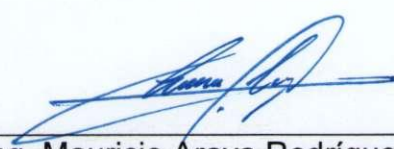


CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DE PROYECTO DE GRADUACIÓN


Proyecto de Graduación defendido públicamente ante el Tribunal Evaluador, integrado por los profesores Ing. Gustavo Rojas Moya, Ing. Mauricio Araya Rodríguez, Ing. Karla López Achío, Ing. Jorge Solano Jiménez, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.



Ing. Gustavo Rojas Moya.
Director



Ing. Mauricio Araya Rodríguez.
Profesor Guía



Ing. Karla López Achío.
Profesora Lectora



Ing. Jorge Solano Jiménez.
Profesor Observador

Instituto Tecnológico de Costa Rica
Escuela de Ingeniería en Construcción

Resistencia del mortero hidráulico a cinco edades diferentes utilizando cinco tipos
de cemento nacional

Proyecto final de graduación para optar por el grado de
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Natalia María Chinchilla Mora

Cartago, Febrero 2016.

**Resistencia del mortero
hidráulico a cinco edades
diferentes utilizando cinco tipos
de cemento nacional.**

Abstract

This project shows a study on the results obtained by analyzing the behavior of the compressive strength of the hydraulic mortar at advanced ages (7, 14, 28, 56 and 90 days) using cement of national origin of type UG (two brands), UG-AR (two brands) and MP (a brand) and two kinds of fine aggregate (River and Quarry).

Generated curves of resistance against age for each type of mixture, which currently do not exist in the country for which the Instituto Costarricense del Cemento y del Concreto (ICCYC) supports this idea since it is of national interest have real information according to the conditions in the country.

The development of this project was an experimental design, design of several factors was used for each age in study, which is a means to reduce and control the variance of the experimental error in order to achieve greater accuracy, subsequently was the characterization of fine aggregates to meet their quality and make a comparison between them, then a statistical analysis was made to the data of the different mixtures (treatments) obtained in the compressive strength tests to know the behavior of the same, finally arose curves of compressive strength with their respective confidence intervals, with parameters appropriate to the national context and real. In addition, by means of the Tukey test data suggested the combination Quarry * Brand B - UG is the most optimal, with a range of resistance to the 90 days of 43,01 MPa to 48.83 MPa

Key words:

Cement, sand, mortar, resistance, compression

Resumen

El presente proyecto muestra un estudio sobre los resultados obtenidos al analizar el comportamiento de la resistencia a la compresión del mortero hidráulico a edades avanzadas (7, 14, 28, 56 y 90 días) utilizando cemento de origen nacional de tipo UG (dos marcas), UG-AR (dos marcas) y MP (una marca) y con dos tipos de agregado fino (río y tajo).

Se generaron curvas de resistencia contra edad para cada tipo de mezcla, las cuales actualmente no existen en el país por lo que el Instituto Costarricense del Cemento y del Concreto (ICCYC) respalda esta idea ya que es de interés nacional contar con información real según las condiciones presentes en el país.

Para el desarrollo de este proyecto se realizó un diseño experimental, se utilizó el diseño de varios factores para cada edad en estudio, el cual es un medio para reducir y controlar la varianza del error experimental con el fin de lograr una mayor precisión, posteriormente se realizó la caracterización de los agregados finos para conocer su calidad y realizar una comparación entre ellos, luego se efectuó un análisis estadístico a los datos de las diferentes mezclas (tratamientos) obtenidos en los ensayos de resistencia a compresión para conocer el comportamiento de los mismos, finalmente se presentaron curvas de resistencia a la compresión con sus respectivos intervalos de confianza, con parámetros reales y acordes al contexto nacional. Además, mediante la prueba de Tukey los datos sugirieron que la combinación Tajo * Marca B- UG es la más óptima, con un intervalo de resistencia a los 90 días de 43,01 MPa a 48,83 MPa.

Palabras clave:

Cemento, arena, mortero, resistencia.

**Resistencia del mortero
hidráulico a cinco edades
diferentes utilizando cinco tipos
de cemento nacional.**

Resistencia del mortero hidráulico a cinco edades diferentes utilizando cinco tipos de cemento nacional

NATALIA MARÍA CHINCHILLA MORA

Proyecto final de graduación para optar por el grado de
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Febrero del 2016

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

Contenido

PREFACIO	1
RESUMEN EJECUTIVO.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
MARCO CONCEPTUAL.....	5
METODOLOGÍA.....	19
ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	54
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	58
REFERENCIAS	60
APÉNDICES	62
ANEXOS.....	63

Prefacio

Actualmente a nivel internacional no existe información suficiente que esté respaldada estadísticamente respecto a la resistencia del mortero hidráulico, usualmente se utiliza como referencia las curvas presentadas por el ingeniero Diego Sánchez de Guzmán en su libro *Tecnología del concreto y del mortero*, en las cuales se presenta el comportamiento de la resistencia del mortero con respecto a la relación agua/ cemento, no obstante dichas curvas suelen realizarse con resistencias medidas a los 28 días de edad por lo que no se cuenta con dicha información a edades avanzadas.

Como respuesta a la necesidad de poseer datos reales de la resistencia a la compresión del mortero desarrollada a edades avanzadas, información que actualmente no existe en el país, surge la idea de este proyecto por parte del Instituto; otra razón de interés es la variación en el comportamiento habitual del cemento en lo que respecta a resistencia que se ha presentado en los últimos tiempos. Cabe mencionar que el ICCYC es una entidad de interés general, no lucrativa, promovida por los fabricantes de cemento y productores de concreto del país, la cual se dedica a la enseñanza y difusión de las técnicas del buen uso del cemento y las mezclas que lo involucran en la industria de la construcción en general.

El principal interés del proyecto es generar las curvas de resistencia a la compresión a edades avanzadas, para una dosificación de mortero hidráulico (1:3 – cemento: arena), en el que el parámetro principal a respetar será la medición del flujo ($110 \pm 5\%$), de esta manera todas las mezclas se rigen bajo los mismos parámetros de proporción y consistencia. El mismo consistirá en realizar ensayos de resistencia a la compresión a cubos de mortero a cinco diferentes edades (7, 14, 28, 56 y 90 días) utilizando cinco tipos de cemento nacional (Tipo UG (dos marcas), UG-AR (dos

marcas), MP (una marca aún por definir)) y dos tipos de agregado fino (río y tajo).

Agradecimientos:

Principalmente a mi familia, a mi mamá Vera Lucila Chinchilla Mora y a mi hermano mayor Miguel Chinchilla Mora, quienes me han apoyado incondicionalmente y siempre me han guiado con sus consejos, no sólo durante este proyecto sino durante mi vida como estudiante.

A mi abuelita Judith Mora Umaña, a quien perdí durante el desarrollo de este proyecto pero quien desde ese momento se encuentra siempre a mi lado guiándome en cada decisión y cada paso que doy.

Al Instituto Costarricense del Cemento y del Concreto (ICCYC), especialmente a la Ing. Karla López y al Ing. Jorge Solano, quienes confiaron en mí para la realización de este proyecto, así como al personal del Centro de Investigación en Vivienda y Construcción (CIVCO) y de *LabCIVCO* que estuvieron involucrados en el proyecto.

Al Ing. José Andrés Araya, profesor e investigador del CIVCO, por su apoyo en el área de estadística y los conocimientos brindados.

A mi profesor guía el Ing. Mauricio Araya Rodríguez, por su asesoramiento y apoyo durante todo este proceso.

Natalia María Chinchilla Mora

Resumen ejecutivo

Como es del conocimiento de muchos, existe muy poca información acerca del comportamiento de la resistencia del mortero hidráulico a edades avanzadas, ya sea que es muy antigua o tiene condiciones muy restringidas. Actualmente la información que se usa como referencia es la presentada en el libro del ingeniero Diego Sánchez de Guzmán, Tecnología del concreto y del mortero, cuyas curvas de resistencia están diseñadas para dos tipos de arenas y cada una con diferentes módulos de finura, en dichas gráficas se evalúa la resistencia según su relación agua/cemento.

En el presente proyecto se generaron curvas de resistencia a la compresión para mortero hidráulico a cinco edades (7, 14, 28, 56 y 90 días), con cinco clases de cemento nacional (Tipo UG (dos marcas), UG-AR (dos marcas), MP (una marca) y con dos tipos de agregado fino (río y tajo), las cuales actualmente no existen en el país por lo que el Instituto Costarricense del Cemento y del Concreto (ICCYC) respalda esta idea ya que es de interés nacional contar con información real según las condiciones presentes en el país.

Para el desarrollo de este proyecto se aplicó un diseño experimental en el cual se utilizó el diseño de varios factores para cada edad en estudio, ya que es una forma para reducir y controlar la varianza del error experimental con el punto de obtener una precisión mayor.

Posteriormente, se procedió a realizar los ensayos de laboratorio necesarios según las normas ASTM (American Society of Testing Materials). Primeramente, se realizó la caracterización de los agregados finos para conocer su calidad y realizar una comparación entre ellos, luego se ejecutaron los ensayos correspondientes a la fabricación de cubos de mortero.

Al finalizar las fallas y tener los resultados del ensayo de resistencia a la compresión se efectuó un análisis estadístico a los datos de las diferentes mezclas (tratamientos) para conocer el comportamiento de los mismos y la existencia o no de diferencias significativas entre los grupos de datos.

Finalmente, se presentaron curvas de resistencia a la compresión con sus respectivos intervalos de confianza, para así brindar parámetros reales y acordes al contexto nacional. Gracias a estas curvas fue posible apreciar gráficamente el desarrollo de las resistencias, teniéndose aproximadamente porcentajes de incremento a los 56 días de 11% y a los 90 días de 19%.

Cabe destacar que debido a la gran importancia de estos tipos de proyectos y al gran impacto que generan en el sector construcción, para el ICCYC es de suma relevancia que lleguen a pertenecer a una línea de investigación del CIVCO, por lo que para este proyecto todos los materiales requeridos fueron donados por dicha institución (cementos y agregados finos), además como existe un convenio entre esta y el Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC) específicamente con el Centro de Investigación en Vivienda y Construcción (CIVCO) y al ser un proyecto de interés nacional, el costo de los ensayos requeridos fue cubierto por el CIVCO.

Introducción

El presente estudio muestra el comportamiento de la resistencia a la compresión del mortero hidráulico a edades avanzadas, en el cual se utilizaron cinco clases de cemento nacional (Tipo UG (dos marcas), UG-AR (dos marcas), MP (una marca) y dos tipos de agregado fino (río y tajo) para la elaboración de las diferentes mezclas de mortero hidráulico con una dosificación 1:3 (cemento: arena), respetando principalmente la medición del flujo ($110 \pm 5\%$) para que las mezclas sean consideradas plásticas y estén regidas por los mismos parámetros de consistencia y proporción.

Para la confección de las mezclas de mortero hidráulico se utilizaron agregados finos de origen nacional, los cuales fueron caracterizados bajo las Normas ASTM y se demostró que eran de buena calidad y que sus características eran las adecuadas para las mezclas de mortero.

Luego, se realizaron los ensayos de resistencia a la compresión a cubos de mortero a cinco diferentes edades (7, 14, 28, 56 y 90 días) y con los datos obtenidos se hizo el análisis estadístico para cada uno de los grupos de datos.

Se aplicó un análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo (Anova) para cada edad con el fin de verificar la existencia de diferencias significativas entre las medias de los distintos grupos estudiados.

Posteriormente, al rechazarse la hipótesis nula en el análisis de varianza se aplicó la prueba de Tukey para determinar en cuáles combinaciones se presentan diferencias significativas y así detectar para cada una de las edades de falla el nivel de cada factor y combinación que posiblemente presente el mayor valor de resistencia.

Luego, se generaron las curvas de resistencia a la compresión para cada una de las mezclas con su respectivo intervalo de confianza para las edades de 7, 14, 28, 56 y 90 días.

Fue necesario realizar cada uno de los procedimientos descritos con el propósito de cumplir el objetivo general propuesto, el cual consiste en analizar el comportamiento de la

resistencia a la compresión del mortero hidráulico a cinco edades diferentes y con cinco clases de cemento nacional (Tipo UG, UG-AR, MP).

Objetivo General

- Analizar el comportamiento de la resistencia a la compresión del mortero hidráulico a cinco edades diferentes y con cinco clases de cemento nacional (Tipo UG, UG-AR, MP).

Objetivos Específicos

- Realizar la caracterización de los agregados finos (tajo y río) con el fin de verificar su calidad y además compararlos entre sí.
- Desarrollar curvas de resistencia a la compresión a edades avanzadas para obtener una estimación del comportamiento del mortero para una dosificación de 1:3 y una medición de flujo de $110 \pm 5\%$.
- Determinar el efecto del tipo de cemento y del tipo de arena en la determinación de la resistencia a la compresión de morteros para las condiciones experimentales planteadas.
- Brindar especificaciones y recomendaciones para la elaboración de morteros con base a los resultados obtenidos.

Limitaciones

Con respecto al proceso de caracterización de agregados, moldeo y falla de cubos de mortero hidráulico se tuvieron las siguientes limitaciones:

- El agregado fino (arena de tajo y de río) no cumplía con las especificaciones granulométricas establecidas en la norma ASTM C-144.
- Debido a que el CIVCO se encontraba en proceso de acreditación ante el ECA la disponibilidad de equipo y personal se vio comprometida, lo cual generó dificultades en la coordinación de los ensayos y para evitar mayores atrasos en el proyecto las últimas 8 mezclas debieron realizarse en 4 días, fabricándose dos mezclas por día (30 cubos para cada muestra).
- Para la fabricación de los cubos de mortero fueron asignados dos técnicos diferentes.
- Uno de los técnicos designado contaba con mayores conocimientos y experiencia en los ensayos que el otro.
- Debido a que no se tenía mayor cantidad de moldes y por no contar con tiempo suficiente, sólo se tuvo una muestra de 6 cubos para cada edad de falla, para un total de 30 cubos por mezcla.
- No fue posible programar fallas para edades mayores a los 90 días, esto debido principalmente al tiempo establecido para este tipo de proyectos.

En lo que respecta al análisis estadístico de los datos éste se basó en las pruebas efectuadas con el complemento de análisis estadístico de Excel 2013 y con el software Minitab 17.

- Para cada mezcla de mortero se contó con 6 repeticiones por edad de falla (7, 14, 28, 56 y 90 días).
- El error no controlado fue elevado debido a algún factor externo que no fue estimado.
- No se contó con información previa sobre resistencias desarrolladas por mortero hidráulico que cumplieran con las mismas condiciones (tipo de arena y de cementos) con las que se desarrolló este proyecto.
- Debido a que el error no controlado fue tan alto para la mayoría de las edades (7, 28

y 56 días), no es recomendable ser concluyente con los resultados obtenidos del análisis, debido a esto no fue posible elaborar una ficha técnica para elaboración de morteros.

Marco Conceptual

Fundamentos del mortero

Definición

El mortero es la mezcla de un material aglutinante, un material de relleno o sea agregado fino, agua y de ser necesario algún aditivo, que al endurecerse llega a tener propiedades (físicas, químicas y mecánicas) similares al concreto. Este material es utilizado en la construcción de muros, en lo que respecta a la pega de piezas de mampostería y también para el recubrimiento de los mismos (repello).¹

Componentes

Cemento²

Es un polvo fino que cuando se mezcla con el agua se convierte en un pegamento (proceso de hidratación) que mantiene los agregados unidos en el concreto. El cemento hidráulico es aquel que fragua y endurece por interacción química con el agua y es capaz de hacerlo bajo ella.

Tipos de cemento³

Cemento portland (tipo 1-RTCR): cumple con las especificaciones físicas de la norma ASTM C150 para el cemento tipo 1, es un cemento hidráulico producido al pulverizar clinker y una o más formas de sulfato de calcio como adición de molienda.

Cemento hidráulico modificado con puzolana (tipo MP-RTCR): cemento hidráulico que consiste en una mezcla homogénea de clinker, yeso y puzolana (y otros componentes minoritarios), producida por molienda conjunta o separada.

Cemento hidráulico modificado con escoria (tipo MS-RTCR): cemento hidráulico que consiste en una mezcla homogénea de clinker, yeso y escoria granulada de alto horno (y otros componentes minoritarios), producida por molienda conjunta o separada.

