5.60	9.86	14.81
S-2	4.95	6.08	8.62
S-3	6.03	9.19	12.67

GRÁFICO 5.1.1
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN - MORTEROS PATRÓN.

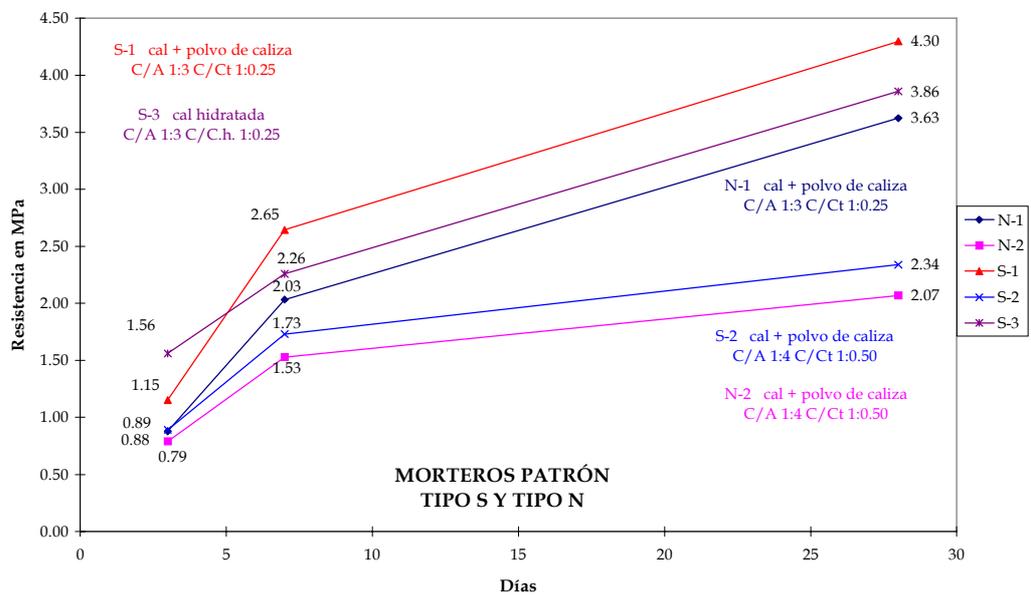
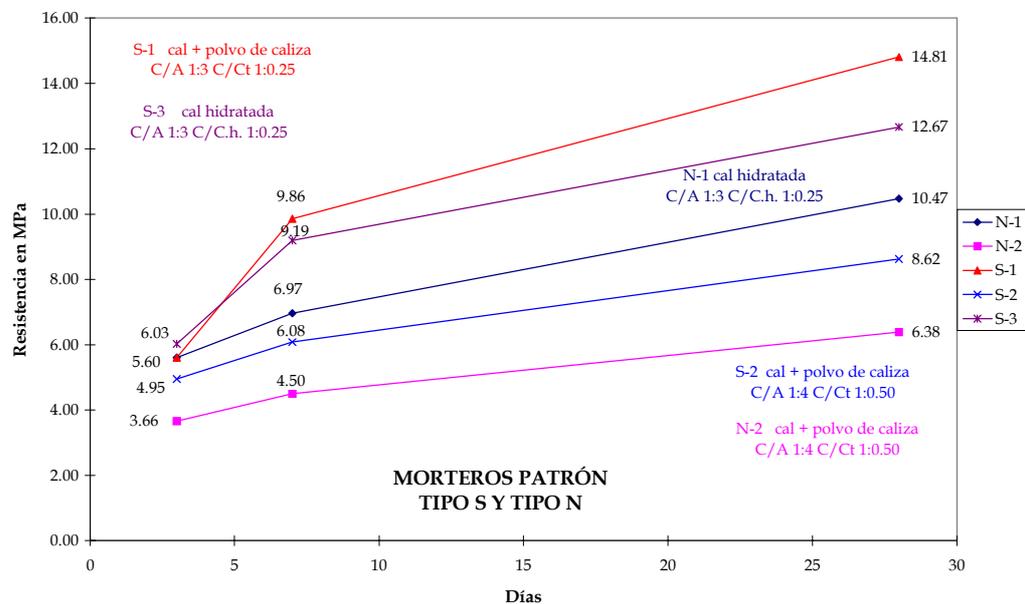


GRÁFICO 5.1.2
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - MORTEROS PATRÓN.



Las dosificaciones patrón de los morteros **Tipo S** denominadas **S-1** y **S-3** obtuvieron las resistencias mas altas, cumpliendo con el valor mínimo de 12.4 MPa de resistencia a la compresión señalado por **ASTM C 270** (Tabla 2.2.2). Ambas dosificaciones patrón son muy similares en su composición, variando solo el tipo de cal empleada. Hay que destacar que la dosificación del mortero **S-3** obtuvo mayor resistencia que la **S-1** a 3 días, para luego cambiar a los 28 días al volverse **S-1** superior en un 17% al valor de **S-3**.

La dosificación **S-2** no llega a los valores mínimos de resistencia a la compresión que señala la norma **ASTM C 270** (Tabla 2.2.2), su resistencia es un 30% menor a la mínima indicada por dicha norma para este tipo de mortero.

También se realizo una prueba de trabajabilidad con cada dosificación patrón

Tipo S, observándose que en todas se presentaba una excesiva exudación de agua y que también hizo su aparición el fenómeno del falso fraguado. Esto nos indica que se deben realizar modificaciones a las dosificaciones que le den más trabajabilidad a los morteros, que permitan la incorporación de aire a la mezcla (el contenido actual es prácticamente nulo) y la disminución, por consiguiente, del peso volumétrico de los morteros (que oscila entre 2,000 y 2,200 Kg/m³).

Las dosificaciones patrón de los morteros **Tipo N** tuvieron valores de resistencia a la compresión superiores al mínimo de 5.2 MPa que indica la norma **ASTM C 270** (Tabla 2.2.2), siendo el valor más alto el de la dosificación **N-1** (aproximadamente 35% mayor que **N-2**). Esto se debe al mayor contenido de cemento de dicha dosificación.

Se realizó una prueba de trabajabilidad con cada dosificación patrón **Tipo N** y se pudo observar que, al igual que en el caso de los morteros Tipo S, se presentaba una excesiva exudación de agua y la aparición del fenómeno del falso fraguado.

5.2 DOSIFICACIONES MODIFICADAS MORTERO TIPO S

5.2.1 RELACIÓN CEMENTANTE/ARENA 1:3

En los gráficos 5.1.1 y 5.1.2 se puede observar que las mejores dosificaciones patrón, desde el punto de vista de su resistencia a la flexión y de su resistencia a la compresión, fueron los morteros del **Tipo S**, específicamente los denominados **S-1** y **S-3**.

Como se explico en el análisis realizado a los morteros patrón en el ítem 5.1.1, las dosificaciones aquí probadas presentaron una notable falta de trabajabilidad. Esta se debió a la aparición, durante la mezcla y luego en la aplicación de la muestra de enlucido, de exudación y del fenómeno de falso fraguado.

Debido a esto, se considero conveniente la realización de modificaciones, a las dosificaciones, tendientes a corregir las falencias en trabajabilidad. Modificaciones que consistieron en agregar aditivos (como inclusores de aire - **I.A.**, acrílicos - **A** y plastificantes - **P_t**) y adiciones (como pigmentos- **P_g** y fibra) al mortero durante la mezcla de este. (Tabla 5.2.1)

TABLA 5.2.1.A
CEMENTANTE/ARENA 1:3 - MORTEROS TIPO S

Mortero	S-3.1	S-1.1	S-1.2	S-1.3	S-1.4
Rel. Cemento : Cal	1:0.25	1:0.25	1:0.25	1:0.25	1:0.25
Peso Total Kg	9.612	8.332	8.23675	7.6511	7.8175
Peso Cemento Kg	1.60	1.40	1.40	1.30	1.04
Adición Cement. Kg	0.40	0.35	0.35	0.325	0.26
Tipo de Cal	C.h.	C _t .	C _t .	C _t .	C _t .
Peso Arena Kg	6.0	5.25	5.25	4.875	5.20
Adiciones	----	----	----	----	5 % P _g .
Aditivos	0.85 % I.A.	0.85 % I.A.	0.5% P _t .	0.5 % P _t . Acril	0.5 % P _t .
Peso Agua Kg	1.612	1.332	1.228	1.143	1.246
Relación A/C	0.81	0.76	0.70	0.70	0.96
Peso Vol. Kg/m ³	1,945	1,931	1,782	1,830	1,897
Cont. de aire (%)	8.98%	10.74%	18.01%	15.86%	11.27%

TABLA 5.2.1.B
CEMENTANTE/ARENA 1:3 - MORTEROS TIPO S

Mortero	S-1.5	S-1.6	S-1.7	S-1.8	S-1.9	S-1.10
Rel. Cemento : Cal	1:0.25	1:0.25	1:0.25	1:0.25	1:0.25	1:0.25
Peso Total Kg	7.8925	7.9417	7.6614	7.723	7.7798	7.8419
Peso Cemento Kg	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30
Adición Cement. Kg	0.325	0.325	0.325	0.325	0.325	0.325
Tipo de Cal	C _t .	C _t .	C _t .	C _t .	C _t .	C _t .
Peso Arena Kg	4.875	4.875	4.875	4.875	4.875	4.875
Adiciones	5 % P _g .	10 % P _g .	1.0 kg/m ³ Fibra	1.5 kg/m ³ Fibra	0.5 kg/m ³ Fibra	3% P _g .
Aditivos	1.0 % P _t .	0.75 % P _t .	0.5 % P _t .	0.5 % P _t .	0.5% P _t .	0.5 % P _t .
Peso Agua Kg	1.295	1.267	1.150	1.210	1.270	1.285
Relación A/C	0.80	0.78	0.71	0.74	0.78	0.79
Peso Vol. Kg/m ³	1,798	1,890	1,898	1,837	1,880	1,843
Cont. de aire (%)	15.41%	12.54%	13.58%	15.81%	12.77%	14.51%

Se realizó una muestra de enlucido con cada dosificación de mortero modificada, además se tomaron 9 barras de 40x40x160 mm de cada una y se probaron según se indica en las normas **ASTM C 348** (*resistencia a la flexión*) y **ASTM C 349** (*resistencia a la compresión*). A los resultados obtenidos se los analizó comparativamente separándolos según la composición del material cementante y de las adiciones empleadas:

- morteros con cal + polvo de caliza

- morteros con cal + polvo de caliza y pigmentos
- morteros con cal + polvo de caliza y fibras sintéticas
- morteros con cal hidratada

5.2.1.1 MORTEROS CON CAL + POLVO DE CALIZA

En la tabla 5.2.1 hay tres dosificaciones de morteros modificadas a partir del patrón **S-1** y se las denominó respectivamente **S-1.1**, **S-1.2** y **S-1.3**. La modificación consistió en el empleo de: un aditivo incorporador de aire, de un plastificante y, de un plastificante y un acrílico.

Las barras de 40x40x160 mm se probaron según las normas **ASTM C 348** y **ASTM C 349**. Los valores de resistencia a la flexión y de resistencia a la compresión obtenidos a 3, 7 y 28 días se comparan en las tablas 5.2.2 - 3 y en los gráficos 5.2.1 - 2.

TABLA 5.2.2
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN - TIPO S C/A 1:3 C/Ct 1:0.25

Mortero	Resistencia a la Flexión (MPa)		
	3	7	28
S-1	1.15	2.65	4.30
S-1.1	1.04	2.02	3.09
S-1.2	1.13	1.86	2.50
S-1.3A	0.71	1.46	3.02
S-1.3B	0.36	0.91	1.61

TABLA 5.2.3
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - TIPO S C/A 1:3 C/Ct 1:0.25

Mortero	Resistencia a la Compresión (MPa)		
	3	7	28
S-1	5.60	9.86	14.81
S-1.1	5.16	7.38	11.24
S-1.2	3.87	5.76	7.94
S-1.3A	3.31	4.20	6.43
S-1.3B	2.37	3.16	4.44

GRÁFICO 5.2.1
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN - TIPO S C/A 1:3 C/Ct 1:0.25