Cemento hidráulico de uso general (tipo UG-RTCR): cemento hidráulico que consiste en una mezcla homogénea de clinker, yeso y otros componentes minerales producida por molienda conjunta o separada.

Modificaciones:

Los cementos mencionados anteriormente pueden tener las siguientes modificaciones, las cuales deberán ser indicadas en su empaque respectivo:

- **A:** cemento hidráulico con resistencia al congelamiento (mediante dispersión de burbujas de aire en el concreto producido).
- **AR:** cemento hidráulico de alta resistencia inicial.
- **AS:** cemento hidráulico de alta resistencia a los sulfatos.
- **BL:** cemento blanco.
- **BH:** cemento hidráulico de bajo calor de hidratación (en caso de requerirse una mayor cantidad de puzolana debe estar adecuadamente indicada, así como debe existir una especificación aprobada por el cliente).

¹ (Sánchez de Guzmán, 1993)

² (ASTM C-1180, 2003)

³ (RTCR 383, 2004)

- **BR:** cemento hidráulico de baja reactividad a los agregados reactivos a los álcalis (deben cumplir con los parámetros para baja reactividad a los agregados reactivos a los álcalis).
- **MH:** cemento hidráulico de moderado calor de hidratación.
- **MS:** cemento hidráulico de resistencia moderada a los sulfatos.

Cemento de albañilería (cemento para mortero): cemento hidráulico, usado principalmente en albañilería o en preparación de

mortero el cual consiste en una mezcla de cemento hidráulico o tipo Portland y un material que le otorga plasticidad (como caliza, cal hidráulica o hidratada) junto a otros materiales introducidos para aumentar una o más propiedades, tales como el tiempo de fraguado, trabajabilidad, retención de agua y durabilidad.

En el *Cuadro 1* se establecen los requerimientos físicos y los principales componentes de los cementos y en el *Cuadro 2* se presentan las principales aplicaciones recomendadas para cada tipo de cemento.

CUADRO 1. REQUERIMIENTOS FÍSICOS Y COMPONENTES PRINCIPALES DE LOS CEMENTOS

Tipo de Cemento	Prueba ASTM Aplicable	MP-RTCR	UG -RTC R	MS-RTC R	TIPO I-RTCR	TIPO I-RTCR /AR	MP -RTCR /AR
Superficie específica. m ² /kg (min)	C204	(1)	(1)	(1)	280	—	(1)
Finura pasante en malla 0.045 m/m (.325) min. %	C430	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
Cambio de longitud -Autoclave, máx. %	C151	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Tiempo de fragua. Prueba Vicat ⁽²⁾	C191						
Inicial no menor del min.		45	45	45	45	45	45
Inicial no más de min.		420	420	420	375	375	420
Contenido de aire en el volumen del mortero maz % ⁽³⁾	C185	12	12	12	12	12	12
Resistencia a la compresión, min. MPa	C109						
1 día		—	—	—	—	12	10
3 días		13	10	10	12	24	17
7 días		20	17	17	19	—	—
28 días		25	28 ⁽⁴⁾	28 ⁽⁴⁾	28 ⁽⁴⁾	—	—
Calor de hidratación ⁽⁵⁾	C186						
7 días. máx. kl/kg		290	250	250	—	—	—
28 días. máx. kl/kg		330	290	290	—	—	—
Expansión del mortero ⁽⁶⁾	C227						
14 días, máx. %		0,02	0,02	0,02	—	—	0,02
56 días, máx. %		0,06	0,06	0,06	—	—	—
Resistencia a los sulfatos	C1012						
Expansión 180 días Max % ⁽⁷⁾		—	0,10	,010	—	—	—
Componentes principales de los Cementos % en masa							
Clinker + yeso		50-90	50-95	20-34	95-100	95-100	50-90
Caliza		—	6-35	—	—	—	—
Minerales puzolánicos ⁽⁸⁾		6-50	6-35	—	—	—	6-50
Escoda granulada de alto horno		—	6-35	66-80	—	—	—
Humo de sílice		—	0-10	—	—	—	—
Otros ⁽⁹⁾		0-5	0-5	0-5	0-5	0-5	0-5

Fuente: (RTCR 383, 2004)

CUADRO 2. PRINCIPALES APLICACIONES RECOMENDADAS	
Tipo de cemento	Aplicaciones en concretos y morteros
I	Concretos de usos generales.
I-AR	Concretos de alta resistencia inicial
MP-AR	Concretos de alta resistencia inicial con moderada resistencia a los sulfatos y moderado calor de hidratación
MP	Concretos y morteros de uso general que no demanden alta resistencia inicial y con resistencia a los sulfatos, agua de mar, y de bajo calor de hidratación.
GU, MS	Concretos y morteros de uso general que no demanden alta resistencia inicial, concretos de uso masivo, con requerimientos de alta resistencia a los sulfatos, o al agua de mar y de bajo calor de hidratación.
Albañilería	No se recomienda para fabricación de concretos de uso estructural. Se recomienda sólo para fabricación de morteros.

Fuente: (RTCR 383, 2004)

Agregados⁴

Los agregados para morteros son de arena natural o manufacturada y son el volumen y el peso más grande que compone el mortero. La arena actúa como un relleno inerte, proporcionando economía, trabajabilidad y la reducción de la contracción, mientras que influye en la resistencia a compresión. Un aumento en el contenido de arena aumenta el tiempo de fraguado de un mortero de albañilería, pero reduce el agrietamiento potencial debido a la contracción de la junta de mortero. La arena especial o estándar requerida para ciertas pruebas de mortero de laboratorio puede producir resultados muy diferentes en comparación de las pruebas de la arena que se utiliza en el mortero de construcción.

Un agregado bien graduado reduce la separación de materiales en mortero plástico, lo que reduce el sangrado y mejora la trabajabilidad. Arenas deficientes en finos producen morteros duros, mientras que las arenas con finos excesivos producen morteros débiles y aumenta la contracción. Un alto contenido de cal o de aire en morteros puede llevar más arena, incluso con agregados pobremente graduados, y aún así proporcionar una adecuada trabajabilidad.

Arenas de campo deficientes en finos pueden resultar en que el material cementicio actúe como finos. El exceso de finos en la arena,

sin embargo, es más común y puede resultar en sobrearenamiento, ya que la trabajabilidad no se ve afectada sustancialmente por dicho exceso.

Por desgracia, los agregados se seleccionan con frecuencia sobre la base de la disponibilidad y el costo en lugar de la clasificación. Las propiedades del mortero no se ven seriamente afectadas por alguna variación en la clasificación, pero la calidad es mejorada al dar más atención a la selección del agregado. A menudo la gradación puede ser fácil y económicamente alterada mediante la adición de arenas finas o gruesas. Con frecuencia, el método más factible requiere dosificar la mezcla de mortero para adaptarse a la arena disponible dentro de las tolerancias permisibles de proporción de agregado, en lugar de requerir la arena para cumplir con una gradación en particular.

Determinación del tipo de arena

La arena utilizada para el relleno y pega de mortero debe ser limpia y bien graduada, su escogencia suele depender de la disponibilidad en la zona y de otros factores como el costo de explotación, transporte y su comportamiento con el mortero (consistencia, resistencia y tamaños presentes representados en el módulo de finura.

La penetración del agua y la trabajabilidad van a depender en parte de la gradación de la

⁴ (ASTM C-270, 2003), (Sánchez de Guzmán, 1993)

arena; bajos módulos de finura necesitan más agua que los gruesos para alcanzar una misma consistencia, por lo que llegan a ser morteros porosos y frágiles.

Como señala (Rivera, 2009) el módulo de finura es un factor empírico que facilita calcular qué tan grueso o fino es un agregado, en el Cuadro 3 se presenta la clasificación del agregado fino según su módulo de finura.

El módulo de finura debe ser el mayor económicamente disponible y según las dimensiones de la estructura; por otra parte las arena naturales tienden a originar morteros con mayores resistencias que las obtenidas de canteras mediante voladura o trituración.

CUADRO 3. Clasificación del agregado fino según su módulo de finura.	
MODULO DE FINURA	AGREGADO FINO
Menor que 2,00	Muy fino o extra fino
2,00 - 2,30	Fino
2,30 - 2,60	Ligeramente fino
2,60 - 2,90	Mediano
2,90 - 3,20	Ligeramente grueso
3,20 - 3,50	Grueso
Mayor que 3,50	Muy grueso o extra grueso

Fuente: (Mena & Loera, 1972)

Agua⁵

El agua realiza tres funciones, contribuye a la trabajabilidad, hidrata el cemento, y facilita la carbonatación de la cal. La cantidad de agua necesaria depende principalmente de los ingredientes del mortero. El agua debe estar limpia y libre de cantidades perjudiciales de sustancias que pueden ser nocivas para el mortero o metal en la mampostería. Por lo general, el agua potable es aceptable.

El contenido de agua es posiblemente el aspecto más incomprendido del mortero de albañilería, probablemente debido a la confusión

⁵ (ASTM C-270, 2003), (Sánchez de Guzmán, 1993)

entre los requisitos para mortero y para concreto. La cantidad de agua para el mortero es bastante diferente de la de concreto donde una baja relación agua/cemento es deseable. Los morteros deben contener la cantidad máxima de agua consistente con una óptima trabajabilidad. Mortero también debe ser reemplazado para reemplazar el agua perdida por evaporación

Relación Agua/Cemento

La relación agua-cemento se estima por diferentes factores como la resistencia requerida, retracción, durabilidad, adherencia y el tipo de acabado.

Como en el mercado se encuentran diferentes tipos de arenas y cementos, estos llegan a desarrollar diferentes resistencias pese a que la relación agua-cemento se mantenga constante, por esa razón es significativo conocer o desarrollar la correlación que se puede generar entre la relación agua-cemento y la resistencia según los materiales a utilizar.

Por otra parte el señor Sánchez de Guzmán presenta en su libro *Tecnología del concreto y del mortero* dos gráficas en donde señala las correlaciones existentes entre la relación agua-cemento y la resistencia del mortero, la primera utilizando arena de forma redondeada y textura lisa (ver Figura 1) y la segunda con arena de forma angular y textura rugosa (ver Figura 2), en ambos casos se usaron diferentes módulos de finura para las arenas.

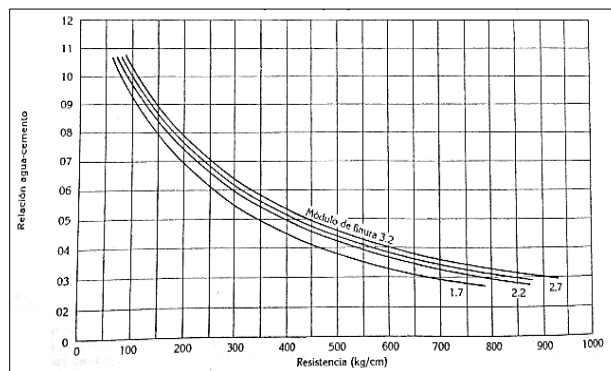


Figura 1. Correspondencia entre los valores de relación agua-cemento y resistencia a la compresión para morteros hechos con cemento portland tipo I y arena de forma redondeada y textura lisa. Fuente: (Sánchez de Guzmán, 1993)

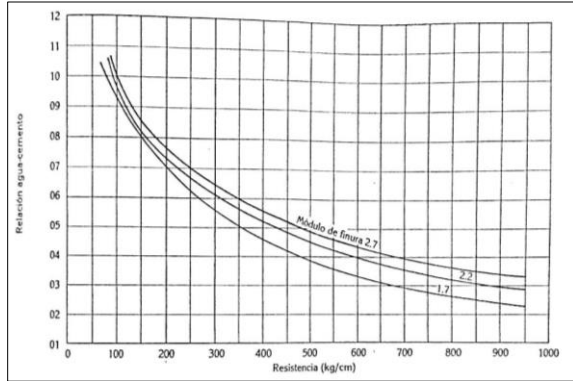


Figura 2. Correspondencia entre los valores de relación agua-cemento y resistencia a la compresión para morteros hechos con cemento portland tipo I y arena de forma angular y textura rugosa. Fuente: (Sánchez de Guzmán, 1993)

Tipos de mortero y sus usos⁶

En general existen morteros del tipo aéreos que fraguan de forma lenta debido a la carbonatación y se endurecen al secarse al aire perdiendo agua; también están los morteros hidráulicos o acuáticos que endurecen bajo el agua porque poseen en sus composición elementos obtenidos por calcinación de calizas impurificadas con alúmina y sílice por lo que presentan resistencias iniciales altas.

Sin embargo según los componentes del mortero existen los siguientes tipos:

Morteros calcáreos: Son los morteros más manejables, ya que la cal es un ligador y un plastificante, no obstante debido a estas características no desarrollan altas resistencias porque su velocidad de endurecimiento es baja.

Morteros de yeso: Se preparan con yeso hidratado con agua. El contenido de agua es variable según el grado de cocción, calidad y finura de molido del yeso. En obras corrientes se agrega el 50%, para estucos el 60% y para moldes el 70%. El mortero se prepara a medida que se necesita, pues comienza a fraguar a los cinco minutos y termina más o menos en un cuarto de hora.

Morteros de cal y cemento: Son aconsejables cuando se busca gran trabajabilidad, buena retención de agua y alta resistencia (superior a la de los morteros de cal; en estos morteros se sustituye parte del cemento por cal, razón por la cual se les conoce también como Morteros de Cemento Rebajado.

La resistencia a la compresión es la principal propiedad para clasificar el mortero en la mayoría de países, la norma más utilizada la ASTM C-270 en la cual se clasifica al mortero de pega según las propiedades mecánicas y por la dosificación, en dicha norma se acepta 5 tipos de mortero en orden decreciente de resistencia tal y como se resume en el Cuadro 4

CUADRO 4. CLASIFICACIÓN DE LOS MORTEROS DE PEGA PARA MAMPOSTERÍA SIMPLE SEGÚN RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A 28 DÍAS Y SEGÚN DOSIFICACIÓN							
TIPO DE MORTERO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN			CEMENTO PORTLAND	CEMENTO ALBAÑILERÍA	CAL	AGREGADO FINO SUELTO
	(MPa)	(kg/cm ²)	(P.S.I.)				
M	17,2	175	2500	1 1	1 -	0,25	Entre 2,25 y 3 veces la suma de cemento y cal utilizado
S	12,4	126	1800	0,5 1	1 -	0,25 a 0,50	
N	5,2	53	750	- 1	1 -	0,5 a 1,25	
O	2,4	25	350	- 1	1 -	1,25 a 2,50	
K	0,5	5	75	1	-	2,50 a 4,00	

Fuente: (Gutiérrez de López, 2003)

⁶ (Sánchez de Guzmán, 1993), (Gutiérrez de López, 2003)

El mortero para mampostería sin refuerzo debe ser del tipo M, S o N y a la vez ser dosificado y mezclado según la norma para los tipos nombrados anteriormente. Los morteros para mampostería reforzada están regulados por la

norma ASTM C-476 en la cual se distinguen los tipos PM y PL., como se muestra en el Cuadro 5.

CUADRO 5. Clasificación ASTM C-476 de morteros de pega para mampostería reforzada según resistencia a la compresión a 28 días y según dosificación (partes por volumen).

TIPO DE MORTERO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN			CEMENTO PORTLAND	CEMENTO MAMPOSTERÍA	CAL	AGREGADO FINO SUELTO
	(MPa)	(kg/cm ²)	(P.S.I.)				
PM	17,2	175	2500	1	1	0,25 a 0,50	2,25 a 3,00
PL	17,2	175	2800	1	-		

Fuente: (Gutiérrez de López, 2003)

Por otra parte están los morteros de relleno o también llamados *Grout* que están regulados por la norma ASTM C-476. Los morteros de relleno son aquellos que se utilizan para verter en el interior de los muros con el objeto de aumentar la sección neta resistente del muro y favorecer la unión entre la mampostería y el refuerzo. Hay dos tipos: *relleno fino*, en los que se usa únicamente agregados finos, y los de *relleno grueso* en los que se utilizan agregados gruesos de forma adicional con un tamaño máximo adicional de hasta 12,7 mm (ver Cuadro 6).

realizarse de forma continua, ya que es hidráulico, teniendo en cuenta que haya el menor tiempo posible entre el amasado y la colocación. Debido a lo rápido del fraguado del cemento, se acostumbra mezclarlo en obra, revolviendo primero el cemento y la arena y después adicionando el agua.

En el mortero de cemento, las características de la arena, tales como la granulometría, módulo de finura, forma y textura de las partículas, así como el contenido de materia orgánica, juegan un papel decisivo en su calidad, ya que deben ser las idóneas para obtener un acomodamiento adecuado de las partículas para tener una compacidad mayor y un consumo de cemento menor, no obstante no se debe disminuir mucho, ya que si hay poco aglomerante ésta será áspera e intrabajable porque al no estar la pasta lubricante de cemento las partículas de arena rozarán entre sí.

Para mejorar la trabajabilidad se pueden utilizar arenas con leves cantidades de limo e incluso arcilla (arena grasas, ya que su contenido de finos brinda rellenos lubricantes a los granos de arena).

Por otra parte, no es necesario confeccionar morteros muy ricos para usos normales, ya que pueden ser altamente resistentes y con una elevada retracción al secado, por lo que sería propenso al agrietamiento.

CUADRO 6. MORTEROS DE RELLENO - PARTES POR VOLUMEN

TIPO DE RELLENO	CEMENTO PORTLAND	CAL	AGREGADO FINO SUELTO	AGREGADO GRUESO SUELTO
Relleno fino	1	0 a 0,1	2,25 a 3,0	-
Relleno grueso	1	0 a 0,1	2,25 a 3,0	1 a 2

Fuente: (Gutiérrez de López, 2003)

Morteros de cemento: se componen de arena y cemento Portland, este mortero tiene altas resistencias y sus condiciones de trabajabilidad son variables de acuerdo a la proporción de cemento:arena usados. Su confección debe

Usos de los morteros⁷

Los morteros pueden tener una función estructural, y pueden usarse entonces en la construcción de elementos estructurales, o en la mampostería estructural en donde puede ser de pega o de relleno en las celdas de los muros.

Existen otros morteros que no tienen función estructural y se destinan a recubrimiento como pañetes, repellos o revoques.

Mortero de pega: debe tener cualidades especiales, diferentes a los morteros usados para otros fines porque está sometido a las condiciones especiales del sistema constructivo, y una resistencia adecuada ya que debe absorber esfuerzos de tensión y compresión.

Morteros de relleno: Se utilizan para llenar las celdas de los elementos en la mampostería estructural, y al igual que el mortero de pega debe tener una adecuada resistencia.

Morteros de recubrimiento: Ya que su función no es estructural sino de embellecimiento, o la de proporcionar una superficie uniforme para aplicar la pintura, no requieren una resistencia determinada; la plasticidad juega en ellos un papel muy importante.

Como *Gutiérrez de López* señala, en Colombia el uso del mortero de cemento es ampliamente difundido, y se dosifica de acuerdo a la proporción en peso de cemento y arena. En el *Cuadro 7* se puede apreciar las principales dosificaciones, donde los morteros con una proporción 1:1 a 1:3 son morteros de gran resistencia y deben hacerse con arena limpia, los morteros 1:4 a 1:6 se deben hacer con arena limpia o semilavada y en el caso de los morteros 1:7 a 1:9 se puede usar arena sucia ya que tienen muy poca resistencia.

CUADRO 7. USOS DE LOS MORTEROS DE CEMENTO	
MORTERO	USOS
1:1	Mortero muy rico para impermeabilizaciones. Rellenos
1:2	Para impermeabilizaciones y pañetes de tanques subterráneos. Rellenos
1:3	Impermeabilizaciones menores. Pisos
1:4	Pega para ladrillos en muros y baldosines. Paneles linos
1:5	Pañetes exteriores. Pega para ladrillos y baldosines, paneles y mampostería en general. Pañetes no muy finos.
1:6 y 1:7	Paneles interiores: pega para ladrillos y baldosines, paneles y mampostería en general. Pañetes no muy finos
1:8 y 1:9	Pegas para construcciones que se van a demoler pronto. Estabilización de taludes en cimentaciones.

Fuente: (Gutiérrez de López, 2003)

Propiedades del mortero de cemento portland⁸

Se ha recalcado que lo usual para dosificar morteros de cemento es hacerlo en partes por cemento y arena (1:n), en la mayoría de ocasiones no se considera la resistencia que se obtendrá al

⁷ (Gutiérrez de López, 2003)

⁸ (Sánchez de Guzmán, 1993), (Gutiérrez de López, 2003)

fraguar dichos morteros dosificados de cierta manera.

Propiedades de los morteros en estado plástico

Trabajabilidad: Es una medida de la facilidad de manipulación de la mezcla, en este caso en las unidades de mampostería o revestimiento. La manejabilidad está relacionada con la consistencia de la mezcla en cuanto a blanda o seca, tal que como se encuentra en estado plástico; depende de la proporción de arena y cemento y de la forma, textura y módulo de finura de la arena.

Para medir la manejabilidad del mortero se usa el ensayo de la mesa de flujo (normas ASTM C-230 y C-1437), aunque hasta el momento en la práctica, se ha definido por la apreciación del albañil; en el *Cuadro 8* se da una recomendación sobre la manejabilidad para distintas clases de mortero según los tipos de construcción y a los sistemas de colocación donde se utilizarán.

Retención de agua: es la habilidad del mortero para mantener su plasticidad cuando queda en contacto con la superficie sobre la que va a ser colocado, como una pieza de mampostería.

La retención de agua puede mejorarse de diferentes formas como agregando cal, aumentando el contenido de fino, utilizando aditivos plastificantes o incorporadores de aire o usando cementos puzolánicos. También esta propiedad influye en la velocidad de endurecimiento y en la resistencia final, ya que si un mortero no retiene agua no permite la hidratación del cemento.

Velocidad de endurecimiento: Los tiempos de fraguado inicial y final de un mortero se encuentran entre 2 y 24 horas, respectivamente. Dichos tiempos dependen de factores como la composición de la mezcla y de las condiciones ambientales como el clima, los cuales se pueden controlar con el uso de aditivos.

CUADRO 8. FLUIDEZ RECOMENDADA DEL MORTERO PARA DIVERSOS TIPOS DE ESTRUCTURA Y CONDICIONES DE COLOCACIÓN

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

Fuente: (Gutiérrez de López, 2003)

Propiedades de los morteros en estado endurecido

Retracción: la retracción se debe a las reacciones químicas de hidratación de la pasta y se incrementa cuando el mortero tiene elevados

contenidos de cemento. Como solución se utiliza arena de textura rugosa, para mejorar la retracción y evitar agrietamientos, evitando los cambios de volumen y peligro de agrietamiento mediante la formación de un esqueleto. Se debe considerar que en clima caliente y de muchos vientos el agua tiende a evaporarse más rápidamente produciendo tensiones internas en el mortero, generando grietas visibles. Se dice que la retracción es proporcional al espesor de la capa, a la riqueza en cemento de la mezcla y a la mayor absorción de la pared sobre la que se vaya a colocar.

Adherencia: es la capacidad que posee el mortero de absorber tensiones normales y tangenciales a la superficie que lo une y la estructura, es decir a la capacidad de responder monolíticamente con las piezas que une ante solicitudes de carga. Es sumamente importante, ya que gracias a esta propiedad un mortero puede resistir cargas transversales y excéntricas, además del pandeo, ofreciéndole a la estructura resistencia. En el caso de la mampostería, para obtener una buena adherencia es necesario que la superficie sobre la que se va a colocar el mortero sea tan rugosa como sea posible y tenga una absorción adecuada, comparable con la del mortero.

Resistencia: Si el mortero es utilizado como pega, debe proporcionar una unión resistente. Si el mortero va a ser utilizado para soportar cargas altas y sucesivas, como en la mampostería estructural, debe poseer una alta resistencia a la compresión.

Según *Sánchez de Guzmán (1993)* existen dos leyes primordiales aplicadas a la resistencia de un mortero elaborado con el mismo cemento con diferentes proporciones y tamaños de arena, la primera indica que para un mismo agregado fino, el mortero más resistente y más impermeable será aquel que contenga mayor contenido de cemento para un volumen dado de mortero; y la segunda señala que para un mismo contenido de cemento en un volumen determinado de mortero el más resistente y posiblemente el más impermeable será aquel mortero que presente mayor densidad, o sea aquel que en la unidad de volumen contenga el mayor porcentaje de materiales sólidos.

A lo que se refiere a la segunda ley antes citada es que las propiedades de un mortero

hidráulico como durabilidad, permeabilidad y porosidad, no dependen únicamente de la calidad del cemento sino también de la composición granular del mortero, o sea las dimensiones y posiciones relativas de los diferentes elementos que lo componen.

El tamaño de los granos de arena está subordinado en su influencia sobre la resistencia y otras cualidades del mortero a la densidad del mortero producido. Se puede suponer que una arena densa, o sea aquella que contenga poca arena seca el menor volumen de poros; al ser mezclada con una proporción dada de cemento producirá el mortero más denso y en consecuencia resistente. Pero esto no ocurre necesariamente porque la adición de cemento y agua cambia la composición física. Una mezcla de arena fina y cemento requiere más agua que una de arena gruesa y el mismo cemento.

El volumen total de mortero de consistencia plástica será afectado por la cantidad de agua usada y por los volúmenes de los materiales secos, debido a eso un mortero hecho de arena fina y cemento será menos denso que uno hecho con arena gruesa y el mismo cemento, aunque ambas arenas al ser pesadas secas contengan la misma proporción de sólidos y poros. La arena fina tiene más granos en su unidad de volumen, por consiguiente un mayor número de puntos de contacto entre sus granos; al agregarse el agua se produce una película y separa los granos por tensión superficial.

Por último el contenido de agua del mortero tiene influencia sobre su resistencia; los morteros secos dan mayor resistencia que los morteros húmedos, porque pueden ser más densamente compactados.

Durabilidad: Al igual que en el concreto, la durabilidad se define como la resistencia que presenta el mortero ante agentes externos como: retracción al secado, baja temperatura, penetración de agua, desgaste por abrasión y agentes corrosivos, eflorescencia, entre otros. Generalmente, se piensa que morteros de alta resistencia a la compresión tienen buena durabilidad, no obstante si se utilizan agentes inclusores de aire representa cierta importancia en condiciones de ambiente agresivo.

Apariencia: La apariencia en el concreto no es tan importante, pero con respecto al mortero después de fraguado la situación es diferente y este factor viene a ser importante, particularmente en mampostería de ladrillo a la vista; por lo que para lograr una buena apariencia es necesario aplicar morteros de buena plasticidad con una selección y dosificación adecuada de sus componentes.

Estadística

Conceptos básicos⁹

Estadística

Como (Gómez Barrantes, 2009) indica, es

“una disciplina científica dedicada al desarrollo y aplicación de la teoría y las técnicas apropiadas para la recolección, clasificación, presentación, análisis e interpretación de información cuantitativa obtenida por observación o experimentación.”

Estadística descriptiva

Son los métodos estadísticos necesarios para una adecuada caracterización, presentación y recopilación de datos.

Estadística inferencial

Es cuando una población de datos se caracteriza mediante una muestra de esa población, la cual se caracteriza usando métodos de muestreo.

Población: es la cantidad total de elementos tomados en cuenta en el estudio, puede ser finita o infinita.

Muestra: es una parte de la población y debe ser representativa

⁹ (Moya Navarro & Robles Obando, 2010), (Gómez Barrantes, 2009)

Parámetro o Valor de la población: se le llama así a las medias que representan características o propiedades de la población.

Medidas de tendencia central y dispersión¹⁰

Media poblacional (μ):

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N} \quad \text{Ec. (1)}$$

Media muestral (\bar{X}):

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad \text{Ec. (2)}$$

Varianza poblacional (σ^2):

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \mu)^2}{N} \quad \text{Ec. (3)}$$

Varianza muestral (S^2):

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1} \quad \text{Ec. (4)}$$

Desviación estándar poblacional (σ):

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \mu)^2}{N}} \quad \text{Ec. (5)}$$

Desviación estándar muestral (S):

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad \text{Ec. (6)}$$

Coficiente de variación (CV):

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} \quad \text{Ec. (7)}$$

¹⁰ (Spiegel & Stephens, 2009)

Pruebas de hipótesis¹¹

Estas pruebas son también conocidas como *pruebas de significancia*. Una hipótesis es una afirmación o supuesto con respecto a una población.

Hipótesis nula H_0 :

Es la hipótesis que se pone a prueba y la cual es aceptada o rechazada. Además, es una afirmación acerca del valor de un parámetro poblacional.

$$H_0: \mu = \mu_0 \quad \text{Ec. (8)}$$

$$H_0: \mu > \mu_0 \quad \text{Ec. (9)}$$

Hipótesis alterna H_1 :

Es toda hipótesis que difiere de la hipótesis dada, indica la posición a tomar si la hipótesis nula es rechazada y se suele plantear como un opuesto al a la nula.

$$H_0: \mu \neq \mu_0 \quad \text{Ec. (10)}$$

$$H_0: \mu < \mu_0 \quad \text{Ec. (11)}$$

Al ser rechazada la hipótesis nula se acepta la hipótesis alterna, por esto el hecho de aceptar o rechazar la hipótesis nula trae consigo dos tipos de error:

Error tipo I:

Se da cuando se rechaza la hipótesis nula siendo correcta, su magnitud se representa con α .

Error tipo II:

Se da cuando se acepta la hipótesis nula siendo falsa, su magnitud se representa con β .

DECISIÓN	SITUACIÓN REAL	
	H_0 cierta	H_0 falsa
Rechazar H_0	Error de Tipo I	Decisión Correcta
Aceptar H_0	Decisión Correcta	Error de Tipo II

Figura 3. Tipos de error que se pueden cometer en una prueba de hipótesis estadística. *Fuente: (Gómez Barrantes, 2009)*

Cuando se presenta el caso en que alguno de los dos tipos de errores es muy alto lo que se recomienda para disminuirlos es aumentar el número de muestras (n)¹², esta solución también se aplica cuando se posee una varianza (σ^2) alta y se desea disminuir.¹³

Análisis de varianza (ANOVA)

Se encarga de probar la hipótesis de que las medias de dos o más poblaciones son iguales. Los análisis de varianza evalúan la importancia de uno o más factores al comparar las medias de la variable de respuesta en los diferentes niveles de factores.

Para ejecutar ser ejecutada se debe tener una variable de respuesta continua, al menos un factor categórico con dos o más niveles y los datos deben ser de poblaciones normalmente distribuidas cuyas varianzas sean aproximadamente iguales entre los niveles de factores.

Se utilizan las siguientes ecuaciones:

Suma de cuadrados:

$$SS_L = \sum_{k=1}^k n_k (\bar{x}_k - \bar{x})^2 \quad \text{Ec. (12)}$$

$$SS_R = \sum_{k=1}^k \sum_{j=1}^{n_k} (x_{kj} - \bar{x}_k)^2 \quad \text{Ec. (13)}$$

$$SS_T = \sum_{k=1}^k \sum_{j=1}^{n_k} (x_{kj} - \bar{x})^2 \quad \text{Ec. (14)}$$

¹¹ (Moya Navarro & Robles Obando, 2010)

¹² (Moya Navarro & Robles Obando, 2010)

¹³ (Gómez Barrantes, 2009)

Varianza

$$MS_L = \frac{SS_L}{k-1} \quad \text{Ec. (15)}$$

$$MS_R = \frac{SS_R}{N-k} \quad \text{Ec. (16)}$$

$$MS_T = \frac{SS_T}{N-1} \quad \text{Ec. (17)}$$

$$F = \frac{MS_L}{MS_R} \quad \text{Ec. (18)}$$

Donde: “SSL” mide las desviaciones entre los resultados medios de los lotes t el resultado medio global; “SSR” mide las desviaciones entre los resultados individuales (xkj) (donde j indica el número de repetición); “SST” suma de las diferencias al cuadrado de cada resultado individual respecto a la media de todos los resultados; “MS” cuadrado medio; “k” número de lotes; “F” prueba de hipótesis.

Intervalos de confianza¹⁴

Es un rango de valores, derivado de estadísticas de muestra, que posiblemente incluya el valor de un parámetro desconocido de la población. Debido a su naturaleza aleatoria, es poco probable que dos muestras de una población dada generen intervalos de confianza idénticos, no obstante, si repitió muchas veces su muestra, un determinado porcentaje de los intervalos de confianza resultantes incluiría el parámetro desconocido de la población. El porcentaje de estos intervalos de confianza que incluyen el parámetro es el nivel de confianza del intervalo.