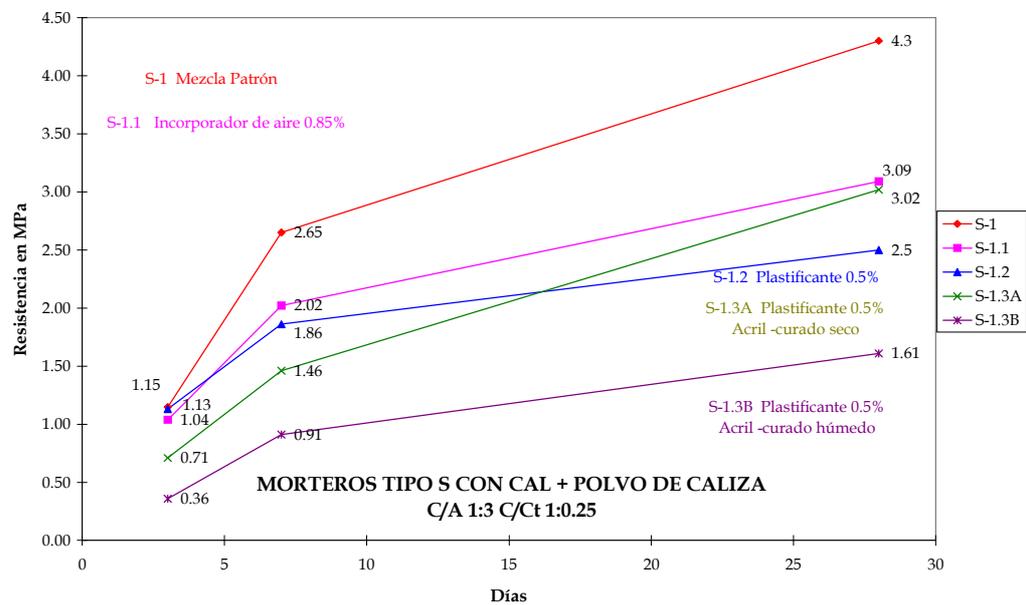
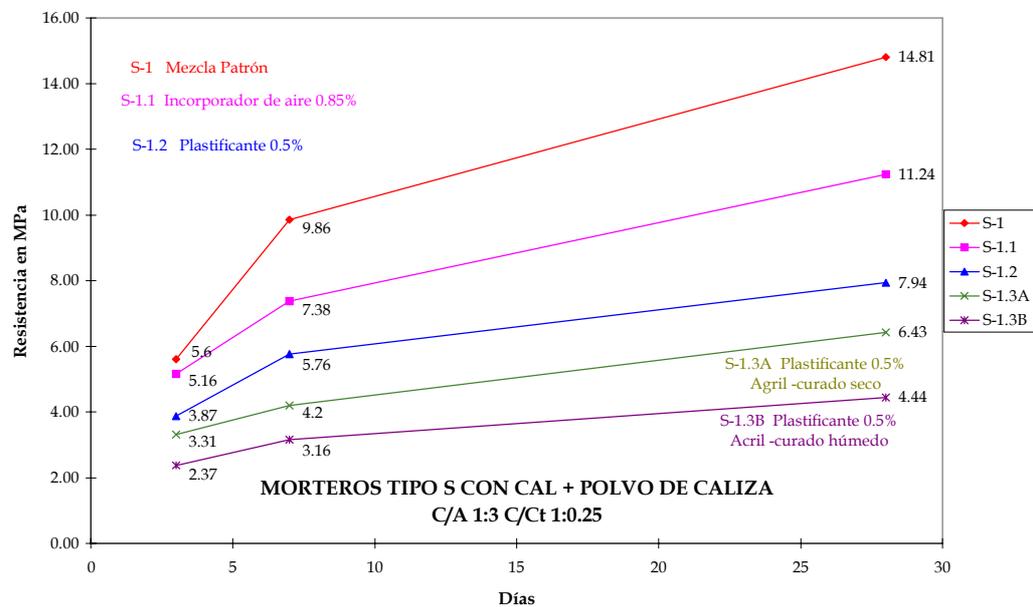


GRÁFICO 5.2.2
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - TIPO S C/A 1:3 C/Ct 1:0.25



El mortero denominado **S-1.1** emplea un incorporador de aire, el cual provoca una disminución de la resistencia a la flexión (30% menor a la del patrón S-1) y de la resistencia a la compresión (25% menor a la del patrón S-1). Mejora un poco la trabajabilidad, pero no se corrigió la excesiva exudación.

Al mortero denominado **S-1.3** se le agrega un aditivo acrílico a más del plastificante. El acrílico mejora la capacidad de pega del mortero y aumenta la resistencia del mortero a la flexión cuando se cura en seco (**S-1.3A**). Se lo utiliza mezclado con el agua de amasado a una proporción de 1 a 3 en volumen. Cuando se realiza curado húmedo (**S-1.3B**) las resistencias caen notablemente. El uso de este acrílico reduce notablemente la trabajabilidad de la mezcla, por lo que se presentó un rápido inicio de fraguado.

En el mortero denominado **S-1.2** utilizamos un plastificante, el cual nos permitió una trabajabilidad superior, más tiempo para dar acabado y corrigió el problema de excesiva exudación. Su empleo provoca un aumento del contenido de aire (sobre 18%) y una disminución del peso volumétrico de la mezcla (28% menos que el del mortero S-1), lo cual se traduce en un mayor rendimiento de esta y en menores valores en la resistencia a la flexión y compresión (alrededor del 40% menos que los valores del patrón). A pesar de su excesivo contenido de aire, fue, sin lugar a dudas, el mejor de los tres morteros modificados analizados en este grupo y lo consideraremos como un nuevo patrón para hacer otras adiciones a su dosificación.

5.2.1.2 MORTEROS CON CAL+POLVO DE CALIZA Y PIGMENTOS

En la tabla 5.2.1 tenemos 4 dosificaciones para morteros, que fueron modificadas a partir del mortero **S-1.2**, y se las denominó **S-1.4**, **S-1.5**, **S-1.6** y **S-1.10**. Estas nuevas dosificaciones contienen pigmentos en dosis de 5% (sulfuros y óxidos de hierro naturales), 10% (óxidos de hierro naturales) y 3% (óxidos de hierro sintéticos) del material cementante. Se estudio además el efecto del aumento de plastificante a dosis de 0.75% y al 1.0% del material cementante.

Las barras de 40x40x160 mm se probaron según las normas **ASTM C 348**

(*resistencia a la flexión*) y ASTM C 349 (*resistencia a la compresión*). Los valores de resistencia a la flexión y de resistencia a la compresión obtenidos a 3, 7 y 28 días se comparan en las tablas 5.2.4 - 5 y en los gráficos 5.2.3 - 4.

TABLA 5.2.4
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN - TIPO S C/A 1:3 CON PIGMENTOS

Mortero	Resistencia a la Flexión (MPa)		
	3	7	28
S-1.2	1.13	1.86	2.50
S-1.4	1.44	2.21	3.43
S-1.5	1.02*	1.49	2.40
S-1.6	1.31	1.77	2.68
S-1.10	1.13	1.65	2.68

TABLA 5.2.5
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - TIPO S C/A 1:3 CON PIGMENTOS

Mortero	Resistencia a la Compresión (MPa)		
	3	7	28
S-1.2	3.87	5.76	7.94
S-1.4	6.99	7.07	10.13
S-1.5	3.59*	5.35	6.89
S-1.6	3.21*	4.69	8.92
S-1.10	5.01	5.41	8.15

GRÁFICO 5.2.3
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN - TIPO S C/A 1:3 CON PIGMENTOS

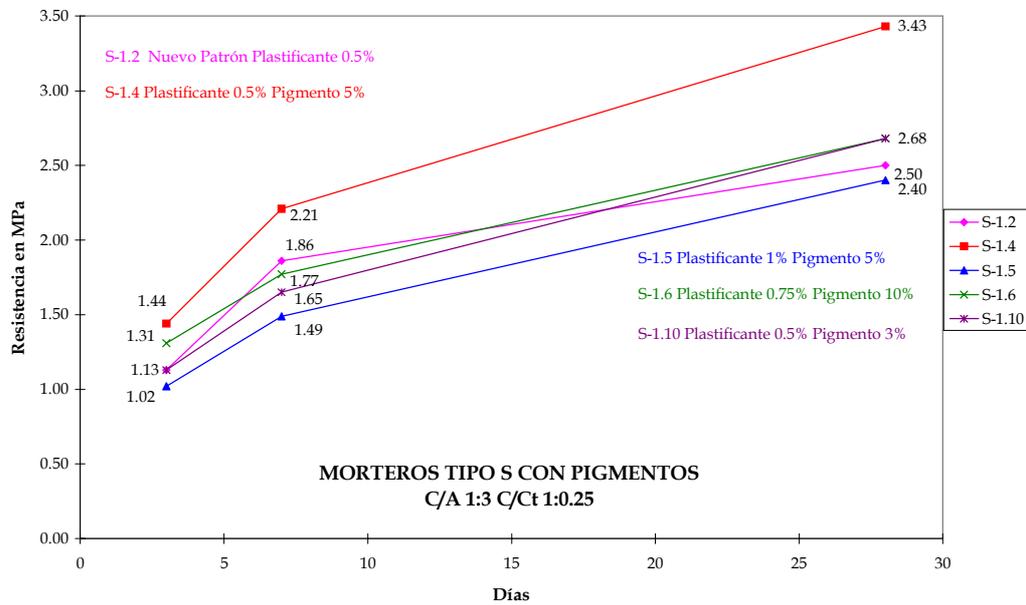
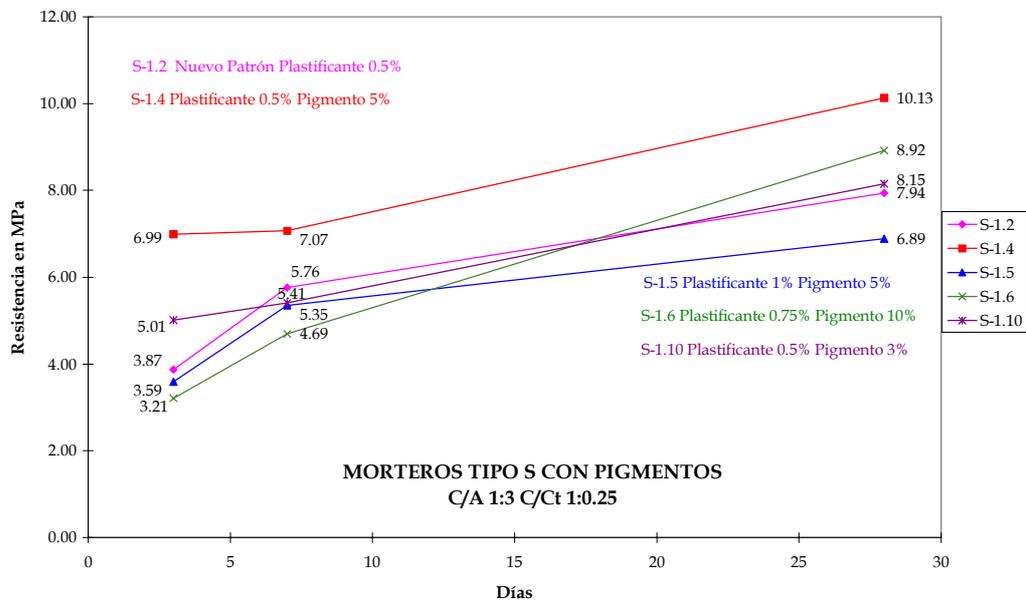


GRÁFICO 5.2.4
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - TIPO S C/A 1:3 CON PIGMENTOS



El mortero denominado **S-1.4** emplea una dosis de 0.5% de plastificante y 5%

de pigmento. El pigmento utilizado, un azul ultramarino con base de sulfuros, provoca un incremento notable de las resistencias en estas mezclas (alrededor del 30% sobre el patrón). Este pigmento demostró ser bien inestable, sufrió una pérdida total del color producto del curado en agua de las barras de pruebas, verificándose lo dicho en el ítem 1.2.4 sobre los colorantes con base en sulfuros. Muy trabajable, prácticamente no presento exudación ni falso fraguado. El contenido de aire bajo al 11.27% a causa del tipo de pigmento empleado.

En el mortero denominado **S-1.5** se aumento la dosis de plastificante al 1.0% del peso del material cementante. Este aumento en la dosis nos mejora aún más la trabajabilidad de la mezcla, provocó un aumento en el contenido de aire del mortero (15.41%), causó una pérdida de adherencia del mortero con la pared y hubo una disminución notable de la resistencia (la más baja del grupo). En esta mezcla se empleó un pigmento de óxido de hierro natural.

En el mortero denominado **S-1.6** se bajó la dosis de plastificante al 0.75% y se aumentó la de pigmento al 10%. Esto provocó una disminución en los espacios vacíos del mortero, es decir menor contenido de aire (12.54%). Tuvo buena trabajabilidad pero presento problemas de adherencia de la mezcla.

Para el mortero denominado **S-1.10** se utilizó de nuevo plastificante al 5% y un pigmento de origen sintético. Por la mayor capacidad colorante se redujo la dosis de este al 3%. Buena trabajabilidad, buena adherencia, mínima exudación y no hubo falso fraguado. Su resistencia fue ligeramente superior a la del

patrón (aproximadamente un 3%) y su contenido de aire fue del 14.51%.

5.2.1.3 MORTEROS CON CAL + POLVO DE CALIZA Y FIBRA

En la tabla 5.2.1 tenemos 3 dosificaciones modificadas a partir del mortero **S-1.2** y se las denominó **S-1.7**, **S-1.8** y **S-1.9**. Su modificación consistió en la adición de fibras sintéticas de polipropileno en proporciones de 1.0 kg/m³, 0.5 kg/m³ y 1.5 kg/m³ respectivamente. Se investigó el efecto que tienen dichas proporciones de fibra en los valores de resistencia de los morteros.

Las barras de 40x40x160 mm se probaron según las normas **ASTM C 348** y **ASTM C 349**. Los valores de resistencia a la flexión y de resistencia a la compresión obtenidos a 3, 7 y 28 días se comparan en las tablas 5.2.6 - 7 y en los gráficos 5.2.5 - 6.