Los factores que determinan el ancho del intervalo de confianza son el tamaño muestral n, la varianza poblacional, el nivel de confianza deseado.

Interpretación de los ICs

Se puede esperar que para un intervalo de confianza alrededor de 95%, alrededor del 95% de

¹⁴ (Moya Navarro & Robles Obando, 2010)

estos intervalos de confianza contenga la media poblacional.

Prueba de F

En esta prueba de hipótesis se examina la relación de dos varianzas para determinar su igualdad, así al compararse se determina si la diferencia entre las dos varianzas es significativa o no

Hipótesis:

$$H_0: \sigma_1 = \sigma_2 \quad \text{Ec. (19)}$$

$$H_1: \sigma_1 \neq \sigma_2 \quad \text{Ec. (20)}$$

Ecuación de la inversa para la transformación de Fisher:

$$X = \frac{e^{2y}-1}{e^{2y}+1} \quad \text{Ec. (21)}$$

Prueba de Tukey¹⁵

Esta prueba también es conocida como la prueba de *Diferencia Significativa Honesta (DSH) de Tukey*, esta es una prueba de comparaciones múltiples que se puede aplicar únicamente cuando ya se haya realizado el análisis de varianza y la hipótesis nula (H₀) fuera rechazada para así comparar las medias de los t niveles de un factor, para aplicar esta prueba los tamaños de muestra deben ser iguales.

$$W = q_{(t,glee,\alpha)} * \sqrt{\frac{CME}{r}} \quad \text{Ec. (22)}$$

Donde: “W” diferencia mínima significativa a un cierto nivel de significancia (α); “q” amplitud total estudentizada (valor encontrado en tablas y que está en función de α), “t” número de muestras de datos; “glee” grados de libertad del error experimental; “CME” promedio de los cuadrados del error experimental; “r” número de repeticiones de las medias de las muestras de datos a ser comparadas.

¹⁵ (Montgomery & Runger, 2002)

Correlación y regresión¹⁶

Método que indica una relación matemática entre una variable dependiente y una o más variables independientes.

Coeficiente de correlación

Se le conoce como coeficiente de correlación de Pearson, el cual analiza si dos variables continuas están linealmente relacionadas, es una medida que representa el grado de asociación entre dos variables cuantitativas X e Y, se representa por r, éste varía entre -1 y 1.

$$r = \frac{S_{xy}}{\sqrt{S_{xx}S_{yy}}} \quad \text{Ec. (23)}$$

Donde:

$$S_{xx} = \sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n} \quad \text{Ec. (24)}$$

$$S_{yy} = \sum_{i=1}^n y_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n y_i)^2}{n} \quad \text{Ec. (25)}$$

$$S_{xy} = \sum_{i=1}^n xy_i - \frac{(\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{n} \quad \text{Ec. (26)}$$

Coeficiente de determinación

Es una medida de la bondad de ajuste del modelo de regresión hallado. El coeficiente de determinación es el cuadrado del coeficiente de correlación. R² indica el porcentaje de variación de la variable de respuesta Y es explicada por su relación lineal con X.

Precisión según ASTM¹⁷

Las declaraciones de precisión para el método de ensayo para la resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico se presentan en la *Figura 4* y se basan en los resultados de la *Cement and Concrete Reference Laboratory Reference*

Sample Program. Son desarrollados a partir de datos donde el resultado de la prueba es el promedio de las pruebas de resistencia a la compresión de tres cubos moldeados a partir de un único lote de mortero y probados con la misma edad

¹⁶ (Baird, 1991)

¹⁷ (ASTM C-109 , 2013)

TABLE 2 Precision			
	Test Age, days	Coefficient of Variation, 1s %⁴	Acceptable Range of Test Results, d2s %⁴
Portland Cements			
Constant water-cement ratio: Single laboratory	1	3.1	8.7
	3	3.9	10.9
	7	3.9	10.9
	28	3.8	10.6
Average	...	3.7	10.4
Multiple laboratories	1	7.3	20.4
	3	6.8	19.0
	7	6.6	18.5
	28	6.5	18.2
Average	...	6.6	18.5
Blended Cements			
Constant flow mortar: Single laboratory	3	4.0	11.3
	7	3.8	10.7
	28	3.4	9.6
Average	...	3.8	10.7
Multiple laboratories	3	7.8	22.1
	7	7.6	21.5
	28	7.4	20.9
	Average	...	7.6
Masonry Cements			
Constant flow mortar: Single laboratory	7	7.9	22.3
	28	7.5	21.2
Average	...	7.7	21.8
Multiple laboratories	7	11.8	33.4
	28	12.0	33.9
	Average	...	11.9

⁴ These numbers represent, respectively, the (1s %) and (d2s %) limits as described in Practice C670.

Figura 4. Declaraciones de precisión del ensayo para la resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico. Fuente: (ASTM C-109 , 2013)

Metodología

El presente proyecto de graduación se desarrolló basándose en los datos recabados de los ensayos de laboratorio que se llevaron a cabo en LabCIVCO, estos se realizaron según lo estipulado en las normas ASTM (American Society of Testing Materials) correspondientes a la caracterización de agregados finos, mezcla, moldeo y falla de cubos de mortero hidráulico; también se realizó un análisis estadísticos a los datos utilizando el software Minitab17 y las

herramientas de análisis estadístico de Microsoft Excel 2013.

Además, para verificar el desarrollo adecuado de cada ensayo se utilizaron listas de verificación, mismas que fueron facilitadas por LabCIVCO, no obstante para algunos de los ensayos aún no se habían realizado dichas listas por lo que fue necesario desarrollar el instructivo de laboratorio y luego la lista correspondiente

Instructivos Técnicos y listas de verificación.

Con el fin de mantener un control más estricto sobre los procedimientos correspondientes a cada ensayo según las normas ASTM fue necesario la implementación de listas de verificación para cada uno, las cuales fueron facilitadas por el Gerente Técnico del Área de Concretos del LabCIVCO el Ing. Rommel L. Cuevas Kauffmann, quién autorizó sobre el uso de las misma en el presente Proyecto de Graduación.

Para la mayoría de los ensayos de caracterización fue necesario elaborar sus listas de verificación, para los correspondientes a la resistencia de cubos de mortero se debió confeccionar tanto el instructivo técnico como su respectiva lista de verificación. Además, cada uno sigue los formatos establecidos por LabCIVCO para cada tipo (instructivo técnico y lista de verificación).

Esta documentación pertenece a LabCIVCO, no obstante por el momento no se cuenta con la codificación final para los instructivos técnicos y sus respectivas listas de verificación, la cual debe ser realizada por el Gerente Técnico del Área de Concretos; por lo que en el *Cuadro 10* se presenta la codificación utilizada para este proyecto de graduación.

CUADRO 9. Codificación para los instructivos técnicos y sus respectivas listas de verificación.	
ENSAYO	CÓDIGO
Reducción de muestras de agregado	CIVCO IT- A1
Estimación de pesos unitarios y vacíos	CIVCO IT- A2
Impurezas orgánicas	CIVCO IT- A3
Análisis granulométrico	CIVCO IT- A4
Gravedad específica	CIVCO IT- A5
Mezcla mecánica de pastas de cemento hidráulico y consistencia plástica	CIVCO IT- B1
Flujo de mortero de cemento hidráulico	CIVCO IT- B2
Resistencia a la compresión de cubos de mortero de cemento hidráulico	CIVCO IT- B3
Mesa de flujo para uso en pruebas de cemento hidráulico	CIVCO IT- B4

Fuente: Elaboración propia.

Diseño Experimental

Se plateó un diseño experimental con varios factores a cada edad para la realización de los ensayos de resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico.

DISEÑO EXPERIMENTAL PARA MEZCLA Y MOLDEO DE CUBOS DE MORTERO HIDRÁULICO

Edad: 7 días					
Fecha	Día	N° de Muestras	Tipo de Cemento	Marca de Cemento	Tipo de Agregado Fino
11/11/2014	Martes	6 cubos	UG	Marca A	Arena de Tajo
12/11/2014	Miércoles	6 cubos	UG	Marca A	Arena de Río
24/11/2014	Lunes	6 cubos	UG-AR	Marca A	Arena de Tajo
	Lunes	6 cubos	UG-AR	Marca A	Arena de Río
25/11/2014	Martes	6 cubos	UG	Marca B	Arena de Tajo
	Martes	6 cubos	UG	Marca B	Arena de Río
26/11/2014	Miércoles	6 cubos	UG-AR	Marca B	Arena de Tajo
	Miércoles	6 cubos	UG-AR	Marca B	Arena de Río
27/11/2014	Jueves	6 cubos	MP	Marca B	Arena de Tajo
	Jueves	6 cubos	MP	Marca B	Arena de Río

Edad: 14 días					
Fecha	Día	N° de Muestras	Tipo de Cemento	Marca de Cemento	Tipo de Agregado Fino
11/11/2014	Martes	6 cubos	UG	Marca A	Arena de Tajo
12/11/2014	Miércoles	6 cubos	UG	Marca A	Arena de Río
24/11/2014	Lunes	6 cubos	UG-AR	Marca A	Arena de Tajo
	Lunes	6 cubos	UG-AR	Marca A	Arena de Río
25/11/2014	Martes	6 cubos	UG	Marca B	Arena de Tajo
	Martes	6 cubos	UG	Marca B	Arena de Río
26/11/2014	Miércoles	6 cubos	UG-AR	Marca B	Arena de Tajo
	Miércoles	6 cubos	UG-AR	Marca B	Arena de Río
27/11/2014	Jueves	6 cubos	MP	Marca B	Arena de Tajo
	Jueves	6 cubos	MP	Marca B	Arena de Río

Edad: 28 días					
Fecha	Día	N° de Muestras	Tipo de Cemento	Marca de Cemento	Tipo de Agregado Fino
11/11/2014	Martes	6 cubos	UG	Marca A	Arena de Tajo
12/11/2014	Miércoles	6 cubos	UG	Marca A	Arena de Río
24/11/2014	Lunes	6 cubos	UG-AR	Marca A	Arena de Tajo
	Lunes	6 cubos	UG-AR	Marca A	Arena de Río
25/11/2014	Martes	6 cubos	UG	Marca B	Arena de Tajo
	Martes	6 cubos	UG	Marca B	Arena de Río
26/11/2014	Miércoles	6 cubos	UG-AR	Marca B	Arena de Tajo
	Miércoles	6 cubos	UG-AR	Marca B	Arena de Río
27/11/2014	Jueves	6 cubos	MP	Marca B	Arena de Tajo
	Jueves	6 cubos	MP	Marca B	Arena de Río

Edad: 56 días					
Fecha	Día	N° de Muestras	Tipo de Cemento	Marca de Cemento	Tipo de Agregado Fino
11/11/2014	Martes	6 cubos	UG	Marca A	Arena de Tajo
12/11/2014	Miércoles	6 cubos	UG	Marca A	Arena de Río
24/11/2014	Lunes	6 cubos	UG-AR	Marca A	Arena de Tajo
	Lunes	6 cubos	UG-AR	Marca A	Arena de Río
25/11/2014	Martes	6 cubos	UG	Marca B	Arena de Tajo
	Martes	6 cubos	UG	Marca B	Arena de Río
26/11/2014	Miércoles	6 cubos	UG-AR	Marca B	Arena de Tajo
	Miércoles	6 cubos	UG-AR	Marca B	Arena de Río
27/11/2014	Jueves	6 cubos	MP	Marca B	Arena de Tajo
	Jueves	6 cubos	MP	Marca B	Arena de Río

Edad: 90 días					
Fecha	Día	N° de Muestras	Tipo de Cemento	Marca de Cemento	Tipo de Agregado Fino
11/11/2014	Martes	6 cubos	UG	Marca A	Arena de Tajo
12/11/2014	Miércoles	6 cubos	UG	Marca A	Arena de Río
24/11/2014	Lunes	6 cubos	UG-AR	Marca A	Arena de Tajo
	Lunes	6 cubos	UG-AR	Marca A	Arena de Río
25/11/2014	Martes	6 cubos	UG	Marca B	Arena de Tajo
	Martes	6 cubos	UG	Marca B	Arena de Río
26/11/2014	Miércoles	6 cubos	UG-AR	Marca B	Arena de Tajo
	Miércoles	6 cubos	UG-AR	Marca B	Arena de Río
27/11/2014	Jueves	6 cubos	MP	Marca B	Arena de Tajo
	Jueves	6 cubos	MP	Marca B	Arena de Río

Caracterización del agregado fino

Se realizaron los ensayos de caracterización con ambas arenas (tajo y río) para realizar los diseños de mezcla correspondiente para cada mortero según lo estipulado en las normas ASTM explicadas a continuación:

Recolección de muestras¹⁸

Se recolectó para cada agregado fino (arena de río y de tajo) una muestra que fuera aleatoria y representativa según lo indicado en la norma:

- Se homogenizó cada una de las arenas, esto mediante la mezcla manual de cada una para revertir el efecto causado por la segregación del material debido a su apilamiento.
- Las muestras de cada uno de los montículos se realizaron por lo menos en tres incrementos, tomándolas del tercio superior, punto medio y del tercio del volumen del fondo.

Reducción de muestras¹⁹

Se realizó la reducción de las muestras utilizando el divisor mecánico, obteniéndose así las cantidades necesarias para desarrollar los ensayos de caracterización para agregados finos:

- Se seleccionó el divisor mecánico adecuado según el tamaño de la partícula.
- Se colocó la muestra correctamente de manera uniforme en la bandeja y se introdujo en las aberturas del divisor mecánico de modo que fluyera libremente por cada una hasta los recipientes ubicados debajo.
- Se introdujo nuevamente la muestra de uno de los recipientes reduciéndola varias veces hasta obtener las cantidades necesarias para cada ensayo de caracterización.



Figura 5. Procedimiento para el ensayo de reducción de muestras.

Peso unitario y vacíos²⁰

Se realizó el procedimiento correspondiente para agregado fino, estimando el peso unitario mediante el procedimiento suelto.

- La muestra de agregado se secó a masa constante en el horno a $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$.
- Se llenó el recipiente con una cuchara, descargando el agregado a una altura no mayor a 50 mm por encima del borde del recipiente, de forma tal que el agregado se desbordara.



Figura 6. Llenado del recipiente para el ensayo de peso unitario y vacíos.

¹⁸ (ASTM D-75, 2003)

¹⁹ (ASTM C-702, 2013)

²⁰ (ASTM C-29, 2013)

- Se niveló con los dedos la superficie del agregado y luego también se utilizó un enrasador, así los grandes vacíos en la superficie debajo de la parte superior del recipiente compensan las salientes de las partículas de agregado grueso.



Figura 7. Nivelación con enrasador de la superficie.

- Se determinó la masa del recipiente más el agregado y la masa del recipiente vacío, los valores se registraron al 0,05 kg más cercano.

Se realizaron los siguientes cálculos:

$$M_{suelto} = \frac{(W_{s+rec} - W_{rec})}{V_{rec}} \quad \text{Ec. (27)}$$

Donde " M_{suelto} " es el peso unitario seco de la arena (kg/m^3), " W_{s+rec} " es el peso del agregado más el recipiente (kg), " W_{rec} " es el peso del recipiente vacío (kg) y " V_{rec} " es el volumen del recipiente.

$$M_{suelto\ SSS} = M_{suelto} \left[1 + \frac{\%Abs}{100} \right] \quad \text{Ec. (28)}$$

Donde " $M_{suelto\ SSS}$ " es el peso unitario en condición superficie saturada seca (kg/m^3), " M_{suelto} " es el peso unitario seco de la arena (kg/m^3) y " $\%Abs$ " es el porcentaje de absorción.

$$\%Vacíos = \left[\frac{(G_{BS} \times W) - M_{suelto}}{(G_{BS} \times W)} \right] \times 100 \quad \text{Ec. (29)}$$

Donde " $\%Vacíos$ " es el porcentaje de vacíos, " G_{BS} " es la gravedad específica bruta del agregado, " M_{suelto} " es el peso unitario seco de la arena (kg/m^3) y " W " es la densidad del agua ($998 \text{ kg}/\text{m}^3$).

²¹ (ASTM C-40, 2013)

Impurezas orgánicas²¹

- Se llenó una botella de vidrio al nivel de 130 ml.
- Se agregó la solución de hidróxido de sodio
- Se tapó el frasco y se agitó vigorosamente, luego se dejó que se asentara por 24 h.
- Después de las 24h se comparó el color de la luz transmitido a través del líquido flotante sobre la muestra, con el color de la luz transmitido a través de la tabla de colores Gardner y se reportó si el color de la muestra era más oscuro o más claro que el color patrón (Nº3).

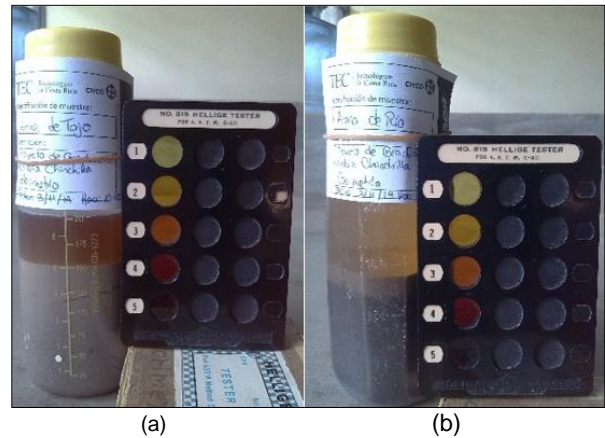


Figura 8. Ensayo de impurezas orgánicas para (a) arena de tajo y (b) arena de río.

Materiales más finos que la malla N°200²²

- Se obtuvo la muestra seca a lavar y se secó a $(110 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$ hasta masa constante. Se colocó la muestra del ensayo en un recipiente y se agregó suficiente agua para cubrirla.
- Se agitó la muestra para ocasionar una separación completa de todas las partículas que sean más finas que el tamiz No. 200 de las partículas más gruesas y para llevar el material fino a suspensión.

²² (ASTM C-117, 2013)

- Se procedió a verter el agua del lavado sobre los tamices anidados, arreglados con un tamiz No. 16 en la parte de arriba y el tamiz No. 200 en la parte inferior, como se muestra en la siguiente figura.



Figura 9. Lavado de material más fino que la malla N°200.

- Se repitió el punto anterior hasta que el agua de lavado estuviera clara y el material fuera visible a través del agua.
- Se devolvió el material retenido con un chorro de agua hacia el recipiente y se introdujo la muestra al horno a una temperatura uniforme de $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$.
- Se determinó la masa seca lavada
- El porcentaje de material pasando la malla N°200 se calculó utilizando la siguiente ecuación:

$$\%Mat_{.pas\ N^{\circ}200} = \frac{(W_{seco} - W_{seco\ lav.} + W_{Ret.charola.})}{W_{seco.}} \times 100 \text{ Ec. (30)}$$

Donde: “ W_{seca} ” es el peso de la arena seca al horno, “ $W_{seco\ lav}$ ” es el peso de la arena seca al horno lavada

Granulometría²³

- Se secó la muestra al horno a una temperatura de $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ hasta llegar a masa constante.
- Se pesó en la balanza para obtener la masa seca total.

²³ (ASTM C-144, 2011)

- Se seleccionaron los tamices con las aberturas adecuadas y se ordenaron en tamaño decreciente de aberturas de arriba hacia abajo y se colocó la muestra en el tamiz superior.
- Se agitó levemente los tamices para facilitar el paso de las partículas a través de la serie de tamices
- Se utilizó el tamizador mecánico, definiendo un tiempo no mayor a 10 min para realizar el tamizaje y también se efectuó de forma manual.



Figura 10. Tamizadora eléctrica utilizada en el ensayo de granulometría para agitar las mallas.

- Se limitó la cantidad de material en un tamiz de modo que todas las partículas tengan la oportunidad de llegar a las aberturas del tamiz varias veces durante el tamizado.
- Se evitó una sobrecarga de material en cualquier tamiz individual.
- Se continuó con el tamizado durante un periodo de tiempo suficiente.



Figura 11. Tamizado manual para el ensayo de granulometría.

- Luego de tamizar todo el material, se aseguró que el % de error fuera menor a 0,30% usando la siguiente ecuación:

$$\%Error = \frac{\sum W_{Ret} - W_{seco\ lav.}}{W_{seco\ lav.}} \times 100 \quad \text{Ec. (31)}$$

Donde: “ $\sum W_{Ret}$ ” es la sumatoria de los pesos retenidos de la arena en cada tamiz (g), “ $W_{seco\ lav.}$ ” es el peso de la arena seca al horno lavada (g)

- Se calculó el porcentaje retenido, porcentaje retenido acumulado y porcentaje pasando lo más cercano a 0,1%.
- Se calculó el módulo de finura mediante la siguiente fórmula:

$$Módulo\ de\ Finura = \frac{\sum_{\frac{3}{8}}^{\#100} W_{Ret.Acumulado}}{100} \quad \text{Ec. (32)}$$

Donde: “ $\sum_{\frac{3}{8}}^{\#100} W_{Ret.Acumulado}$ ” es la sumatoria de los pesos retenidos entre la malla N°100 y la malla 3/8 (g).

Gravedad específica y absorción²⁴

- Se secó el espécimen de muestra en una bandeja adecuada a masa constante a una temperatura de (110 ± 5) °C.
- Se le agregó agua y se dejó reposar por (24 ± 4) h.
- Se decantó el exceso de agua para evitar la pérdida de finos.



Figura 12. Decantado del exceso de agua para el ensayo de gravedad específica y absorción.

- Se expuso la muestra mediante medios mecánicos (plantilla eléctrica) a calor para alcanzar la condición superficie saturada seca.



Figura 13. Secado de las muestras para el ensayo de gravedad específica y absorción.

- Se realizó la prueba de humedad en la superficie (prueba del cono).

²⁴ (ASTM C-128, 2013)



(a)



(b)

Figura 14. Equipo utilizado (a) y procedimiento (b) de la prueba del cono para el ensayo de gravedad específica y absorción.

- Se realizó el procedimiento gravimétrico (picnómetro)
- Se llenó parcialmente el picnómetro con agua. y se introdujo dentro de él (500 ± 10) g de agregado fino en condición superficie saturada seca, luego se llenó con agua adicional hasta aproximadamente 90 % de la capacidad.



Figura 15. Equipo utilizado para el ensayo de gravedad específica y absorción.

- Se agitó el picnómetro, girando e invirtiéndolo de forma manual de 15 a 20 minutos para reducir las burbujas de aire.



Figura 16. Reducción de burbujas para el ensayo de gravedad específica y absorción.

- Se utilizó la punta de una toalla de papel para introducirla en el picnómetro y así disminuir la espuma que se forma luego de eliminar las burbujas de aire.
- Se removió el agregado fino del picnómetro y se secó a masa constante a una temperatura de (110 ± 5) °C, se enfrió al aire a temperatura ambiente por (1 ± ½) h y se determinó su masa.
- Se realizaron los siguientes cálculos:

$$G_{BS} = \frac{W_{seco}}{(W_{pic \#} + W_{Arena \ SSS} - W_{pic\#+ArenaSSS+Agua})} \quad \text{Ec. (33)}$$

Donde “ G_{BS} ” es la gravedad específica bruta del agregado, “ W_{seco} ” es el peso seco al horno superficie saturada del agregado fino (g), “ $W_{pic \#}$ ” es el peso del picnómetro (g), “ $W_{Arenasss}$ ” es el peso de la arena saturada superficie seca (g) y “ $W_{pic+Agua+Arenasss}$ ” es el peso del picnómetro con agua y la arena saturada superficie seca (g).

$$G_{BSSS} = \frac{W_{Arena \ SSS}}{(W_{pic \#} + W_{Arena \ SSS} - W_{pic\#+ArenaSSS+Agua})} \quad \text{Ec. (34)}$$

Donde “ G_{BSSS} ” gravedad específica saturada superficie seca del agregado, “ $W_{Arenasss}$ ” es el peso de la arena saturada superficie seca (g), “ $W_{pic \#}$ ” es el peso del picnómetro (g) y “ $W_{pic+Agua+Arenasss}$ ” es el peso del picnómetro con agua y la arena saturada superficie seca (g).

$$G_{ba} = \frac{W_{seco}}{(W_{pic\#} + W_{seco} + W_{pic\#+Arenasss+Agua})} \quad \text{Ec. (35)}$$

Donde G_{ba} Gravedad específica aparente del agregado, " W_{seco} " es el peso seco al horno superficie saturada del agregado fino (g), " $W_{pic\#}$ " es el peso del picnómetro (g) y " $W_{pic\#+Agua+Arenasss}$ " es el peso del picnómetro con agua y la arena saturada superficie seca (g).

$$\%Abs = \frac{W_{Arenasss} - W_{seco}}{W_{seco}} \times 100 \quad \text{Ec. (36)}$$

Donde " $\%Abs$ " porcentaje de absorción del agregado, " $W_{Arenasss}$ " es el peso de la arena saturada superficie seca (g) y " W_{seco} " es el peso seco al horno superficie saturada del agregado fino (g).

Corrección del agregado fino

Para cumplir con los límites granulométricos establecidos en la norma ASTM C-144 fue necesario realizar dos correcciones a ambos agregados finos:

- En la primera corrección para ambas arenas (río y tajo) fue necesario pasar todo el material a utilizar por la malla N°4 (4,75 mm) para eliminar el material más grueso, pero antes se lanzó la arena contra el viento con el fin de disminuir el exceso de finos; luego se realizó el análisis granulométrico nuevamente, no obstante no se cumplió con los límites.
- Se realizó una segunda corrección a las arenas tamizándolas con la malla N°10 (2,00 mm) y se realizaron todos los ensayos de caracterización nuevamente.

Moldeo de cubos de mortero hidráulico.

Se realizó la mezcla de mortero hidráulico con una proporción 1:3 y el moldeo de los cubos según lo estipulado en las normas ASTM que se detallan a continuación, además, adicionalmente se efectuó la medición de los moldes.

Todas las mezclas de mortero fueron realizadas en el cuarto de ambientes controlados de *LabCIVCO*



Figura 17. Cuarto de ambientes controlados 1 de *LabCIVCO* utilizado para la fabricación de cubos de mortero.

Medición de moldes

Se utilizaron dos tipos de moldes para la fabricación de los cubos, por lo que fue necesario tomar tres moldes de cada tipo y medirlos para promediar el área correspondiente a cada uno para el posterior cálculo de la resistencia de cada cubo.

- Se utilizó un calibrador vernier digital para tomar las medidas, se realizaron cuatro mediciones por cada lado y para la profundidad de cada uno de los tres cubos que conforman el molde.



Figura 18. Calibrador vernier utilizado en la medición de los moldes previo al moldeo de cubos de mortero.



Figura 19. Medición de los moldes previo al moldeo de cubos de mortero.

Mezcla mecánica para mortero.²⁵

- Se colocó la paleta seca y el recipiente seco en la posición de mezcla en la mezcladora.
- Se añadió el cemento al agua, se inició el mezclador y se mezcló a velocidad lenta (140 ± 5 r/min) durante 30 s.
- Se añadió la totalidad de la cantidad de arena lentamente durante un período de 30 segundos, mientras se mezclaba a velocidad lenta.
- Se detuvo la mezcladora, se cambió la velocidad de lenta a media (285 ± 10 r/min), y se mezcló durante 30 s.
- Se detuvo el mezclador y se dejó que el mortero se asentara durante 90 s. Durante los primeros 15 s de este intervalo, se raspó rápidamente hacia el lote cualquier tipo de mortero que se pueda haber acumulado en el lado de la taza; luego para el resto de este intervalo se cubrió el recipiente de la mezcladora con un paño.
- Se terminó de mezclar durante 60 s a velocidad media.

Flujo de mortero de cemento hidráulico.²⁶

- Se limpió y secó cuidadosamente la tabla de flujo y se colocó el molde de flujo en el centro.

²⁵ (ASTM C-305, 2013)



Figura 20. Mesa de flujo mecánica utilizada en el ensayo para el cálculo del flujo del mortero hidráulico.

- Se colocó una capa de mortero de 25 mm de espesor en el molde y se apisonó 20 veces con el compactador.
- La presión de apisonado fue suficiente para asegurar el llenado uniforme del molde y el apisonamiento se distribuyó uniformemente sobre la sección transversal de cada capa. Para la primera capa se inclinó levemente la compactadora al apisonar cerca del perímetro.
- Se llenó el molde con mortero y se apisonó como se especifica para la primera capa.
- Se enrasó el mortero para obtener una superficie plana con la parte superior del molde.
- Se limpió la superficie de la mesa y se levantó el molde lejos del mortero 1 min después de completar la operación de mezclado
- Se dejó caer la mesa 25 veces en 15 s
- Se usó un calibrador vernier para medir el diámetro del mortero a lo largo de las cuatro líneas trazadas en la superficie de la mesa.
- Se calculó el porcentaje de flujo con la siguiente fórmula:

$$\% \text{Flujo} = \left[\frac{\text{Lect. Final promedio} - \text{Lect. Inicial}}{\text{Lect. Inicial}} \right] \times 100 \quad \text{Ec. (37)}$$

²⁶ (ASTM C-1437, 2013)

Donde "*Lect.Final promedio*" es la lectura final promedio de las cuatro mediciones del diámetro del mortero (mm) y "*Lect.Inicial*" es la lectura inicial de 101,6 mm.

- Al calcular el porcentaje de flujo se verificó que fuera de $(110 \pm 5) \%$, en los casos en los que no se cumplió con dicho porcentaje el ensayo se repitió hasta que el porcentaje estuviera dentro del intervalo establecido.
- El flujo fue reportado al 1% más cercano.

Estimación de la resistencia a la compresión del mortero.²⁷

Moldeo de cubos de mortero.

Antes de la fabricación de los cubos de mortero fue necesario la preparación de los moldes:

- Se limpiaron las caras del molde y la placa de base con un paño lo necesario para eliminar cualquier exceso de agente antiadherente y para lograr una capa delgada, incluyendo el recubrimiento en las superficies interiores.
- Se utilizó un lubricante en aerosol, el cual se roció directamente sobre las caras del molde y la placa base desde una distancia de 150 a 200 mm para lograr una cobertura completa.
- Después de rociar, se limpió la superficie con un paño para eliminar cualquier exceso de lubricante en aerosol. El recubrimiento de residuos debe ser sólo suficiente para permitir que una huella de dedo pueda permanecer tras aplicar una ligera presión.
- Como los lubricantes en aerosol se evaporan, los moldes debieron ser revisados para ver si tenían un recubrimiento suficiente de lubricante inmediatamente antes del uso.
- Se sellaron las superficies en las que las mitades del molde se unen aplicando una ligera capa de lubricante y se retiró el exceso de grasa con un paño.

Se completó la consolidación del mortero en los moldes mediante el apisonamiento a mano de la siguiente forma:

- Se empezó a moldear las muestras con un tiempo transcurrido de no más de 2 min y 30 s después de haber completado la mezcla original del lote de mortero.
- Se colocó una capa de mortero de 25 mm (aproximadamente un medio de la profundidad del molde) en todos los compartimentos del molde como en la *Figura 21*. Se apisonó el mortero en cada compartimiento cubico 32 veces en 4 rondas de unos 10 s cada ronda (fueron de ocho golpes adyacentes sobre la superficie de la muestra) como se ilustra en la *Figura 22*. Las 4 rondas de apisonado (32 golpes) del mortero se completaron en un cubo antes de pasar al siguiente. La presión de apisonado fue la suficiente para asegurar el llenado uniforme de los moldes.



Figura 21. Colocación de la primera capa de mezcla para ser apisonada.

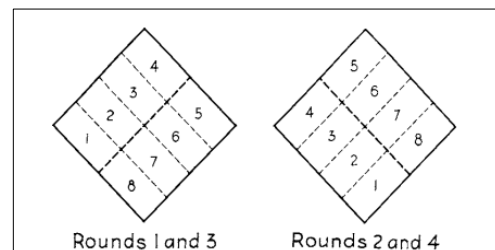


Figura 22. Orden de apisonamiento de los especímenes de moldeo para el ensayo de resistencia a la compresión de cubos de mortero hidráulico. Fuente: (ASTM C-109 , 2013)

²⁷ (ASTM C-109 , 2013)

- Para la segunda capa se rellenaron los compartimentos con el mortero restante dejando un excedente en la superficie de cada compartimiento y luego se apisonó como se especificó para la primera capa.