TABLA 5.2.6
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN - TIPO S C/A 1:3 CON FIBRA

Patrón	Resistencia a la Flexión (MPa)		
	3	7	28
S-1.2	1.13	1.86	2.50
S-1.7	1.25	1.60	3.16
S-1.8	1.04	1.62	2.87
S-1.9	1.07	1.74*	3.05

TABLA 5.2.7
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - TIPO S C/A 1:3 CON FIBRA

Patrón	Resistencia a la Compresión (MPa)		
	3	7	28
S-1.2	3.87	5.76	7.94
S-1.7	4.41	5.82	10.31
S-1.8	3.92	6.42	8.59
S-1.9	4.98	6.57*	8.88

GRÁFICO 5.2.5
RESISTENCIA A FLEXIÓN - TIPO S C/A 1:3 CON FIBRA

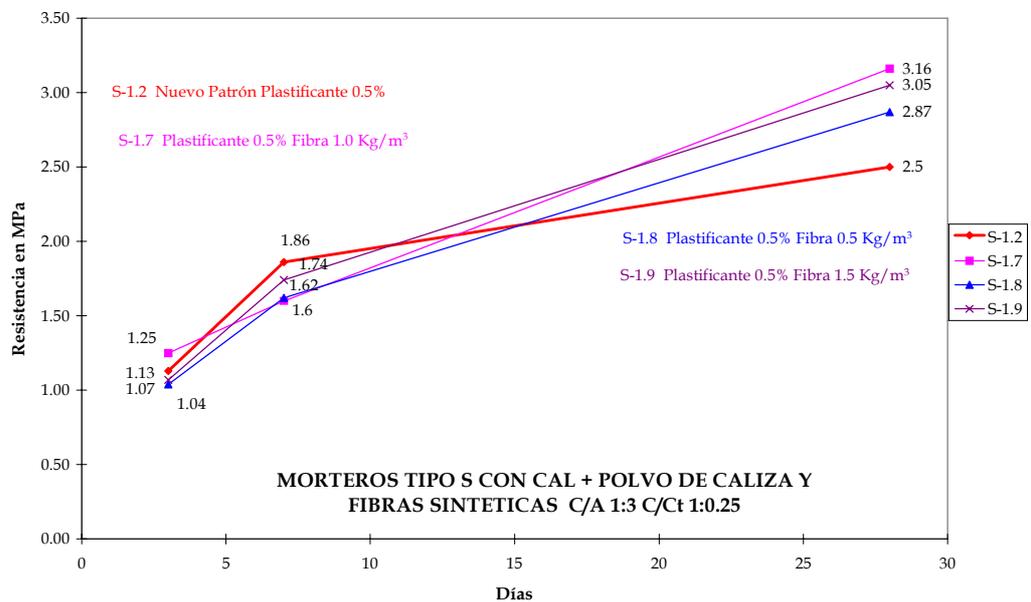
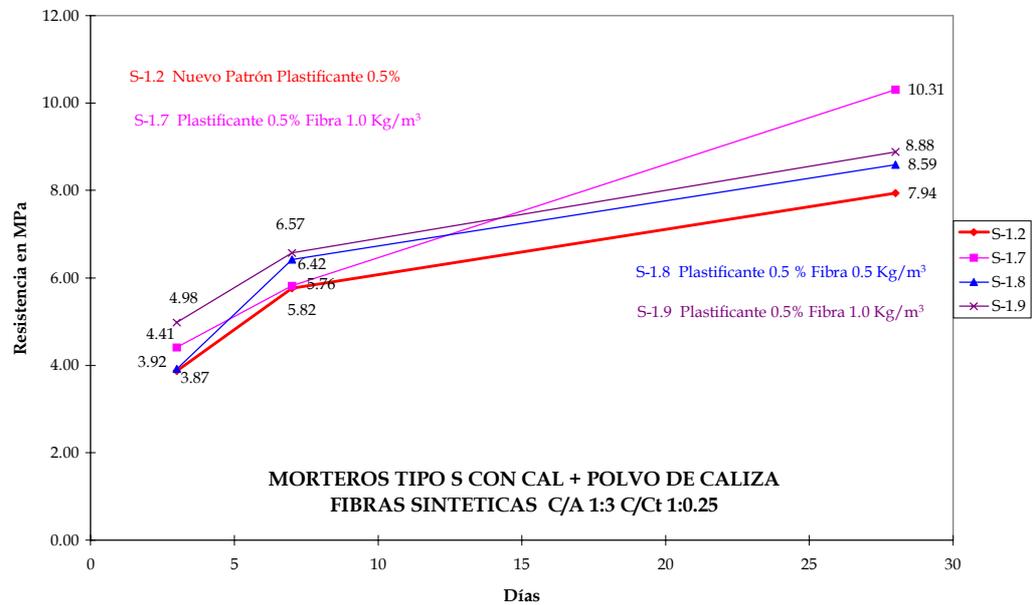


GRÁFICO 5.2.6
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - TIPO S C/A 1:3 CON FIBRA



El mortero denominado **S-1.7** contiene fibra en una dosis de 1.0 Kg/m³. Presentó a 28 días un aumento de resistencia, con referencia a la dosis considerada como patrón, de alrededor del 30%. Mantuvo similar trabajabilidad que dicha dosificación patrón, además el empleo de la fibra derivó en un aumento en la cohesión y en la adherencia del mortero. Al igual que en los morteros con pigmentos, se presentó una disminución del contenido de aire (13.58%).

El mortero denominado **S-1.8** contiene fibra en una dosis de 1.5 Kg/m³, la cual es la mayor empleada en esta clasificación. Presentó a 28 días un incremento de resistencia con referencia a la dosis patrón S-1.2 de alrededor del 8%, pero con relación a los demás morteros que contienen fibra, fue la de menor aumento.

Al igual que la mezcla anterior, mantuvo las características de trabajabilidad, aumenta la cohesión, la adherencia del mortero y disminuye el contenido de aire al 15.81%.

El mortero denominado **S-1.9** contiene fibra en una dosis de 0.5 Kg/m³, la menor dosis empleada en esta clasificación. Presentó a 28 días un aumento de resistencia con referencia al patrón S-1.2 de alrededor del 16%. En lo referente a su trabajabilidad, cohesión y adherencia, fue similar a las obtenidas con las anteriores mezclas de esta misma clasificación. El contenido de aire bajó al 12.77%.

5.2.1.4 MORTEROS CON CAL HIDRATADA

En la tabla 5.2.1 tenemos 1 dosificación modificada a partir del patrón **S-3**, que, como recordaremos, utiliza como adición cementante cal hidratada, y se le denominó **S-3.1**. La modificación consiste en el empleo de un aditivo incorporador de aire.

Las barras de 40x40x160 mm se probaron según las normas **ASTM C 348** y **ASTM C 349**. Los valores de resistencia a la flexión y de resistencia a la compresión obtenidos a 3, 7 y 28 días se comparan en las tablas 5.2.8 - 9 y en los gráficos 5.2.7 - 8.

TABLA 5.2.8
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN - TIPO S C/A 1:3 C/C.h. 1:0.25

Mortero	Resistencia a la Flexión (MPa)		
	3	7	28
S-3	1.59	2.26	3.86
S-3.1	1.02	1.69	2.81

TABLA 5.2.9
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - TIPO S C/A 1:3 C/C.h 1:0.25.

Mortero	Resistencia a la Compresión (MPa)		
	3	7	28
S-3	6.03	9.19	12.67
S-3.1	4.17*	6.35	9.78

GRÁFICO 5.2.7
RESISTENCIA A FLEXIÓN - TIPO S C/A 1:3 C/C.h. 1:0.25

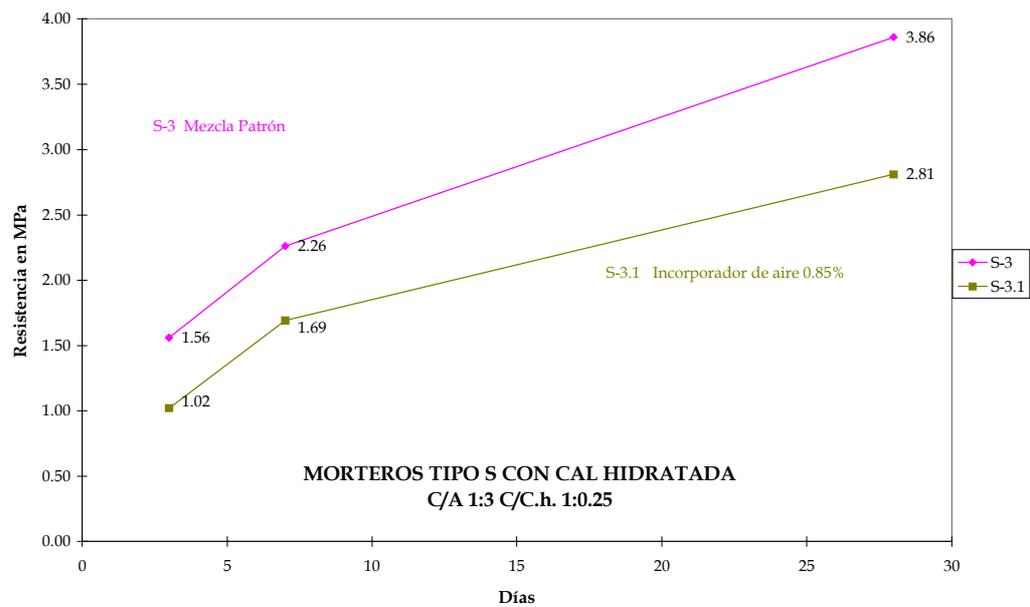
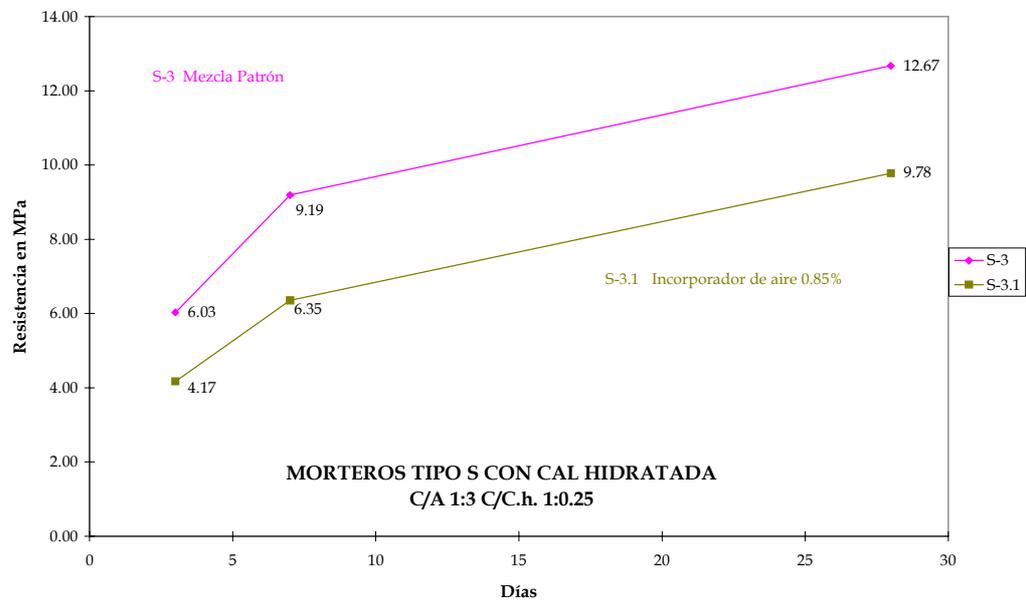


GRÁFICO 5.2.8
RESISTENCIA A COMPRESIÓN - TIPO S C/A 1:3 C/C.h. 1:0.25



En el mortero denominado **S-3.1**, a pesar del empleo de un incorporador de aire, se notó que perdía rápidamente trabajabilidad y capacidad de adherencia. Siguió observándose que la cal hidratada reaccionaba con el agua, por lo que se decidió no realizar más dosificaciones que la incluyeran como adición cementante.

5.2.2 RELACIÓN CEMENTANTE/ARENA 1:4

En los gráficos 5.1.1 y 5.1.2 se pudo observar que el patrón **S-2** obtuvo la más baja resistencia de los patrones **Tipo S** saliéndose incluso de los límites indicados por la norma **ASTM C 270**. Esto se debe a que la relación por peso

cementante/arena es 1:4. Procedimos a modificarlo empleando los aditivos y adiciones que fueron mencionados en el ítem 5.2.1.

TABLA 5.2.10
CEMENTANTE/ARENA 1:4 - MORTERO TIPO S

Mezcla	S-2.1	S-2.2	S-2.3
Rel. Cemento : Cal	1:0.25	1:0.25	1:0.25
Peso Total Kg	7.7525	7.7345	7.6055
Peso Cemento Kg	1.04	1.04	1.04
Adición Cement. Kg	0.26	0.26	0.26
Tipo de Cal	C _t .	C _t .	C _t .
Peso Arena Kg	5.2	5.2	5.2
Adiciones	----	----	----
Aditivos	0.5% P _t .	0.5 % P _t .Acрил	0.5 % P _t .Acрил
Peso Agua Kg	1.246	1.128	1.099
Relación A/C	0.96	0.88	0.85
Peso Vol. Kg/m ³	1,830	1,655	1,970
Cont. de Aire (%)	15.45%	24.85%	17.58%

Se realizó una muestra de enlucido con cada dosificación, se tomaron 9 barras de 40x40x160 mm de cada una y se probaron según las normas **ASTM C 348** (*resistencia a la flexión*) y **ASTM C 349** (*resistencia a la compresión*). Con estos resultados realizamos un análisis comparativo de los morteros.

5.2.2.1 MORTEROS CON CAL + POLVO DE CALIZA

En la tabla 5.2.9 observamos 3 dosificaciones modificadas a partir del patrón **S-2** y se las denominó **S-2.1**, **S-2.2**. y **S-2.3**. La modificación consistió en una dosis en que se empleó un aditivo plastificante y en dos dosificaciones en que se agregó un plastificante y un acrílico.

Las barras de 40x40x160 mm se probaron según las normas **ASTM C 348** (*resistencia a la flexión*) y **ASTM C 349** (*resistencia a la compresión*). Los valores de resistencia a flexión y de resistencia a la compresión obtenidos a 3, 7 y 28 días se comparan en las tablas 5.2.11- 12 y en los gráficos 5.2.9 - 10.