Figura 23. Apisonamiento de la segunda capa de mezcla de los especímenes para el ensayo de resistencia a la compresión de cubos de mortero hidráulico.

- Con una espátula se retiró el excedente de material de la superficie del molde y se enrasó, luego con la parte plana de la espátula se niveló la superficie de cada cubo.



Figura 24. Nivelación de la segunda capa de mezcla de los especímenes para el ensayo de resistencia a la compresión de cubos de mortero hidráulico.

- Los cubos de mortero permanecieron en el cuarto de ambientes controlados durante 24h, luego se desmoldaron

cuidadosamente y se transportaron directamente a la cámara húmeda.



Figura 25. Cubos de mortero para el ensayo de resistencia a la compresión de cubos de mortero hidráulico.



Figura 26. Cubos de mortero en la cámara húmeda para el ensayo de resistencia a la compresión de cubos de mortero hidráulico.

Falla de cubos de mortero.

- Todas las muestras de ensayo para una edad de prueba determinada fueron falladas dentro de la tolerancia permitida en el *Cuadro 10*, para las edades de 14, 56 y 90 días se realizó una proyección para la tolerancia permitida para la falla de estas edades.

CUADRO 10. TOLERANCIA PERMITIDA PARA LA FALLA DE CUBOS DE MORTERO	
EDAD DE PRUEBA	TOLERANCIA PERMITIDA
24 h	$\pm 1/2$ h
3 días	± 1 h
7 días	± 3 h
28 días	± 12 h

Fuente: (ASTM C-109 , 2013)

- Para cada edad de falla se retiró más de una muestra a la vez de la cámara húmeda, las cuales se mantuvieron en agua a una temperatura de (23 ± 2) °C y de suficiente profundidad para que se sumergiera completamente cada muestra hasta el momento del ensayo.



Figura 27. Cubos de mortero sumergidos en agua, previo a ser fallados en el ensayo de resistencia a la compresión de cubos de mortero hidráulico.

- Se limpió cada muestra a una condición de superficie seca y se eliminó los granos de arena sueltos o incrustaciones de las caras que estarían en contacto con los bloques de soporte de las máquinas de ensayos.
- Se aplicó la carga a las caras de la muestra que estuvieron en contacto con

las verdaderas superficies planas del molde. Se colocó con cuidado la muestra en la máquina de ensayo por debajo del centro del soporte superior del bloque.



Figura 28. Máquina de fallas utilizada en el ensayo de resistencia a la compresión de cubos de mortero hidráulico.



Figura 29. Colocación de la muestra en la máquina de fallas para el ensayo de resistencia a la compresión de cubos de mortero hidráulico.



Figura 30. Aplicación de la carga a la muestra en la máquina de fallas para el ensayo de resistencia a la compresión de cubos de mortero hidráulico.

- Se registró la carga máxima total indicada por la máquina de ensayos y se calculó la resistencia a la compresión como sigue:

$$F_m = \frac{P}{A} \quad \text{Ec. (38)}$$

Donde, “ F_m ” es la resistencia a la compresión (MPa), “ P ” es la carga máxima total (N) y “ A ” es el área de la superficie cargada (mm^2).

- El promedio de la resistencia a la compresión de todos ejemplares de la misma muestra se reportaron al 0,1 MPa más cercano.

Análisis estadístico

Para la elaboración de los cubos de mortero hidráulico se controló la mayor cantidad de variables que pudieran afectar de alguna forma los resultados con respecto a la resistencia, con el fin de disminuir el error no controlado, el cual se origina por los factores que no se controlaron y que afectaron de cierto modo los resultados. Dichas variables son las siguientes:

- Temperatura
- Tipo de cemento (UG, UG-AR, MP).
- Marca de los cementos (Marca A y Marca B).
- Tipo de agregado fino (arena de tajo y de río).

- Porcentaje de flujo de cada mezcla de mortero ($110 \pm 5 \%$).
- Edad de falla de los cubos de mortero (7, 14, 28, 56 y 90 días).

Luego de identificar y controlar las variables, se establecieron los diferentes tratamientos para realizar el análisis estadístico, éstos son los promedios de los seis datos de resistencia para una edad específica de una mezcla de mortero. Los tratamientos usados en este proyecto fueron los siguientes:

- 1) Arena de tajo * Cemento marca A–UG.
- 2) Arena de río * Cemento marca A–UG.
- 3) Arena de tajo * Cemento marca A– UG - AR.
- 4) Arena de río * Cemento marca A– UG - AR.
- 5) Arena de tajo * Cemento marca B–UG.
- 6) Arena de río * Cemento marca B–UG.
- 7) Arena de tajo * Cemento marca B– UG - AR.
- 8) Arena de río * Cemento marca B– UG - AR.
- 9) Arena de tajo * Cemento marca B–MP.
- 10) Arena de río * Cemento marca B–MP.

Estadística descriptiva

Según la edad, para cada uno de los tratamientos se calcularon los siguientes estadísticos:

- Media (\bar{X}) (MPa).
- Varianza (S^2) (MPa).
- Desviación estándar (S) (MPa).
- Coeficiente de variación (CV) (%).

Análisis de varianza (ANOVA)

Para cada edad de falla (7, 14, 28, 56 y 90 días) se realizó un análisis de varianza de dos factores (Arena y Cemento) con varias muestras por grupo, utilizando el módulo de análisis estadístico de Excel 2013 con un valor de significancia de $\alpha = 0,05$.

Esta prueba se utiliza para comparar los promedios de la resistencia y determinar si existen o no diferencias significativas entre ellos, esto mediante la aplicación de la prueba de F.

Al aplicar este análisis a los datos de resistencia se separan las fuentes de variación, por lo que es posible obtener el error no controlado.

$$H_0: \bar{X}_1 = \bar{X}_2 = \bar{X}_3 = \dots = \bar{X}_n$$

Para este análisis se estableció la siguiente hipótesis:

EDAD DE FALLA DE LOS CUBOS					
Cemento Arena	Marca A-UG	Marca A-UG-AR	Marca B-UG	Marca B-UG-AR	Marca B-MP
Tajo	Repetición 1	Repetición 1	Repetición 1	Repetición 1	Repetición 1
	Repetición 2	Repetición 2	Repetición 2	Repetición 2	Repetición 2
	Repetición 3	Repetición 3	Repetición 3	Repetición 3	Repetición 3
	Repetición 4	Repetición 4	Repetición 4	Repetición 4	Repetición 4
	Repetición 5	Repetición 5	Repetición 5	Repetición 5	Repetición 5
	Repetición 6	Repetición 6	Repetición 6	Repetición 6	Repetición 6
Río	Repetición 1	Repetición 1	Repetición 1	Repetición 1	Repetición 1
	Repetición 2	Repetición 2	Repetición 2	Repetición 2	Repetición 2
	Repetición 3	Repetición 3	Repetición 3	Repetición 3	Repetición 3
	Repetición 4	Repetición 4	Repetición 4	Repetición 4	Repetición 4
	Repetición 5	Repetición 5	Repetición 5	Repetición 5	Repetición 5
	Repetición 6	Repetición 6	Repetición 6	Repetición 6	Repetición 6

Fuente: Elaboración propia. Excel 2013.

Figura 31. Modelo utilizado para la prueba de análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo

Prueba de Tukey

Al comprobar con el análisis de varianza de dos factores la existencia de diferencias significativas en al menos uno de los promedios, se procedió a aplicar esta prueba para comparar pares de medias utilizando el criterio de Tukey, con el fin de identificar las combinaciones en las que se presentaban dichas diferencias.

procurando que el coeficiente de determinación fuera lo más cercano a 1.

Correlación y regresión

Se determinó el grado en que la resistencia y la edad tienden a cambiar de manera conjunta, se utilizó la herramienta de graficación de Excel 2013, con la cual se buscó el modelo de regresión que presentaba la tendencia más adecuada según el comportamiento habitual que tienen los morteros al desarrollarse su resistencia, siempre

Resultados

Caracterización de agregados

A continuación se presentan los datos obtenidos de la caracterización de los agregados finos con la última corrección (Material pasando la malla N°10 (2,00 mm)), material que fue el utilizado en la fabricación de los cubos de mortero.

En la sección de Apéndices en el apartado 1 se encuentra la caracterización realizada al material sin corregir y la del material pasando la malla N°4.

Arena de Tajo

Análisis granulométrico

CUADRO 11. DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO			
%Pas	Especificaciones		Diámetro Tamiz (mm)
	Límite Inferior	Límite Superior	
100,00	100	100	4,75 (#4)
100,00	95	100	2,36 (#8)
84,18	70	100	1,18 (#16)
57,79	40	75	0,60 (#30)
33,96	10	35	0,30 (#50)
15,78	2	15	0,15 (#100)
1,11	0	5	0,075 (#200)

Fuente: Elaboración propia. Excel 2013.

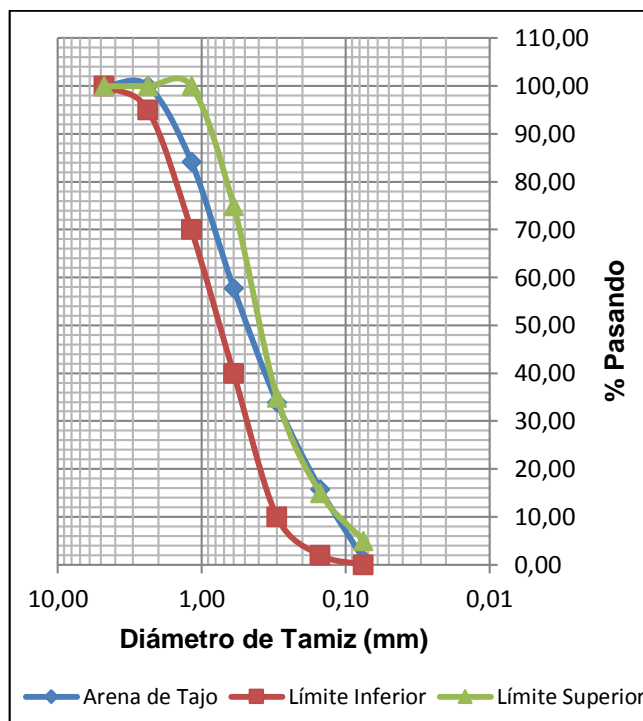


Figura 32. Curva granulométrica para la arena de tajo. Fuente: Elaboración propia. Excel 2013.

CUADRO 12. DESCRIPCIÓN DEL AGREGADO	
Dato	Valor
Humedad	4%
G _{BS}	2,13
G _{BSSS}	2,34
G _{ba}	2,71
%Abs	10%
Peso unitario suelto	1377,17 kg/m ³
Peso unitario suelto saturada superficie seca	1378,56 kg/m ³
% Vacíos	35%

Fuente: Elaboración propia. Excel 2013

CUADRO 13. PARÁMETROS		
Ensayo	Requisito	Valor
Módulo de finura	$1,6 < MF < 2,5$	2,08
Lavado malla N°200	Máx. 4%	4%
Colorimetría	\leq Color Patrón N°3	Cumple

Fuente: Elaboración propia. Excel 2013

Arena de Río

Análisis granulométrico

CUADRO 14. DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO			
%Pas	Especificaciones		Diámetro Tamiz (mm)
	Límite Inferior	Límite Superior	
100,00	100	100	4,75 (#4)
100,00	95	100	2,36 (#8)
88,51	70	100	1,18 (#16)
66,22	40	75	0,60 (#30)
37,35	10	35	0,30 (#50)
10,58	2	15	0,15 (#100)
0,43	0	5	0,075 (#200)

Fuente: Elaboración propia. Excel 2013.

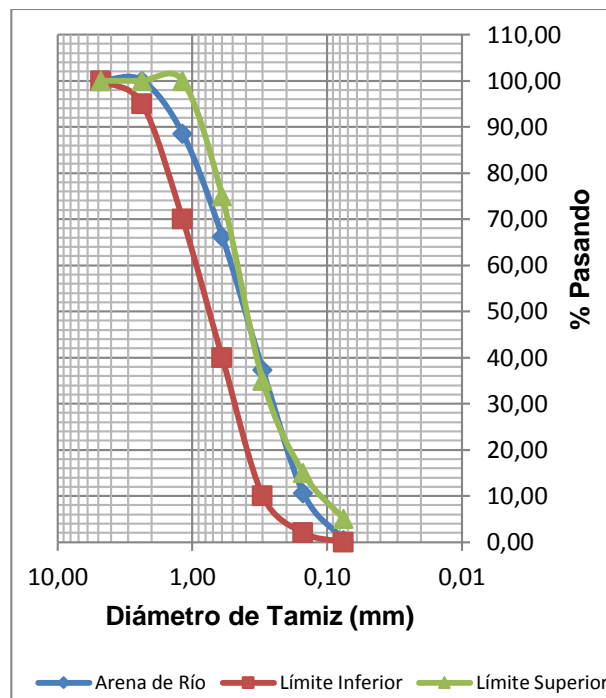


Figura 33. Curva granulométrica para la arena de río.

Fuente: Elaboración propia. Excel 2013.

CUADRO 15. DESCRIPCIÓN DEL AGREGADO	
Dato	Valor
Humedad	2,95%
G _{BS}	2,34
G _{BSSS}	2,48
G _{ba}	2,74
%Abs	6,29%
Peso unitario suelto	1423,89 kg/m ³
Peso unitario suelto saturada superficie seca	1424,78 kg/m ³
% Vacíos	39%

Fuente: Elaboración propia. Excel 2013

CUADRO 16. PARÁMETROS		
Ensayo	Requisito	Valor
Módulo de finura	$1,6 < MF < 2,5$	1,97
Lavado malla N°200	Máx. 4%	3%
Colorimetría	\leq Color Patrón N°3	Cumple

Fuente: Elaboración propia. Excel 2013

Medición de moldes

En la sección de Apéndices apartado se encuentran los cuadros con los datos correspondientes a estas mediciones, de los cuales se extrae lo siguiente:

Moldes Antiguos:

Área (cm ²) =	25,71
Volumen (cm ³) =	131,14

Moldes Nuevos:

Área (cm ²)=	24,97
Volumen (cm ³)=	124,70

Fabricación de cubos de mortero.

En lo que respecta a los datos recabados durante el moldeo de cubos de mortero, como es el caso del porcentaje de flujo, éste se encuentra en la sección de Apéndices de forma más detallada considerando las repeticiones del mismo. Además, en esa sección se encuentran los cuadros con los datos obtenidos de las fallas para cada una de las mezclas.

A continuación se presenta un cuadro resumen con los diseños de mezcla utilizados en este proyecto., como los ensayos se realizaron en un laboratorio su dosificación fue realizada por peso, sin embargo al realizar mezcla en sitio se suele emplear la dosificación por volumen.

CUADRO 17. DISEÑO DE MEZCLA PARA LOS CUBOS DE CEMENTO HIDRÁULICO (DOSIFICACIÓN POR PESO)							
Mezcla	Relación	Cemento (g)	Arena (g)	Agua (cc)	R _{A-C}	% Flujo	Temperatura (°C)
Marca A-UG-Tajo	1:3	2500	7500	2150	0,86	115	21
Marca A-UG-Río	1:3	2500	7500	1800	0,72	115	21
Marca A-UG-AR-Tajo	1:3	2500	7500	2000	0,80	115	21
Marca A-UG-AR-Río	1:3	2500	7500	1725	0,69	111	21
Marca B-UG-Tajo	1:3	2500	7500	1900	0,76	109	21
Marca B-UG-Río	1:3	2500	7500	1850	0,74	111	21
Marca B-UG-AR-Tajo	1:3	2500	7500	2060	0,82	105	21
Marca B-UG-AR-Río	1:3	2500	7500	1773	0,71	108	21
Marca B-MP-Tajo	1:3	2500	7500	1975	0,79	111	21
Marca B-MP-Río	1:3	2500	7500	1825	0,73	106	21

Fuente: Elaboración propia. Excel 2013

Análisis estadístico

En este apartado se presentarán únicamente los resultados del análisis estadístico perteneciente a la edad de 14 días, considerando todas las

combinaciones a esta edad. No se presentan los análisis correspondientes a las demás edades porque a todas se les aplicó las mismas pruebas. El análisis completo se encuentra en la sección de Apéndices apartado 3.

Estadística descriptiva

Edad14 días

CUADRO 18. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA PARA VALORES DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON ARENA DE TAJO							
Cemento	N	Media (MPa)	Error estándar de la media	Desviación Estándar (MPa)	Varianza (MPa)	Coefficiente de Variación (%)	Rango
Marca A- UG-AR	6	32,44	1,14	2,79	7,78	8,60	7,62
Marca A-UG	6	30,156	0,314	0,768	0,590	2,55	1,83
Marca B- UG-AR	6	35,50	1,84	4,51	20,34	12,70	13,03
Marca B-MP	6	33,637	0,713	1,746	3,048	5,19	4,43
Marca B-UG	6	36,982	0,954	2,338	5,466	6,32	6,38

Fuente: Elaboración propia. Excel 2013

CUADRO 19. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA PARA VALORES DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON ARENA DE RÍO							
Cemento	N	Media (MPa)	Error estándar de la media	Desviación Estándar (MPa)	Varianza (MPa)	Coefficiente de Variación (%)	Rango
Marca A- UG-AR	6	29,215	0,371	0,909	0,827	3,11	2,20
Marca A-UG	6	22,706	0,287	0,703	0,494	3,09	1,56
Marca B- UG-AR	6	30,330	0,496	1,214	1,475	4,00	2,92
Marca B-MP	6	24,515	0,398	0,975	0,951	3,98	2,24
Marca B-UG	6	22,545	0,294	0,720	0,519	3,19	2,06

Fuente: Elaboración propia. Excel 2013

ANOVA de dos factores

A continuación se presentan los resultados obtenidos con el análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo aplicado a cada edad (7,14, 28, 56 y 90 días), en la que se evaluó los promedios del tipo de arena, tipo de cemento y las combinaciones entre ellos, para así

detectar la existencia de diferencias significativas entre sí.

Edad14 días

CUADRO 20. ANÁLISIS DE VARIANZA DE DOS FACTORES CON VARIAS MUESTRAS POR GRUPO A LA EDAD DE 14 DÍAS CON $\alpha=0,05$

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Muestra (Arenas)	931,72	1	931,72	224,58	3,98,E-20	4,03
Columnas (Cementos)	271,58	4	67,90	16,37	1,24,E-08	2,56
Interacción	221,10	4	55,28	13,32	1,84,E-07	2,56
Error	207,44	50	4,15			
Total	1631,85	59				

Comentarios

Como el valor de P es menor a 0,05 se rechaza la H_0 , por lo que: **Para la Arena** al menos una de las medias de la resistencia de una de las arenas va a ser diferente, con un 95% de confiabilidad. **Para el Cemento** al menos una de las medias de la resistencia de uno de los cementos va a ser diferente, con un 95% de confiabilidad. **Para la Interacción** al menos una de las medias de la resistencia de una de las interacciones (Arena * Cemento) va a ser diferente, con un 95% de confiabilidad.

Para la Arena, el valor de F (224,579) es mayor que el Valor Crítico de F (4,034) indicando que sí hay diferencias significativas entre los valores de los grupos de las arenas. **Para el Cemento**, el valor de F (16,365) es mayor que el Valor Crítico de F (2,557) indicando que sí hay diferencias significativas entre los valores de los grupos de los cementos. **Para la Interacción**, el valor de F (13,324) es mayor que el Valor Crítico de F (2,557) indicando que sí hay diferencias significativas entre los valores de los grupos al combinar arenas con cementos.

Fuente: Elaboración propia. Excel 2013

La siguiente gráfica se confeccionó utilizando el software Minitab 17, en dicha figura se presenta para cada edad el promedio de los valores

individuales de cada combinación, con su respectiva banda de error.

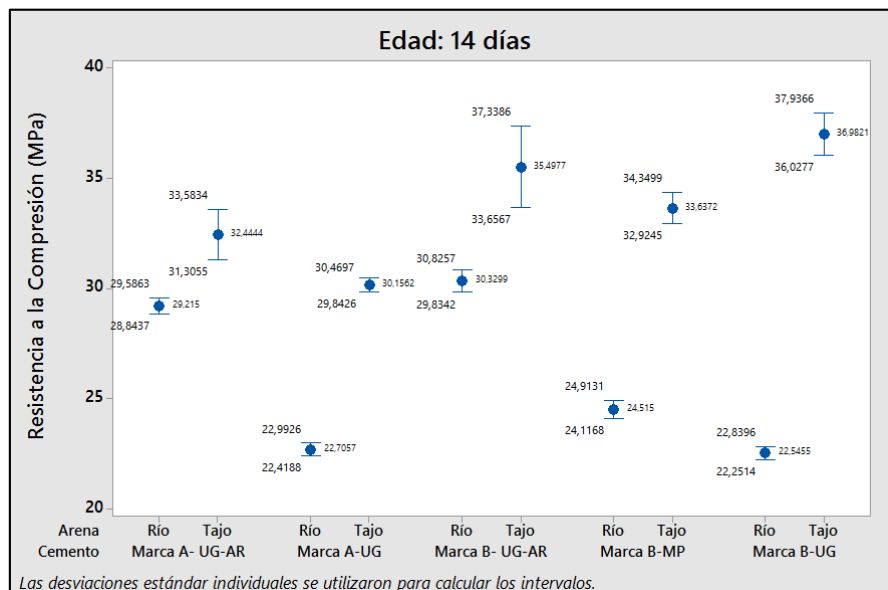


Figura 34. Representación gráfica de los valores individuales y sus promedios, con su respectiva banda de error para la edad de 14 días. *Fuente: Elaboración propia. Minitab 17.*

Prueba de Tukey

Teniendo el conocimiento de que existen diferencias significativas entre los promedios del tipo de arena, tipo de cemento y las combinaciones entre ellos con la ANOVA de dos

factores, se procede a establecer cuáles son las combinaciones en las que existen diferencias significativas entre los valores de sus promedios, para así detectar el que aparentemente sea el mejor cemento, mejor arena y mejor combinación para cada edad (7, 14, 28, 56 y 90 días).

Edad 14 días

CUADRO 21. PRUEBAS DE COMPARACIÓN MÚLTIPLE DE PROMEDIOS				
Grupo 1	Grupo 2	$ \bar{y}_i - \bar{y}_j $	W	¿Existen diferencias significativas?
Combinaciones				
Tajo-Marca B-UG	Río-Marca B- UG-AR	6,65	4,28	Sí
Tajo-Marca B-UG	Tajo-Marca B- UG-AR	1,48	4,28	No
Tajo-Marca B-UG	Río-Marca A- UG-AR	7,77	4,28	Sí
Tajo-Marca B-UG	Tajo-Marca A-UG	6,83	4,28	Sí
Cemento				
Marca B- UG-AR	Marca A-UG	6,48	2,36	Sí
Marca B- UG-AR	Marca B-UG	3,15	2,36	Sí
Marca B- UG-AR	Marca A- UG-AR	2,08	2,36	No
Marca B- UG-AR	Marca B-MP	3,84	2,36	Sí
Arena				
Tajo	Río	7,88	2,36	Sí
Comentarios				
Aparentemente a la edad de 14 días con respecto a los valores de resistencia, la mejor arena es la de Tajo, el mejor cemento el de la Marca B- UG-AR y la mejor combinación Tajo-Marca B- UG.				
Se puede decir que a la edad de 14 días el cemento de la Marca B- UG-AR es muy parecido al de la Marca A-UG-AR y que las combinaciones de Tajo-Marca B-UG y Tajo-Marca B- UG-AR son similares.				

Fuente: Elaboración propia. Excel 2013.

CUADRO 22. RESULTADOS MÁS REPRESENTATIVOS DE CADA EDAD OBTENIDOS CON LA PRUEBA DE TUKEY			
Edad (días)	Arena	Cemento	Combinación
7	Tajo	Marca B- UG-AR	Tajo - Marca B- UG
14	Tajo	Marca B- UG-AR	Tajo - Marca B- UG
28	Tajo	Marca A- UG-AR	Tajo - Marca A- UG-AR
56	Tajo	Marca B- UG-AR	Tajo - Marca B- UG
90	Tajo	Marca B- UG-AR	Tajo - Marca B- UG

Fuente: Elaboración propia. Excel 2013.

Desarrollo de la resistencia

A continuación se presentan las curvas que evidencian el comportamiento de la resistencia del mortero a edades avanzadas, cada una de las gráficas contienen también sus respectivos intervalos de confianza.

Marca A- UG

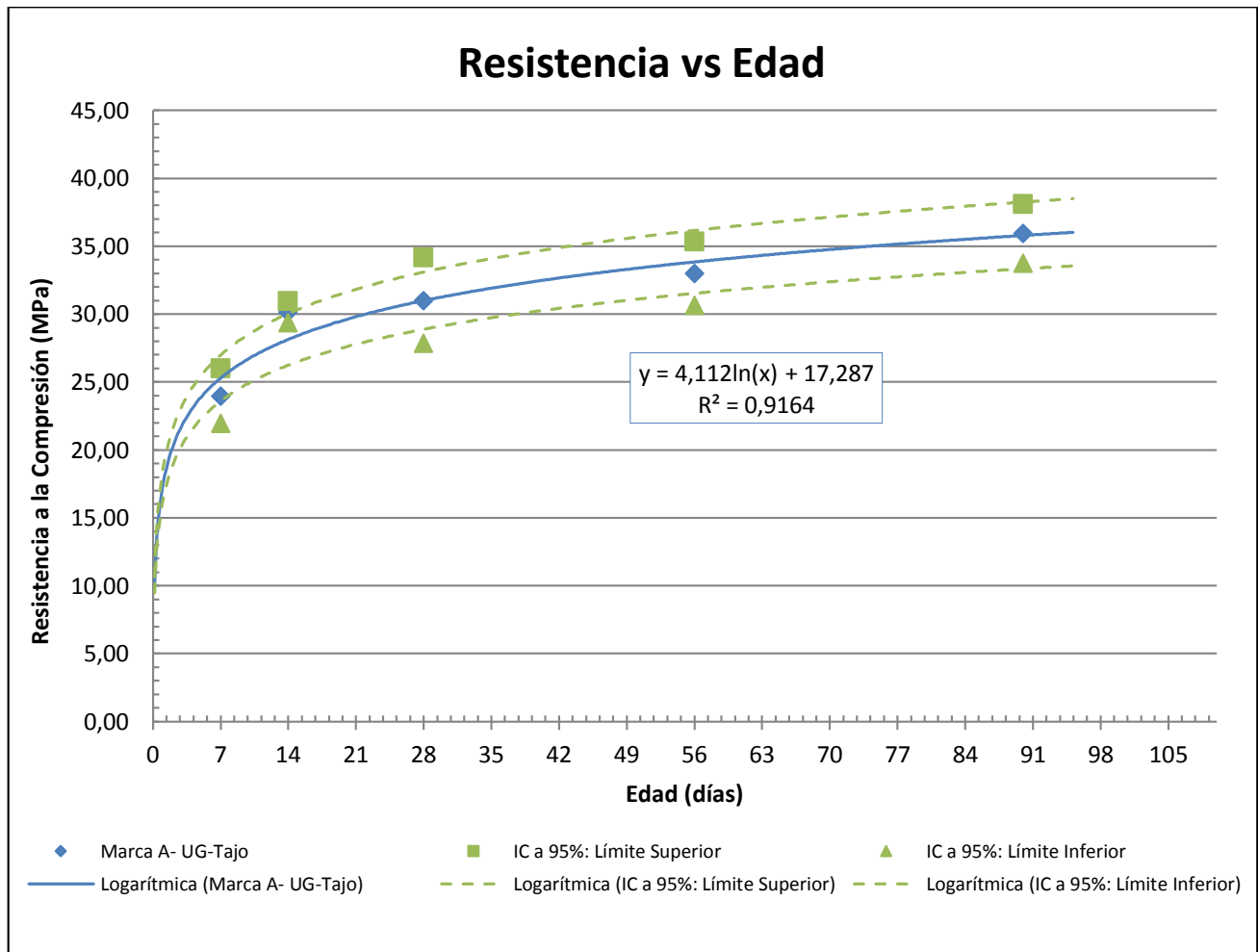


Figura 35. Gráfico de resistencia a la compresión vs edad para mortero, utilizando el cemento Marca A-UG con arena de tajo y su respectivo intervalo de confianza al 95%. Fuente: Elaboración propia. Excel 2013.

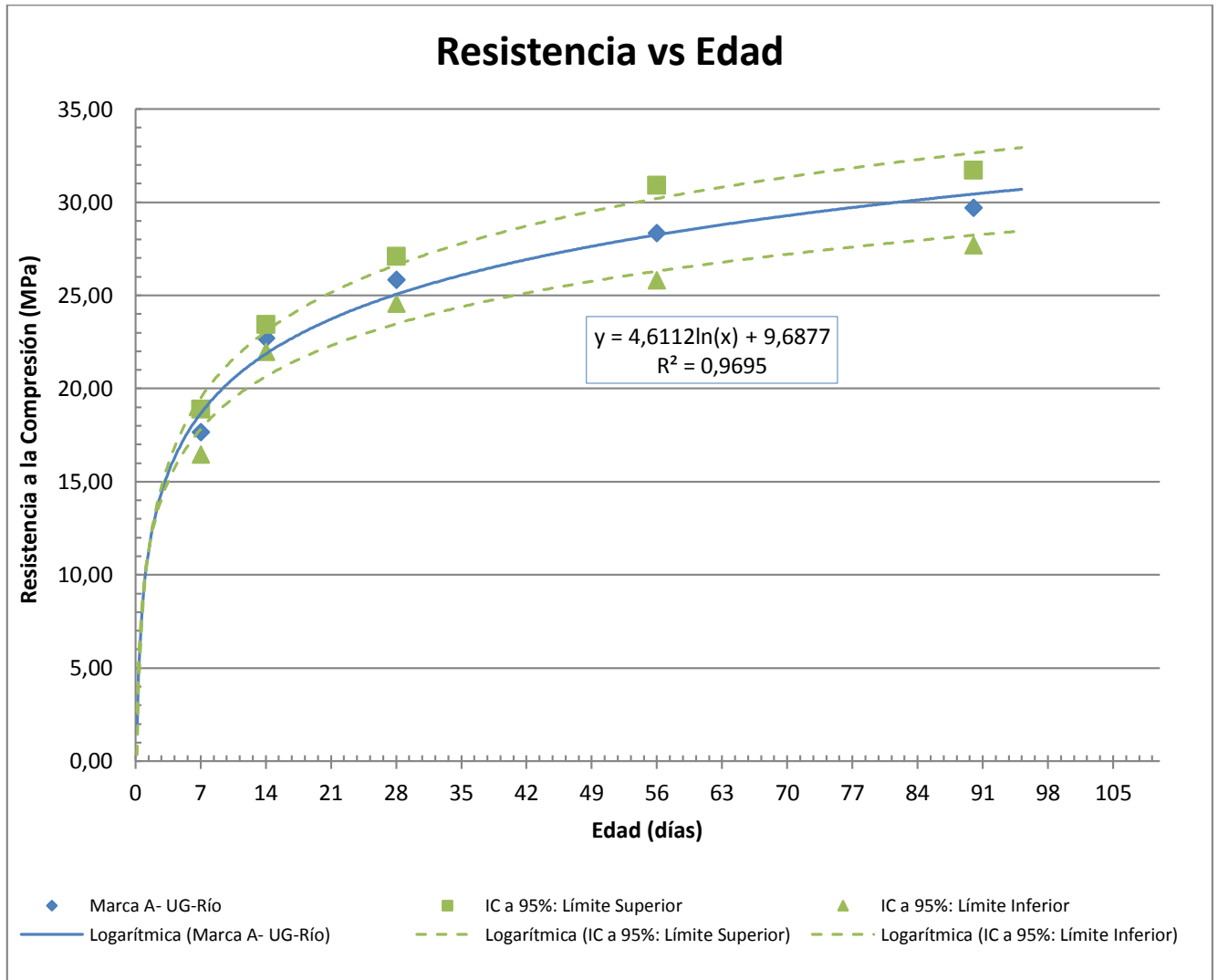


Figura 36. Gráfico de resistencia a la compresión vs edad para mortero, utilizando el cemento Marca A-UG con arena de río y su respectivo intervalo de confianza al 95%. Fuente: *Elaboración propia. Excel 2013.*