TABLA 5.2.11
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN - TIPO S C/A 1:4 C/Ct 1:0.25

Patrón	Resistencia a la Flexión (MPa)		
	3	7	28
S-2	0.89	1.73	2.34
S-2.1	0.88	1.25	1.72
S-2.2A	0.41	0.77	0.93
S-2.2B	0.22	0.47	0.80
S-2.3A	0.77	1.18	3.65
S-2.3B	0.58	0.85	2.68

TABLA 5.2.12
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - TIPO S C/A 1:4 C/Ct 1:0.25

Patrón	Resistencia a la Compresión (MPa)		
	3	7	28
S-2	4.95	6.08	8.62
S-2.1	4.87	5.35*	5.53
S-2.2A	4.01	4.74*	6.38
S-2.2B	3.53	4.02*	5.23
S-2.3A	3.28	3.36*	7.23
S-2.3B	2.87*	3.10*	4.67

GRÁFICO 5.2.9
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN - TIPO S C/A 1:4 C/Ct 1:0.25

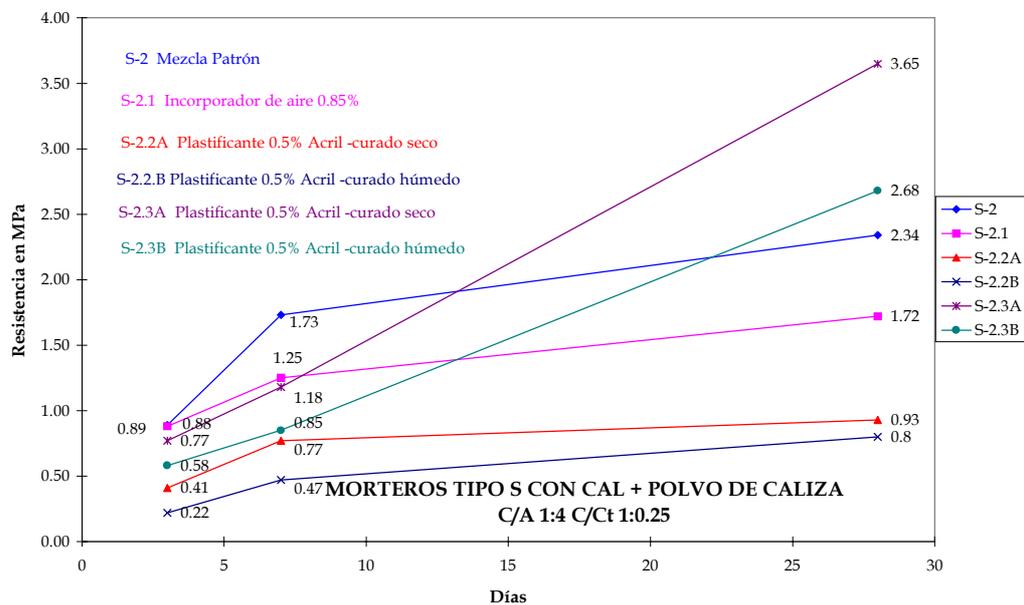
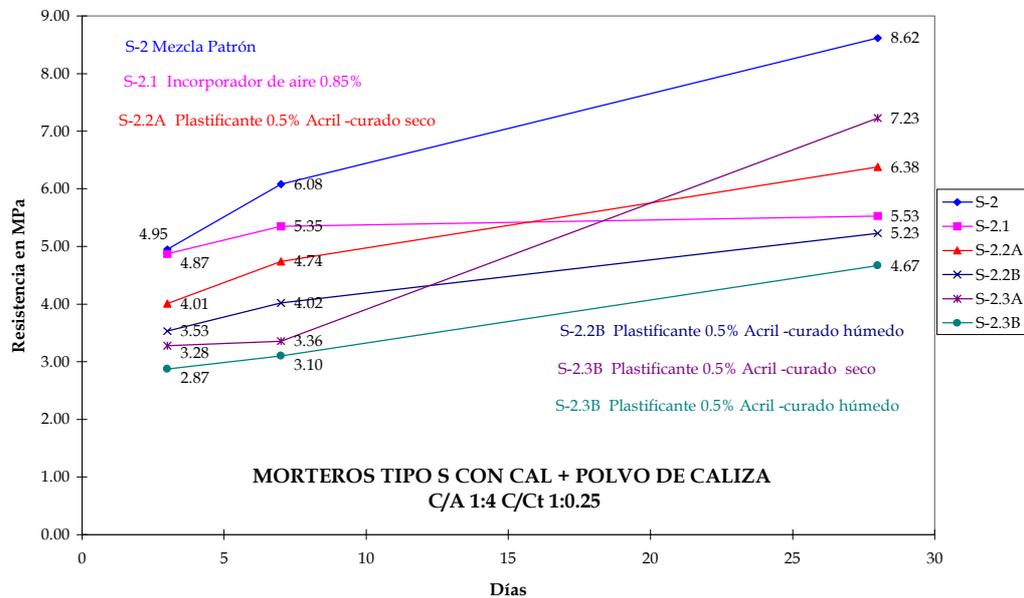


GRÁFICO 5.2.10
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - TIPO S C/A 1:4 C/Ct 1:0.25



El mortero denominado **S-2.1** empleó una dosis de plastificante de 0.5% del peso del cementante. Al igual que lo ocurrido en los morteros modificados a partir de los patrones S-1 y S-3, este presentó una disminución de su resistencia a flexión (25% menor a S-2) y a compresión (35% menor a S-2), tuvo un aumento en la trabajabilidad, pero en cambio siguió presentando exudación y falso fraguado. Su contenido de aire fue de 15.45%.

El mortero denominado **S-2.2** utilizó, a más del plastificante, un acrílico para aumentar la capacidad de adherencia. Se realizó un curado en seco y otro húmedo, teniendo como resultado una diferencia entre las resistencias obtenidas del 15% en favor del curado en seco. En lo que respecta a su relación con el patrón **S-2**, tuvo una disminución de la resistencia a la flexión de

alrededor del 40%. Disminuyó la trabajabilidad y se presentó el fenómeno de falso fraguado. Su contenido de aire fue el más alto 24.85%.

El mortero denominado **S-2.3** fue similar a la anterior, solo que empleó un acrílico menos concentrado. Se obtuvo un notable incremento de la resistencia a la flexión (55% con curado seco y 15% con curado húmedo) y una disminución entre el 60% y el 75% del valor a compresión del patrón S-2. Al igual que la anterior dosificación, se encontró que era poco trabajable y que aparecía el falso fraguado. Tuvo también un alto contenido de aire 17.58%

5.3 DOSIFICACIONES MODIFICADAS MORTERO TIPO N

5.3.1 RELACIÓN CEMENTANTE/ARENA 1:3

Como pudimos observar en los gráficos 5.1.1 y 5.1.2 el patrón N-1 fue el tercero en resistencias a la flexión y compresión. Se trató de mejorar sus propiedades mediante el empleo de un plastificante (P_t). (Tabla 5.2.11)

TABLA 5.3.1
CEMENTANTE/ARENA 1:3 - MORTEROS TIPO N

Mortero	N-1.1
Rel.Cemento : Cal	1:0.50
Peso Total Kg	7.750125
Peso Cemento Kg	1.085
Adición Cement. Kg	0.540
Tipo de Cal	C _t .
Peso Arena Kg	4.875
Adiciones	-----.
Aditivos	0.5 % P _t .
Peso Agua Kg	1.242
Relación A/C	0.76
Peso Vol. Kg/m ³	1,818
Cont. de aire (%)	16.00%

Se realizó una muestra de enlucido con la dosificación para mortero

modificada, se tomaron 9 barras de 40x40x160 mm y se probaron según las normas **ASTM C 348** (*resistencia a flexión*) y **ASTM C 349** (*resistencia a compresión*). Con estos resultados realizamos un análisis comparativo.

5.3.1.1 MORTEROS CON CAL + POLVO DE CALIZA

En la tabla 5.3.1 observamos 1 dosificación modificada a partir del patrón **N-1** y se las denominó **N-1.1**. La modificación consistió en el empleo de un aditivo plastificante.

TABLA 5.3.2
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN - TIPO N C/A 1:3 C/Ct 1:0.50

Patrón	Resistencia a la Flexión (MPa)		
	3	7	28
N-1	0.88	2.03	3.63
N-1.1	0.65*	1.24	1.86

TABLA 5.3.4
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - TIPO N C/A 1:3 C/Ct 1:0.50

Patrón	Resistencia a la Compresión (MPa)		
	3	7	28
N-1	5.60	6.25	10.47
N-1.1	3.95*	4.55	6.56

GRÁFICO 5.3.1
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN - TIPO N C/A 1:3 C/Ct 1:0.50

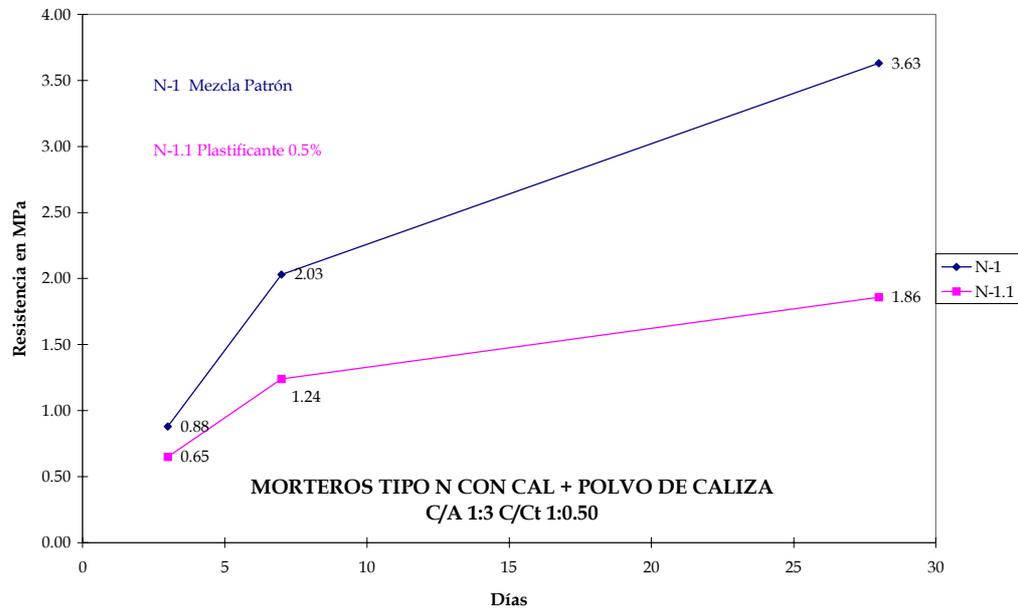
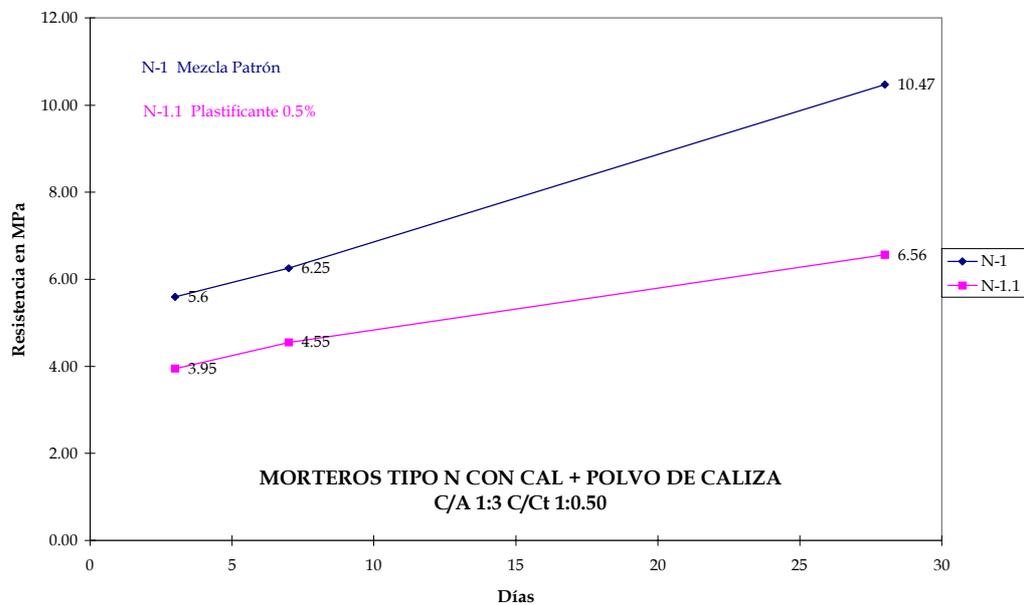


GRÁFICO 5.3.2
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - TIPO N C/A 1:3 C/Ct 1:0.50



En el mortero denominado N-1.1 se pudo verificar una disminución notable de

los valores de resistencia a la flexión (aproximadamente 50% menor que la obtenida para el mortero patrón N-1) y en los valores de resistencia a la compresión (aproximadamente 40% menor a la obtenida para el mortero patrón N-1). En esta modificación no se corrigieron los problemas de falta de trabajabilidad, ni de excesiva exudación y ni del fenómeno del falso fraguado. Al igual que en el análisis realizado anteriormente a los morteros Tipo S, se verificó que un aumento en la dosis de plastificante ocasiona serios problemas de adherencia, por este motivo, se optó por no realizar ninguna otra modificación al mortero patrón N-1.

5.3.2 RELACIÓN CEMENTANTE/ARENA 1:4

Como pudimos observar en los gráficos 5.1.1 y 5.1.2 el mortero patrón N-2 fue el que nos dio los más bajos valores para resistencias a la flexión y a la compresión. Se trató de mejorar sus propiedades mediante el empleo de un plastificante (P_t). (Tabla 5.3.4)

TABLA 5.3.4
CEMENTANTE/ARENA 1:4 - MORTEROS TIPO N

Mortero	N-2.1
Rel. Cemento : Cal	1:0.50
Peso Total Kg	7.7765
Peso Cemento Kg	0.87
Adición Cement. Kg	0.43
Tipo de Cal	C _t .
Peso Arena Kg	5.2
Adiciones	-----.
Aditivos	0.5 % P _t .
Peso Agua Kg	1.270
Relación A/C	0.98
Peso Vol. Kg/m ³	1,807
Cont. de aire (%)	15.97%

Se realizó una muestra de enlucido con cada dosificación para mortero modificada, se tomaron 9 barras de 40x40x160 mm de cada una y se probaron según las normas **ASTM C 348** (*resistencia a flexión*) y **ASTM C 349** (*resistencia a compresión*). Con estos resultados realizamos un análisis comparativo de los morteros.

5.3.2.1 MORTEROS CON CAL + POLVO DE CALIZA

En la tabla 5.3.4 observamos 1 dosificación modificada a partir del patrón N-2 y se las denominó N-2.1. La modificación consistió en el empleo de un aditivo plastificante.

TABLA 5.3.5
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN - TIPO N C/A 1:4 C/Ct 1:0.50

Patrón	Resistencia a la Flexión (MPa)		
	3	7	28
N-2	0.79	1.53	2.07
N-2.1	0.35*	0.66	1.19

TABLA 5.3.6
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - TIPO N C/A 1:4 C/Ct 1:0.50

Patrón	Resistencia a la Compresión (MPa)		
	3	7	28
N-2	3.66	4.50	6.38
N-2.1	3.15*	4.30	5.40*

GRÁFICO 5.3.3
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN - TIPO N C/A 1:4 C/Ct 1:0.50

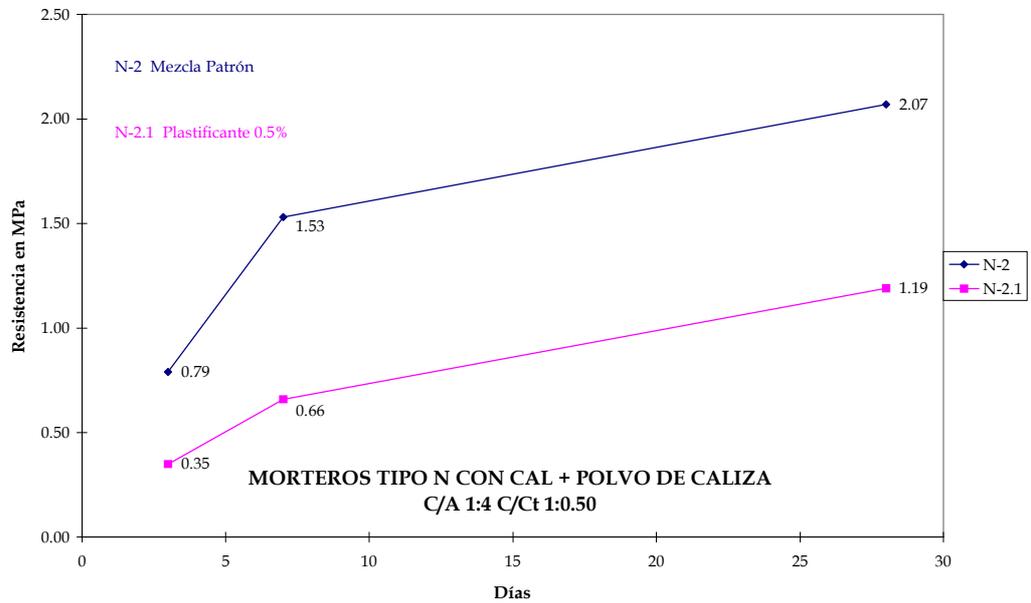
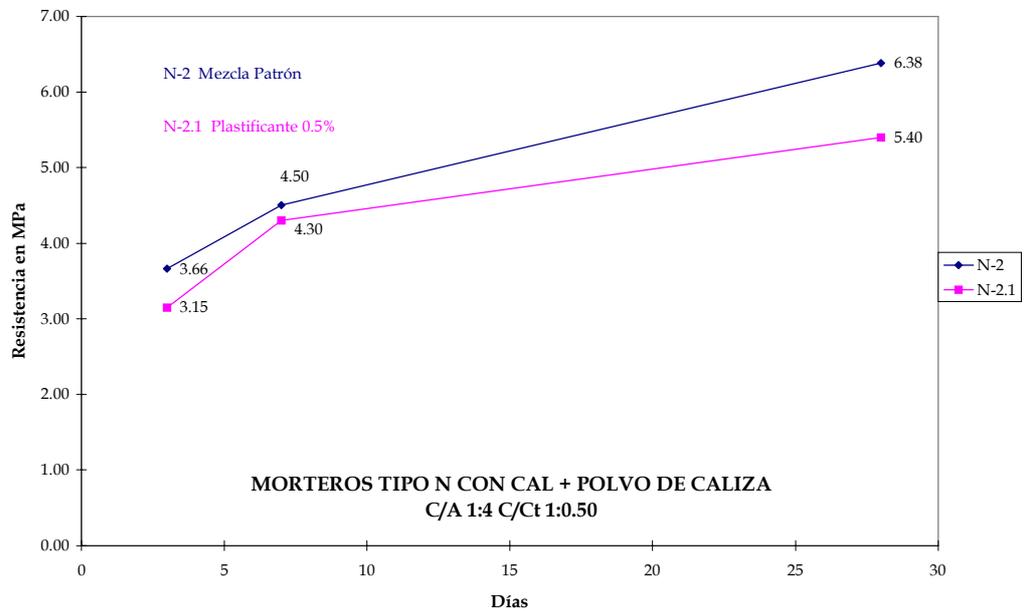


GRÁFICO 5.3.4
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - TIPO N C/A 1:4 C/Ct 1:0.50



El mortero denominado N-2.1 presentó una disminución en los valores de

resistencia a la flexión (aprox. 42% menos que el patrón) y en los valores de resistencia a la compresión (aprox. 15% menos que el patrón). Al igual que en la mezcla N-1.1, no se corrigieron los problemas de falta de trabajabilidad, ni de exudación y ni de falso fraguado, por lo que se desistió de continuar modificando al mortero N-2.

5.4 ANÁLISIS PETROGRAFICO DE LAMINAS DE MORTERO

Con la finalidad de describir con mayor detalle el mortero en estudio y poder apreciar el estado de la pasta cementicia y su relación con los agregados, fibras, aire incorporado, etc.; se decidió confeccionar varias laminas de secciones obtenidas a partir de los morteros ensayados y analizarlas bajo el microscopio petrográfico.

PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS.- Las muestras seleccionadas eran restos inalterados de vigas de morteros ensayadas a la flexión, que para el efecto de la obtención de una lamina delgada de 24 x 44 mm proporcionaron una muestra representativa del mortero; la secuencia de preparación de muestras utilizada fue la convencional para estos propósitos y se encuentra descrita en la norma **ASTM C 856**, las principales operaciones fueron:

- corte con sierra de diamantes
- impregnado al vacío
- pulido en plato con respectivos polvos abrasivos
- chequeo de espesores al microscopio
- colocación de cubre objetos

APARATO PARA EXAMINACIÓN.- Se utilizo un microscopio de luz polarizada marca LEITZ perteneciente al Laboratorio Geológico de

Petroproducción.

EXAMINACIÓN DE MUESTRAS.- Todas las muestras analizadas presentan, aproximadamente la misma repetición de detalles, los que se sintetizan en dos categorías: Pasta Cementicia y Agregados. Las fotografías de dichas laminas se pueden observar en el Anexo 2 "Laminas Petrográficas".

PASTA CEMENTICIA.- En la foto 1 - anexo2 podemos observar en luz transmitida (Nicoles Paralelos) que la pasta de cemento posee su característico color café bronceado, que en algunos casos es más oscuro como en las fotos 5 y 6 - anexo 2.

En las fotos 2 y 3 - anexo 2, tomadas bajo la luz polarizada (Nicoles Cruzados), la pasta presenta una impactante birrefringencia, existe además una importante carbonatación provocada por la utilización de cal en las dosificaciones de los morteros utilizados y una relación A/C relativamente elevada. También se pudo observar la presencia de pocos granos de cemento no hidratados (opacos).

En las fotos 4 y 5 - anexo 2 se aprecia la presencia de fibras sintéticas de polipropileno en el mortero. Estas presentan, en Nicoles Cruzados, colores de alta birrefringencia (rojo, amarillo, verde).

En las fotos 6 y 7 - anexo 2, tomadas de laminas de mezclas en que se utilizó un aditivo incorporador de aire, se aprecia en la pasta la presencia de esferas

de aire que mejoran la consistencia y trabajabilidad del mortero.

AGREGADOS.- El agregado es en casi su totalidad arena de cuarzo cuyo tamaño máximo no supera los 600 μm . Los granos son de angulares a subredondeados por lo que la adición de un incorporador de aire al mortero es indispensable para mejorar la cohesión y trabajabilidad del mismo. Los granos de cuarzo poseen indicios de cohesión superficial, la que debió ocurrir en el yacimiento y no en el poco tiempo de elaborado el mortero (90 días).

Existe la presencia de unos pocos minerales pesados, posiblemente magnetita, circón y rutilo que generalmente están asociados con la arena silicea.

5.5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Luego de haber analizado los resultados de las diferentes dosificaciones de morteros empleadas, se concluye lo siguiente:

- 1) La arena de cuarzo presenta buenas propiedades mecánicas como baja absorción que complementada con otras propiedades como resistencia química permiten confeccionar un buen mortero de enlucido.

Aunque la forma de los granos de la arena va de angulares a subredondeados y, por esta razón, pueden disminuir la trabajabilidad del mortero; existen aditivos especiales para el mortero que ayudan a mejorar esta propiedad; en este trabajo se han utilizado varios aditivos que trabajan como plastificantes e incorporadores de aire.

- 2) De las pruebas realizadas con productos cementantes nacionales se deduce que la mezcla que produjo las mejores condiciones mecánicas y de acabado fue realizada con una relación cementante/arena de 1: 3.
- 3) Los resultados de resistencia a la flexión y de resistencia a la compresión, obtenidos en las pruebas realizadas a los diferentes morteros patrón, fueron elevados (ver tablas 5.1.2 y 5.1.3), más la poca trabajabilidad, la excesiva exudación y el falso fraguado, obligo a utilizar aditivos con la finalidad de mejorar estas propiedades.
- 4) La cal hidratada, empleada en la mezcla S-3, no estaba realmente bien hidratada, por lo que se presentó un falso fraguado a pesar de emplearse

incorporadores de aire para mejorar la trabajabilidad. En vista de esto decidimos no utilizarla para posteriores pruebas.

- 5) El uso de cal + polvo de caliza (que en nuestro medio se comercia con el nombre de Cementina) y el empleo de aditivos plastificantes en las mezclas demostró ser la combinación que mejores resultados presentó, obtuvimos una buena trabajabilidad y una resistencia aceptable (a pesar de estar por debajo de la resistencia especificada por la norma **ASTM C 270**).
- 6) Otras mezclas que dieron buenos resultados fueron aquellas que tenían como adición fibra, la cual aumenta notablemente la resistencia de la mezcla y redujo la fisuración (como resultado del aumento de cohesión), revelándose como un excelente recurso para evitar las fisuras en enlucidos a la intemperie.
- 7) La característica translúcida (neutra) de la arena cuarcífera hace factible la utilización de pigmentos para obtener un mortero de colores. De las diversas pruebas efectuadas se comprobó que los pigmentos de origen sintético dan mayor calidad de color, se emplea en menor porcentaje que los basados en sulfuros y óxidos de hierro naturales.
- 8) El uso de un mortero compuesto por cemento blanco, arena cuarcífera, aditivos plastificantes y la adición de pigmentos, nos permite obtener un mortero de colores que empleado como enlucido, en fachadas de edificios o viviendas, significara un considerable ahorro en los costos de mantenimiento de estas.

Además nos es factible realizar las siguientes recomendaciones:

- Tratar en lo posible de hacer pruebas con los materiales que van a emplearse en el mortero, para conocer sus características y poder así obtener una dosificación adecuada a los requerimientos.
- El uso de aditivos en las proporciones optimas permite obtener un mortero para enlucido de buena trabajabilidad, mayor tiempo de trabajo, mejora el rendimiento y la calidad del acabado final.

APENDICE 1

METODOLOGÍA DEL TRABAJO

METODOLOGÍA DEL TRABAJO

En las siguientes fotografías, podemos apreciar algunos de los equipos utilizados (pertenecientes al C.T.H.), algunas de las pruebas realizadas, a continuación una breve descripción de cada una:

1. Balanza de precisión para pesar los materiales requeridos para las dosificaciones.
2. Tamizadora para obtener la granulometría de la arena cuarcífera.
3. Molde de madera que se empleo para fabricar las barras de 40x40x160 mm.
4. Muestras de pigmentos de óxidos sintéticos (colores amarillo y rojo).
5. Muestra de arena cuarcífera antes de comenzar la mezcla.
6. Muestra de mortero con pigmentos (pigmento azul con base de sulfuros).
7. Muestra de enlucido de mortero con pigmento.
8. Muestra de enlucido de mortero con pigmento.
9. Prensa Hidráulica para las pruebas de resistencia a la flexión y a la compresión.
10. Inicio de rotura a flexión, con apoyo en 3 puntos, de una barra de 40x40x160 mm.
11. Momento en que rompe la barra de 40x40x160 mm.
12. Rotura de barra de 40x40x160 mm, observe los 3 puntos de apoyo redondeados.
13. Inicio de rotura a la compresión.
14. Final de rotura a compresión, obsérvese los aditamentos requeridos para realizar la prueba.



FOTO #1.- Balanza de Precisión.



FOTO #2.- Tamizadora de Agregado Fino.

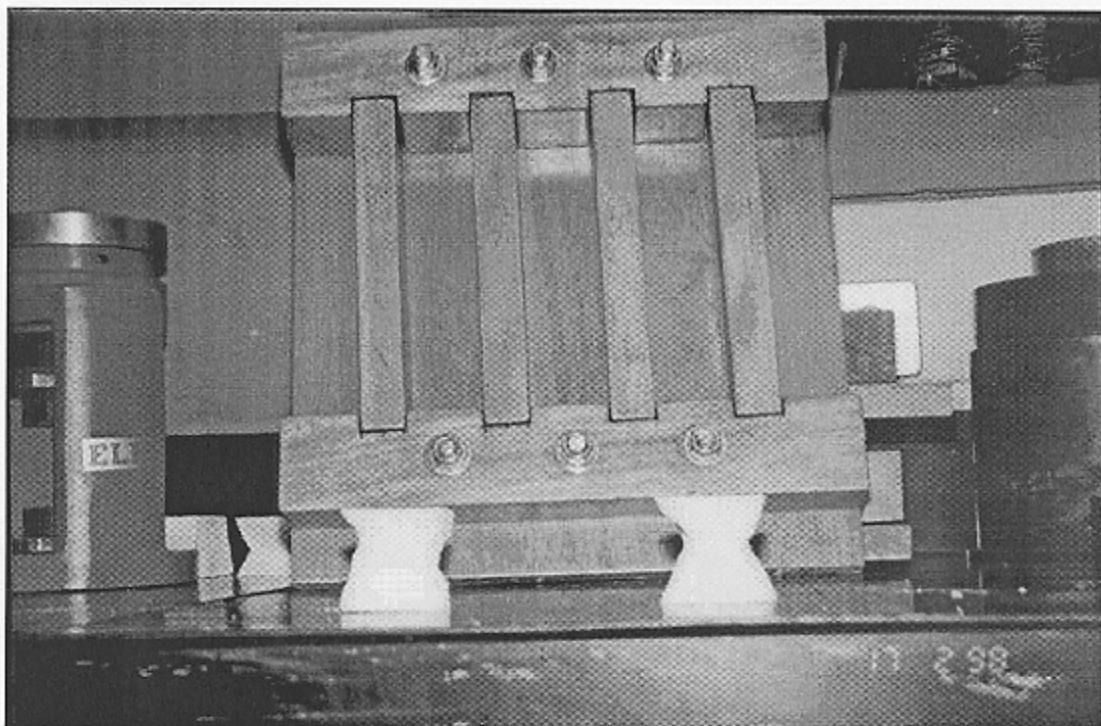


FOTO #3.- Molde para 3 barras de mortero de 40x40x160 mm.



FOTO #4.- Muestras de Pigmentos de óxidos sintéticos.

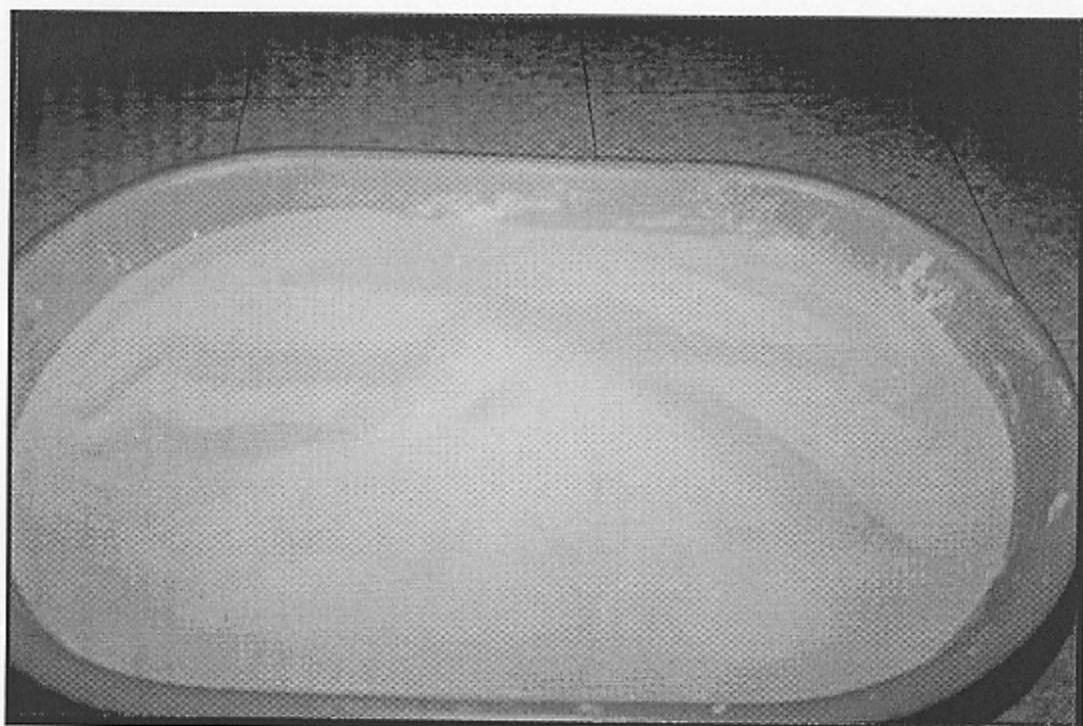


FOTO #5.- Arena Cuarcífera de la Formación Hollín.

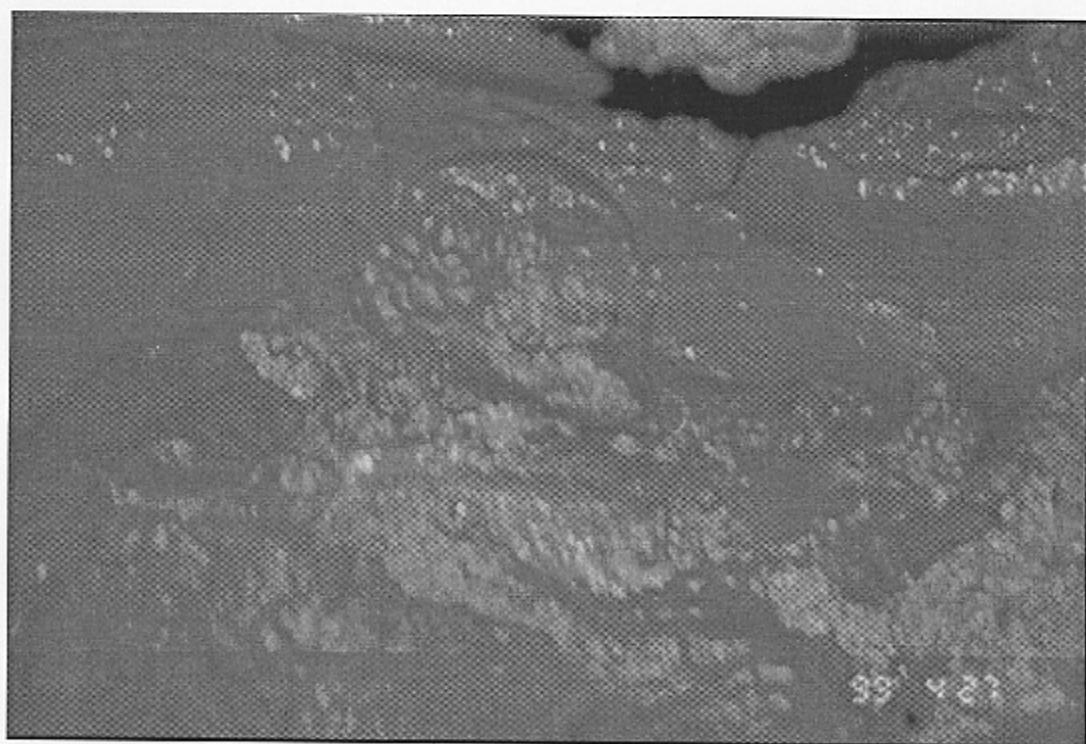


FOTO #6.- Mezcla de Mortero con Pigmento.



FOTO #7.- Muestra de enlucido de un Mortero con pigmento.



FOTO #8.- Muestra de enlucido de un Mortero con Pigmento.

empleados.

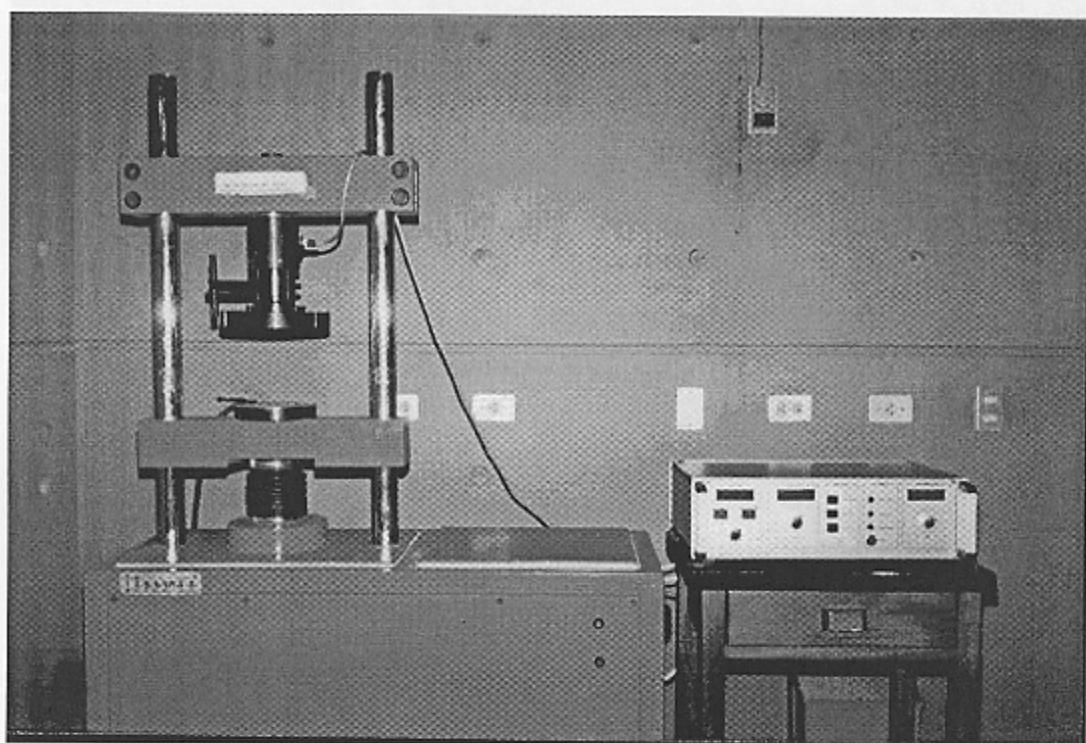


FOTO #9.-Prensa empleada en las pruebas de resistencia.

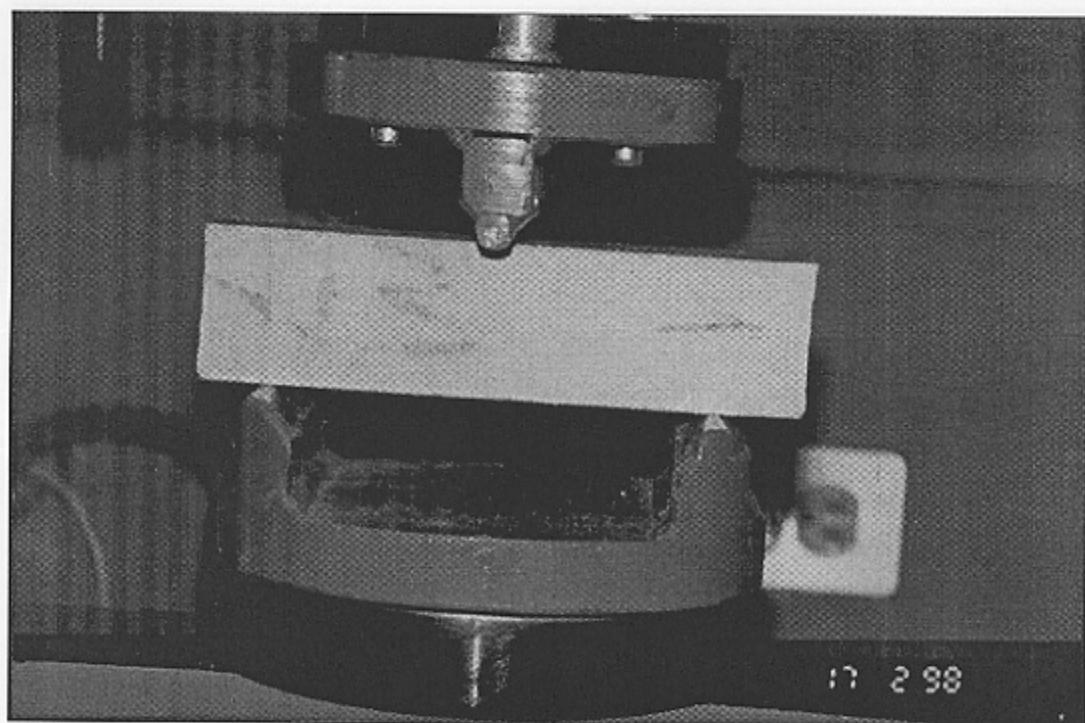


FOTO #10.-Rotura a Flexión, obsérvese los aditamentos empleados.

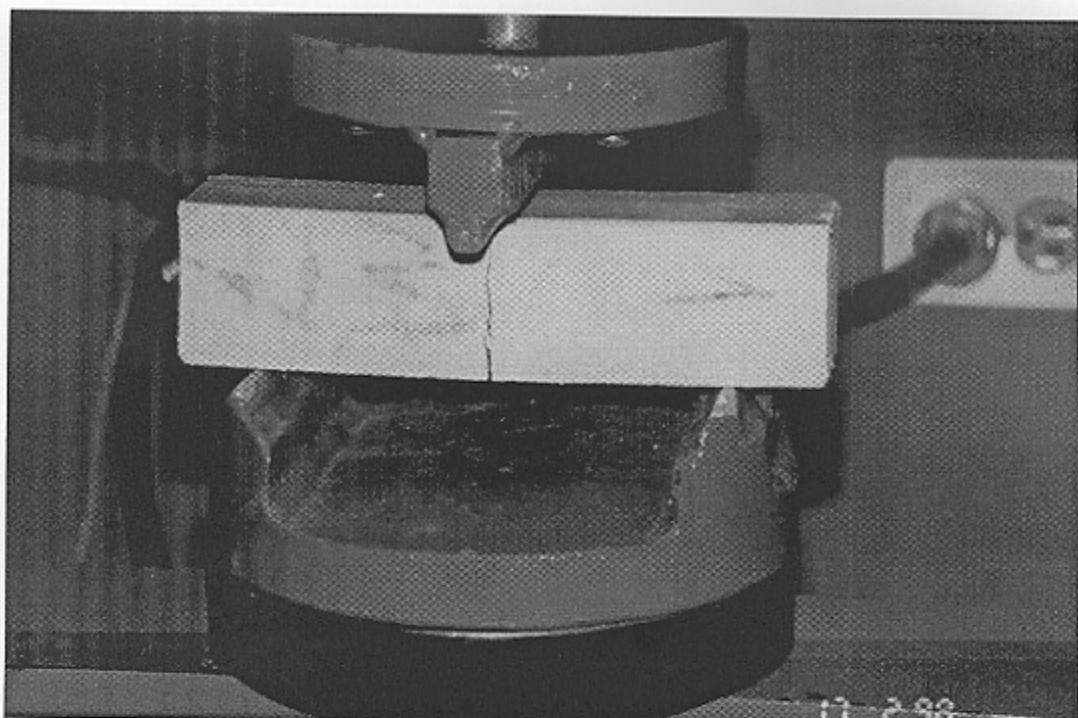


FOTO #11.-Momento en que falla una barra de 40x40x160 mm.

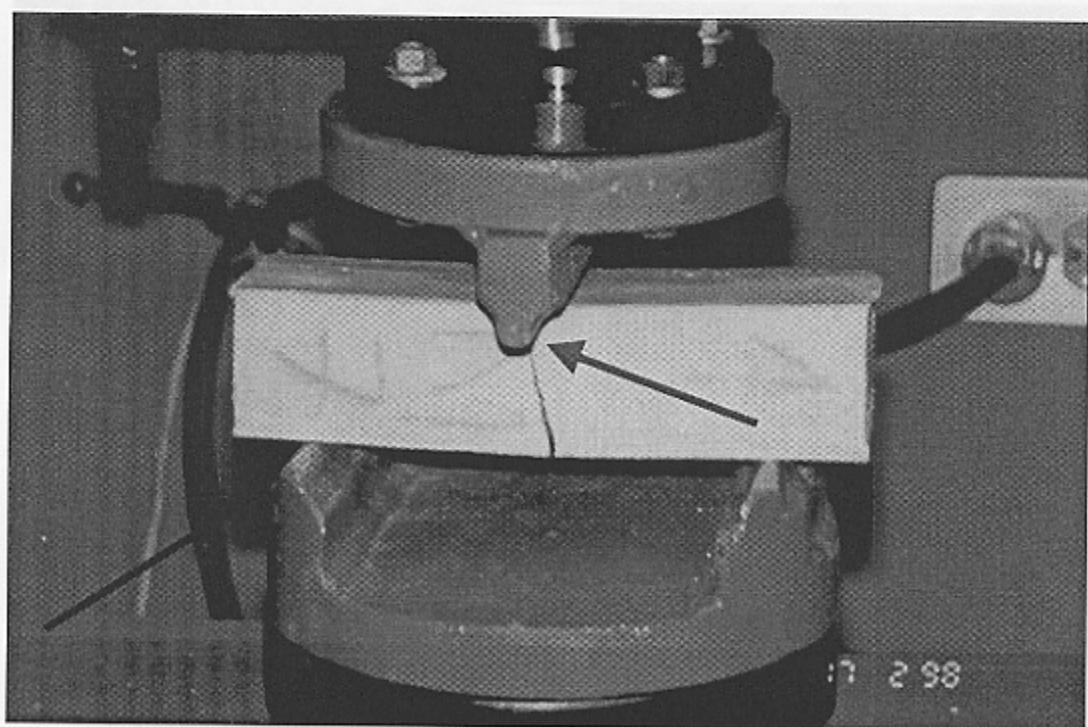


FOTO #12.-Notese que los puntos de apoyo son redondeados.

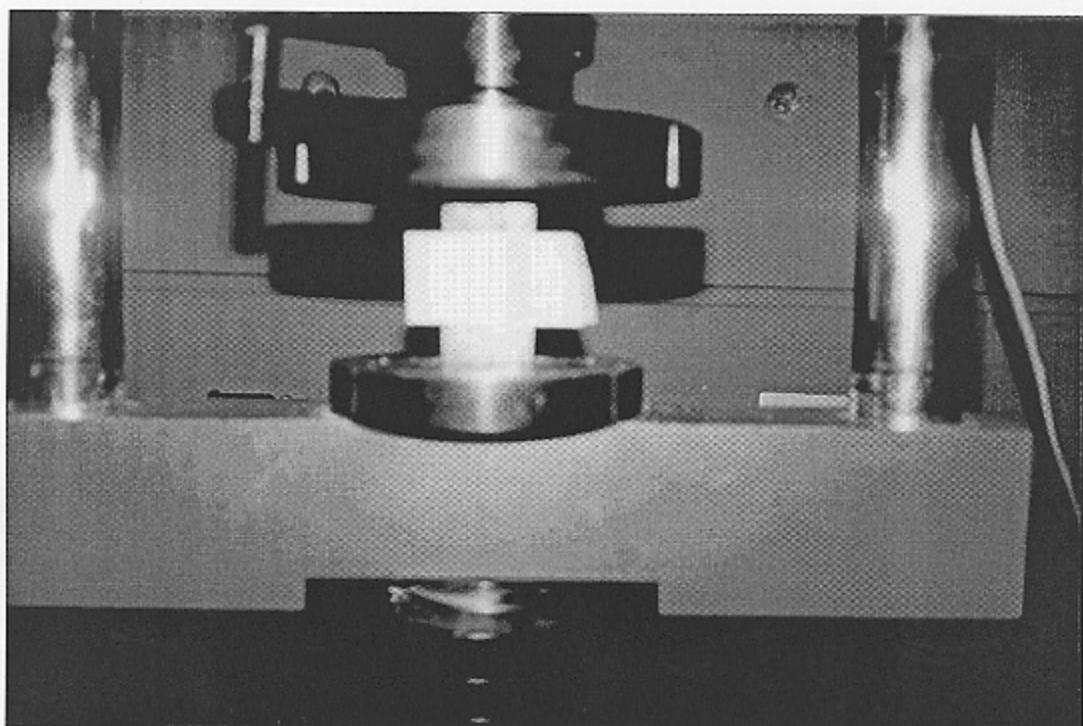


FOTO #13.-Resistencia a la compresión en un pedazo de la barra.

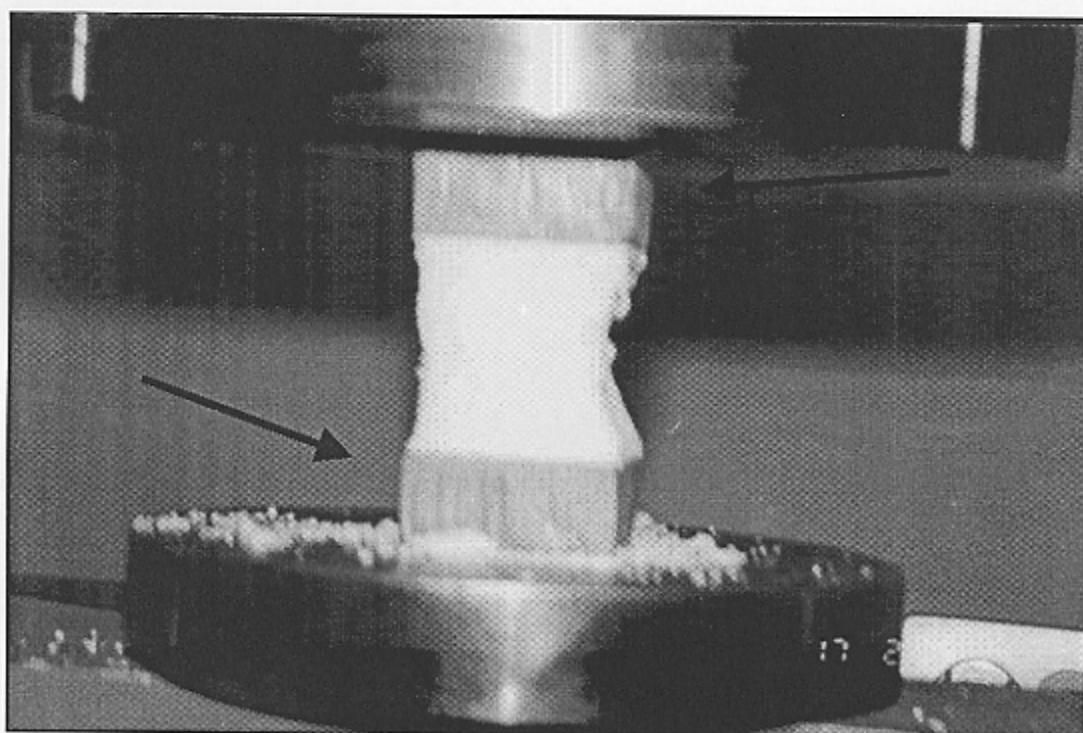


FOTO #14.-Final de la prueba, obsérvese aditamentos.

APENDICE 2

LAMINAS PETROGRÁFICAS

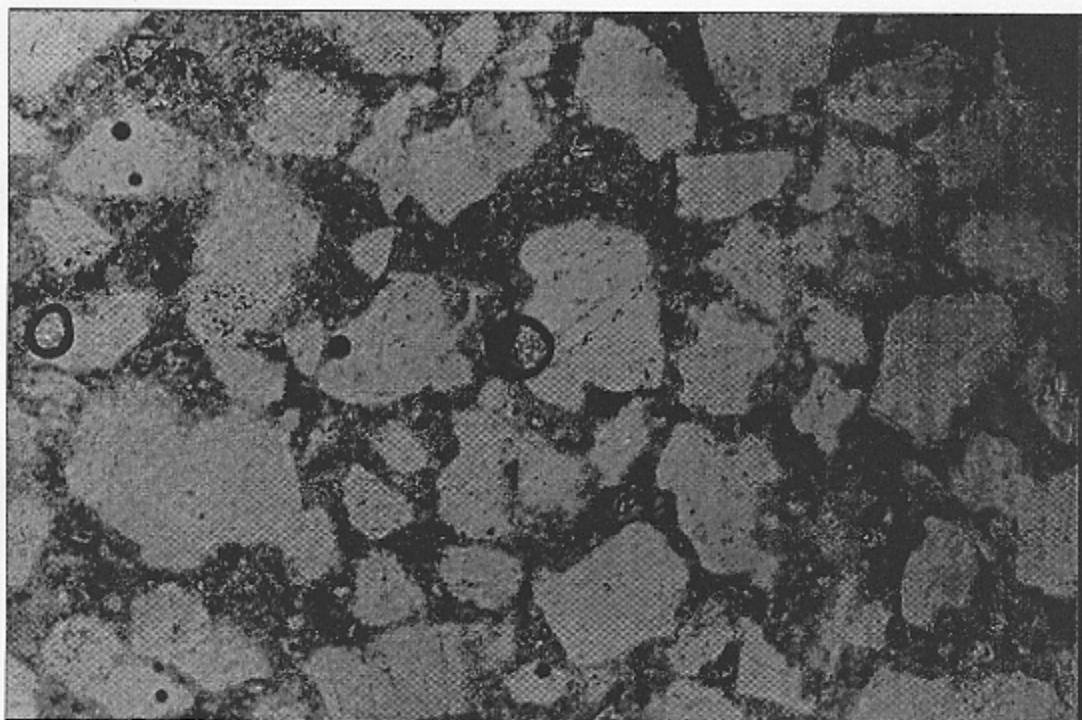


FOTO #1.-Vista en Nicales Paralelos de la pasta de cemento.

cemento no hidratados (opaco).

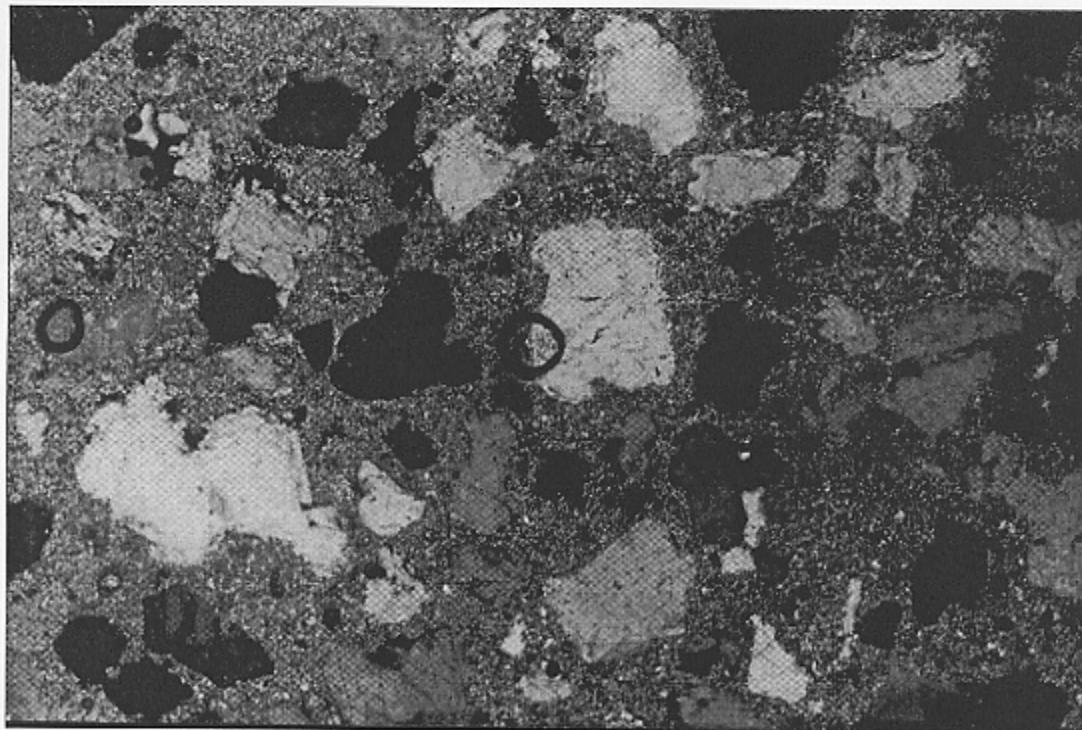


FOTO #2.-Vista en Nicales Cruzados, notece la carbonatación provocada por el empleo de cal y por la elevada relación A/C.

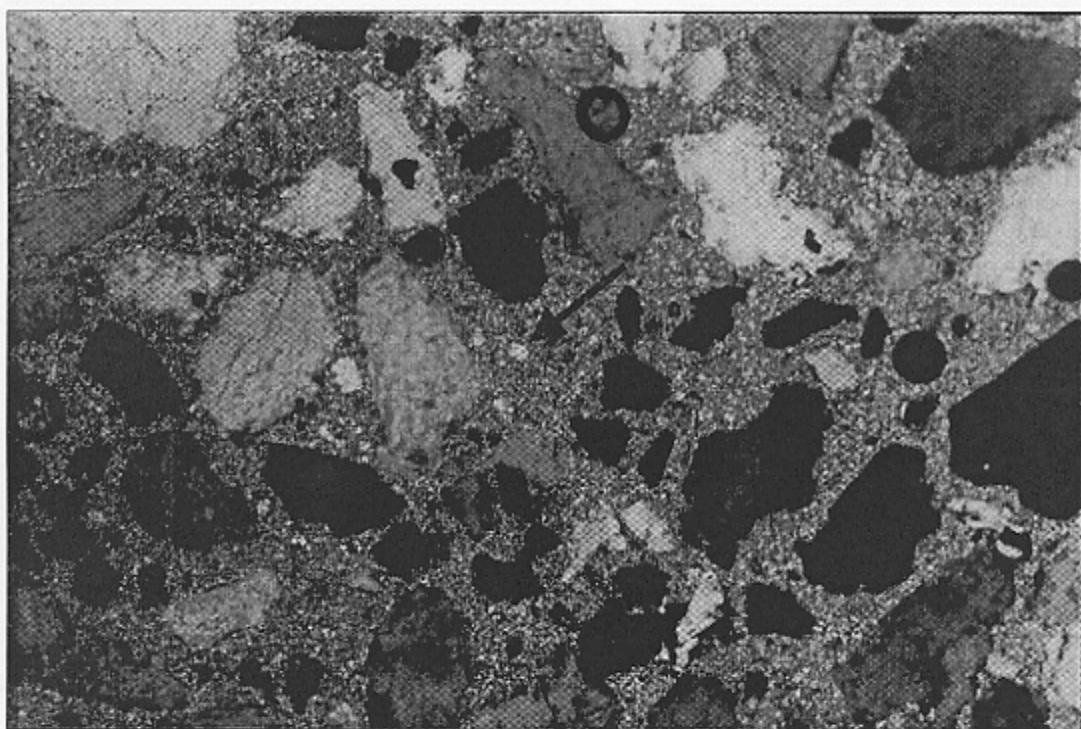


FOTO #3.-Vista en Nicales Cruzados, obsérvese granos de cemento no hidratados (opacos).

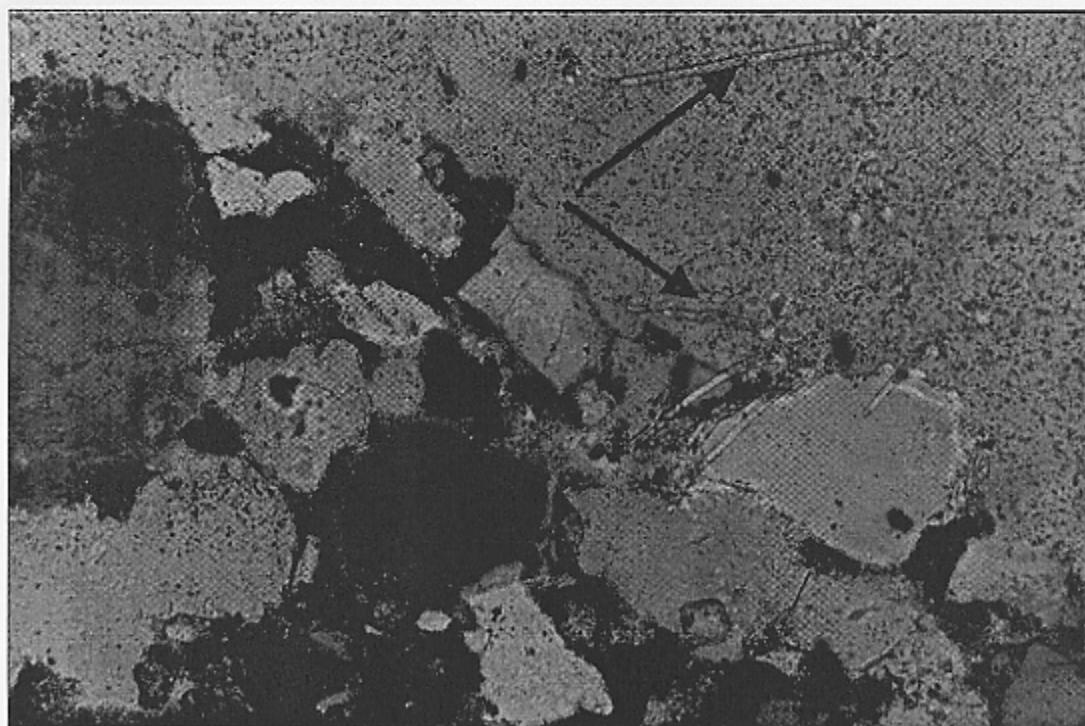


FOTO #4.-Obsérvese las fibras sintéticas de polipropileno.

mejoran la consistencia y trabajabilidad del mortero.

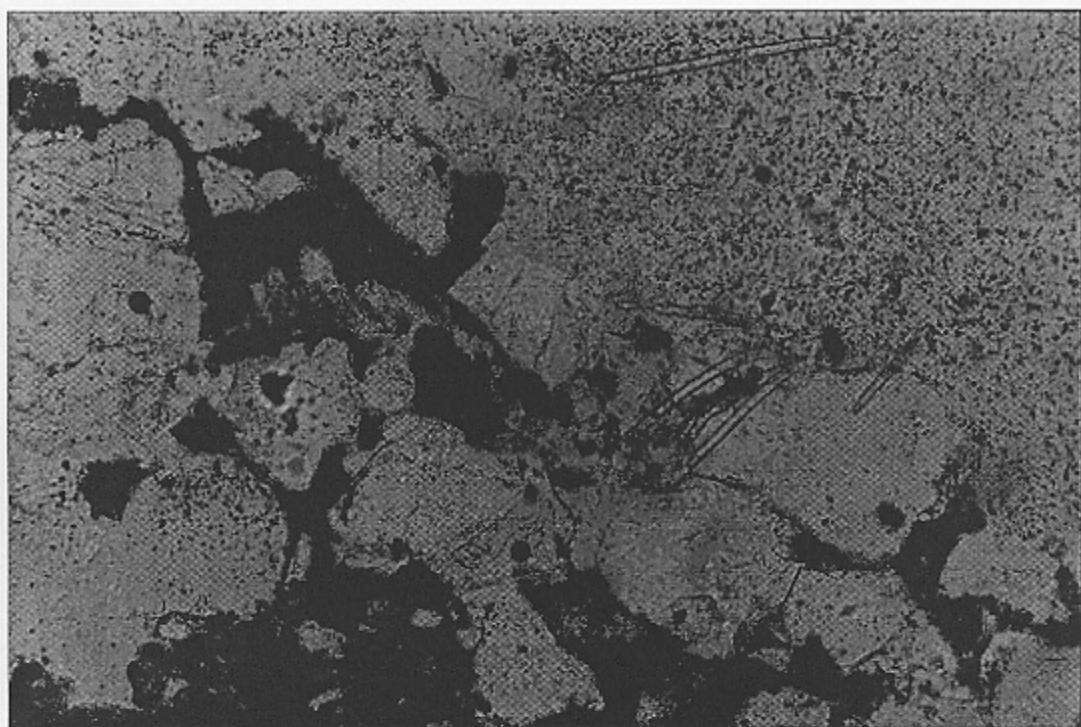


FOTO #5.-Otra vista de las fibras sintéticas de polipropileno.

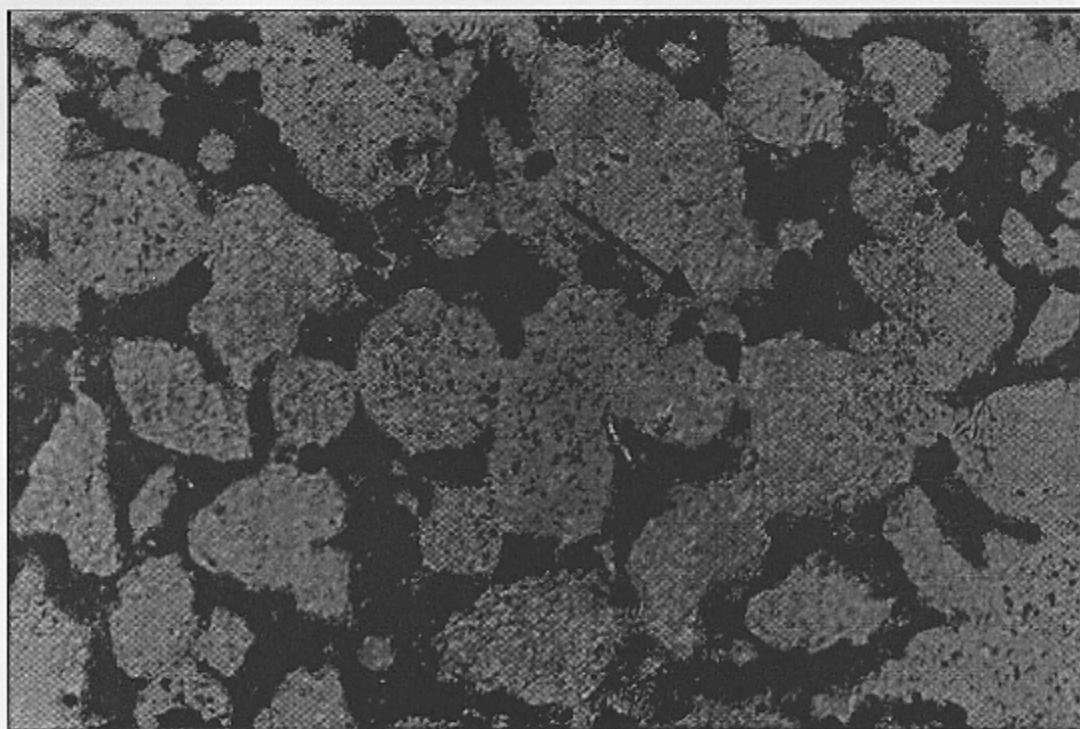


FOTO #6.-Se aprecian esferas de aire (incorporador de aire), que mejoran la consistencia y trabajabilidad del mortero.

BIBLIOGRAFIA

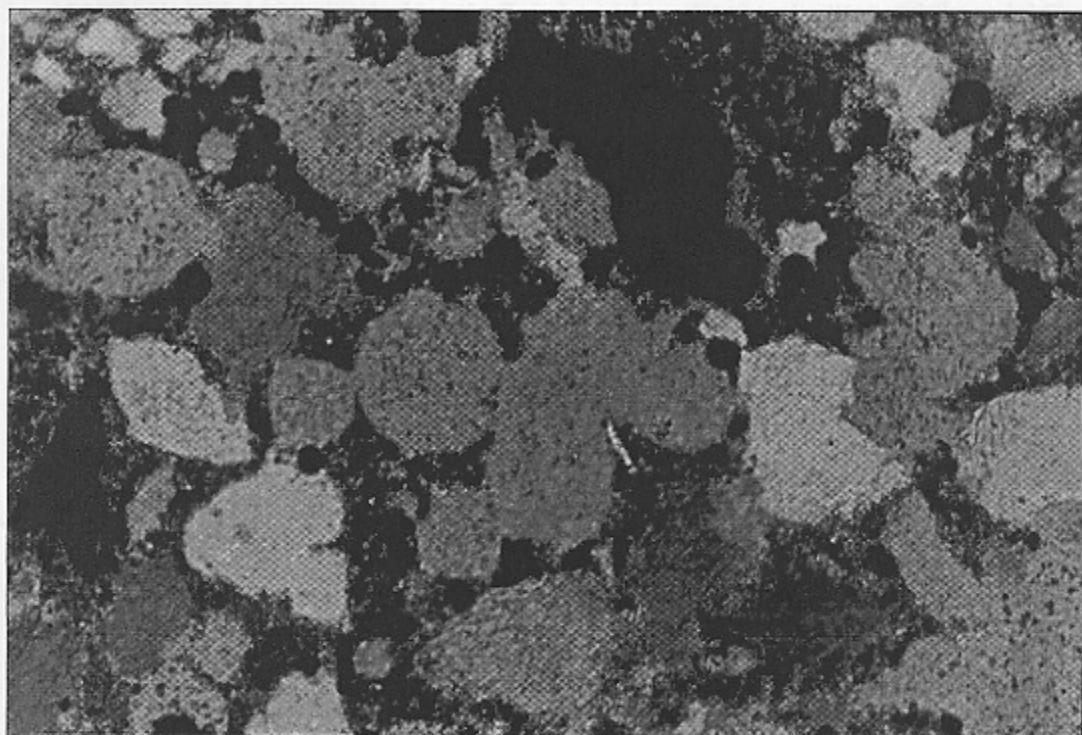


FOTO #7.-Se aprecian también esferas de aire (incorporador de aire), que mejoran la consistencia y trabajabilidad del mortero.

BIBLIOGRAFIA

1. MANUAL DEL MORTERO - Hernán Zabaleta y Juan Egaña - Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón - pgs. 9, 12-16, 59-60, 19-24, 27-42,63
2. CEMENTO PORTLAND - Ing. Leonardo Carrión Bravo, 1995 - Centro Técnico del Hormigón - pgs. 2, 4, 12
3. DISEÑO Y CONTROL DE MEZCLAS DE CONCRETO - Steven H. Kosmatra y Willeam C. Panarece,1992- Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto - pgs. 13-14, 22-23
4. MORTERO - Recopilación de artículos de la revista Masonry Construction - The Aberdeen Group - pgs. 12-15, 36-39, 5-8
5. UTILIZACIÓN DE FIBRAS DE POLIPROPILENO COMO REFUERZO EN EL HORMIGÓN, PROPIEDADES Y SU APLICACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS - Trabajo de grado de Renato Cecovilli Santos, 1993 - Universidad Católica Santiago de Guayaquil - pgs. 6-8, 34-37
6. LEXIQUE STRATIGRAPHIQUE INTERNACIONAL Vol. 5 AMERIQUE LATINE ECUADOR - C.R. Bristow y R. Hoffletter, 1977 - Union Internationale de Sciences Geologiques.
7. GEOLOGIA DEL ECUADOR - Dr. J.W. Baldock, 1982-pg. 20
8. ANNUAL BOOK OF ASTM STANDARDS Vol 04-02
9. NORMAS INEN