Marca A- UG-AR

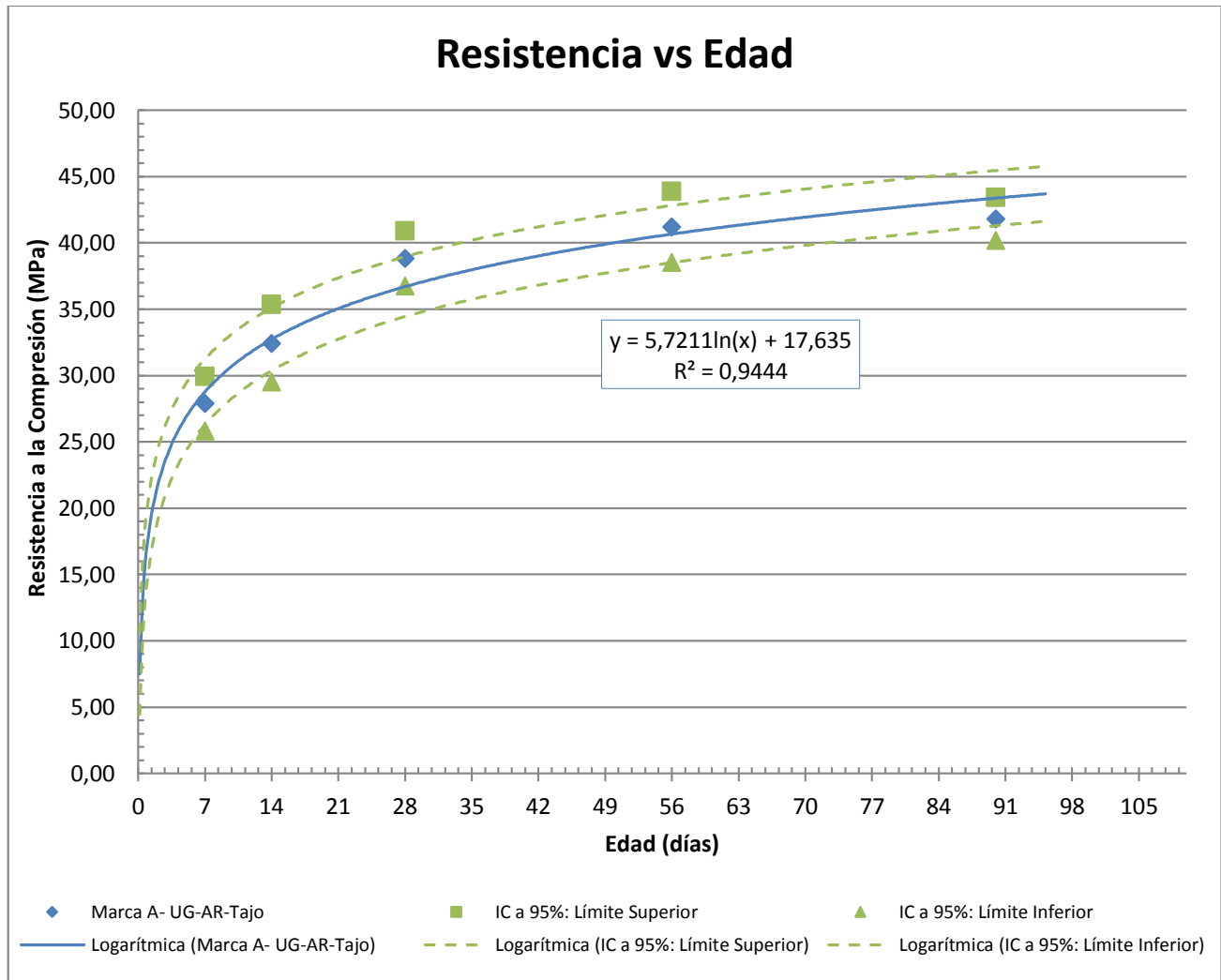


Figura 37. Gráfico de resistencia a la compresión vs edad para mortero, utilizando el cemento Marca A-UG-AR con arena de tajo y su respectivo intervalo de confianza al 95%. Fuente: *Elaboración propia. Excel 2013.*

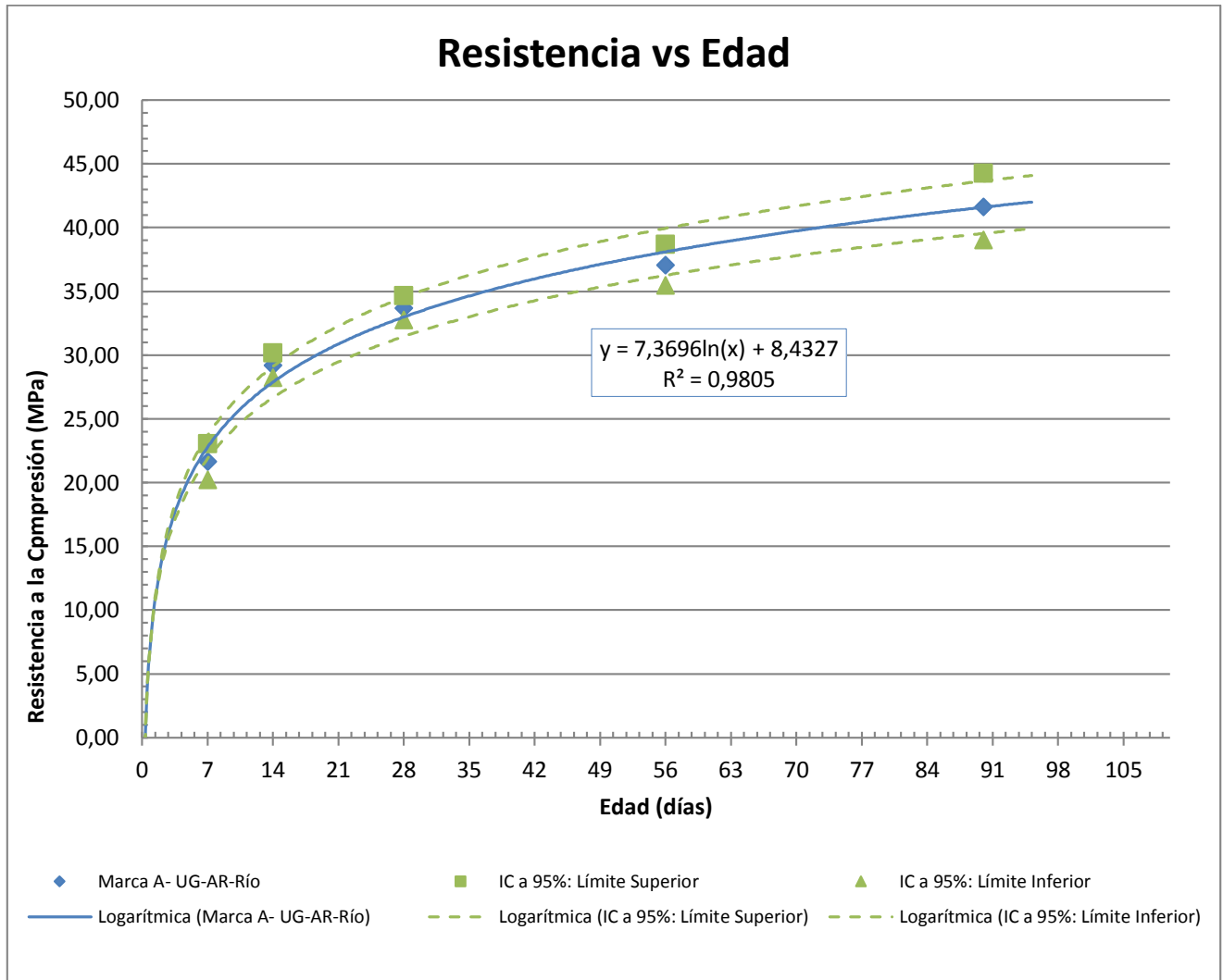


Figura 38. Gráfico de resistencia a la compresión vs edad para mortero, utilizando el cemento Marca A-UG-AR con arena de río y su respectivo intervalo de confianza al 95%. Fuente: *Elaboración propia. Excel 2013.*

Marca B- UG

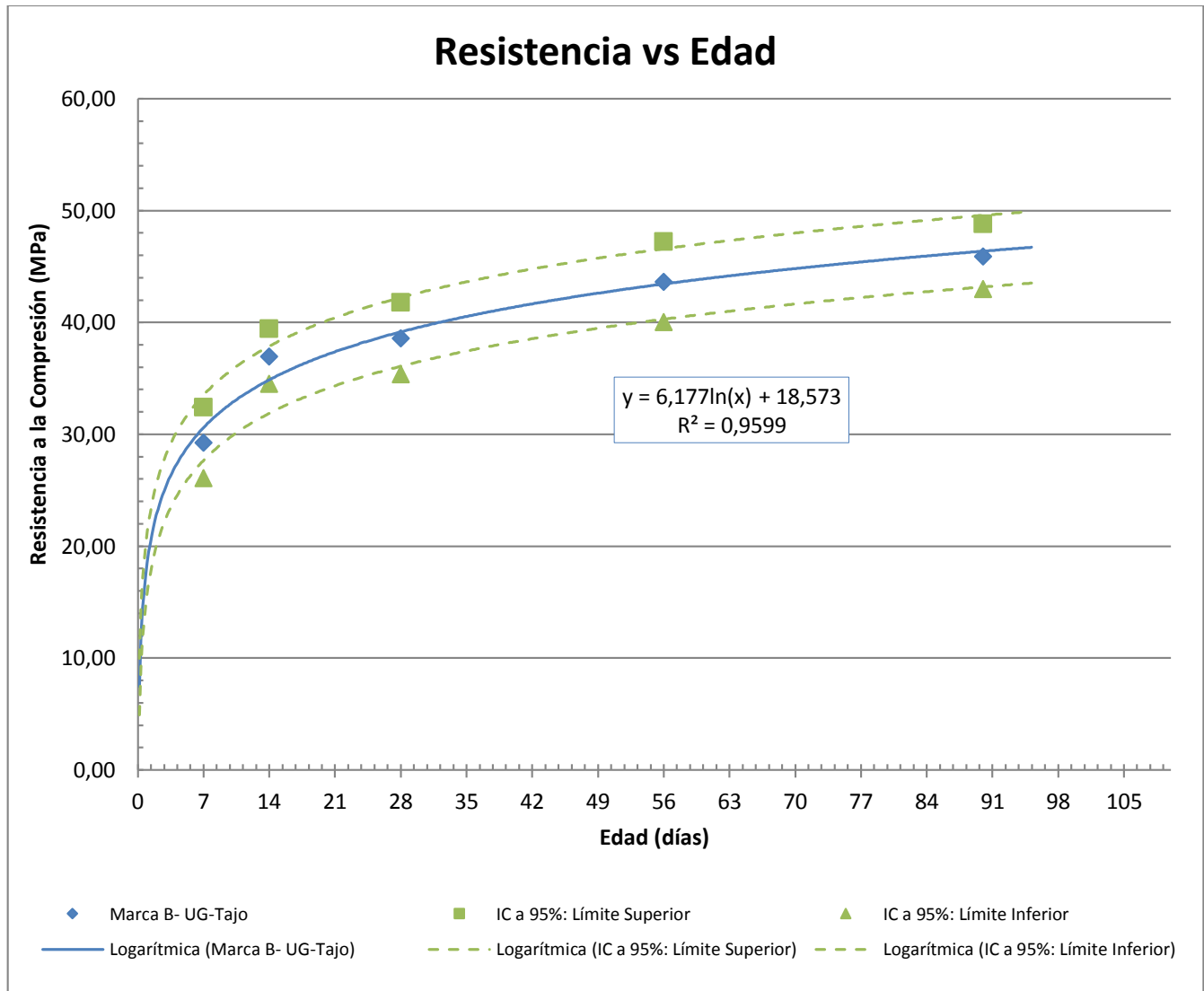


Figura 39. Gráfico de resistencia a la compresión vs edad para mortero, utilizando el cemento Marca B- UG con arena de tajo y su respectivo intervalo de confianza al 95%. Fuente: *Elaboración propia. Excel 2013.*

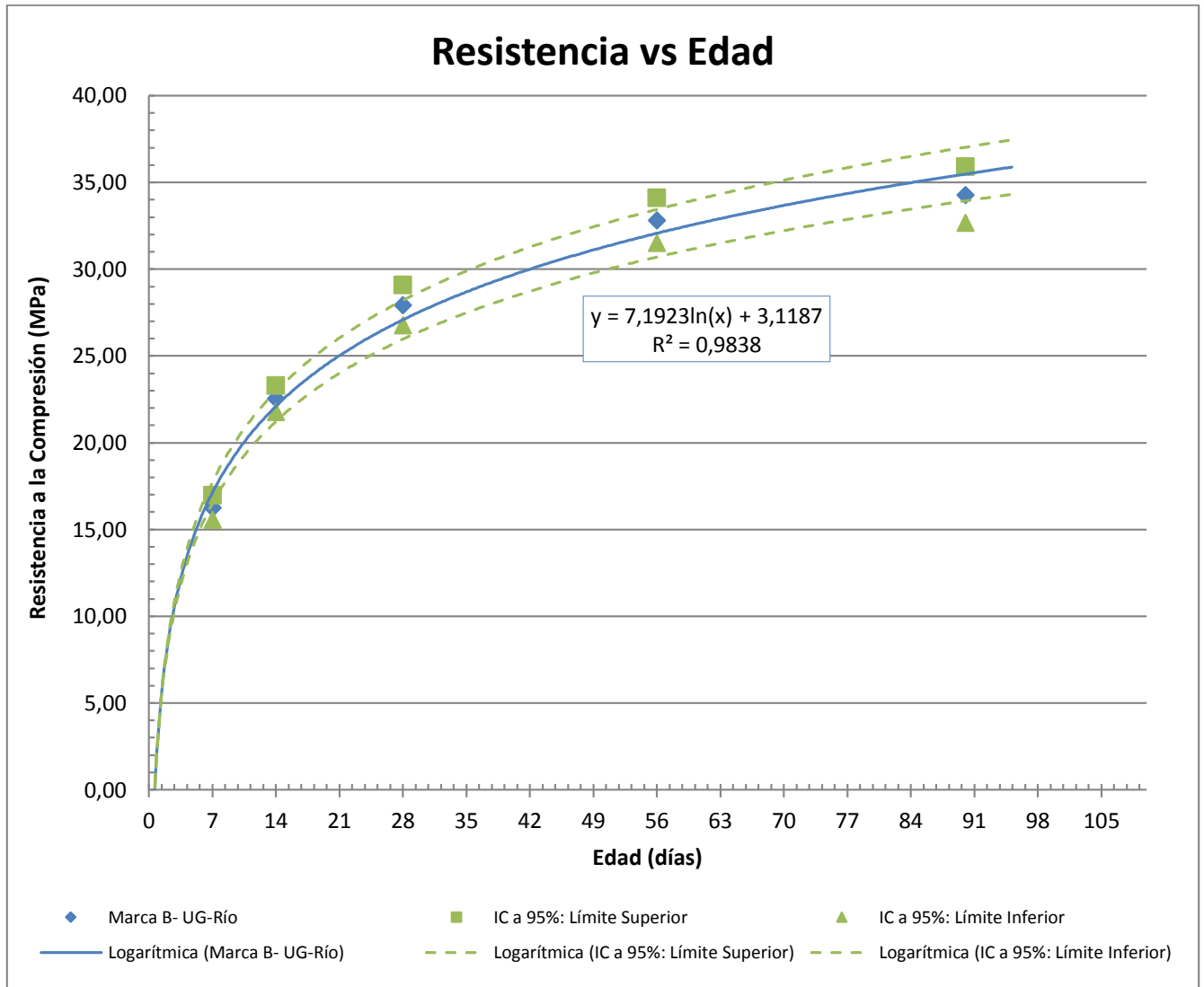


Figura 40. Gráfico de resistencia a la compresión vs edad para mortero, utilizando el cemento Marca B-UG con arena de río y su respectivo intervalo de confianza al 95%. Fuente: *Elaboración propia. Excel 2013.*

Marca B- UG-AR

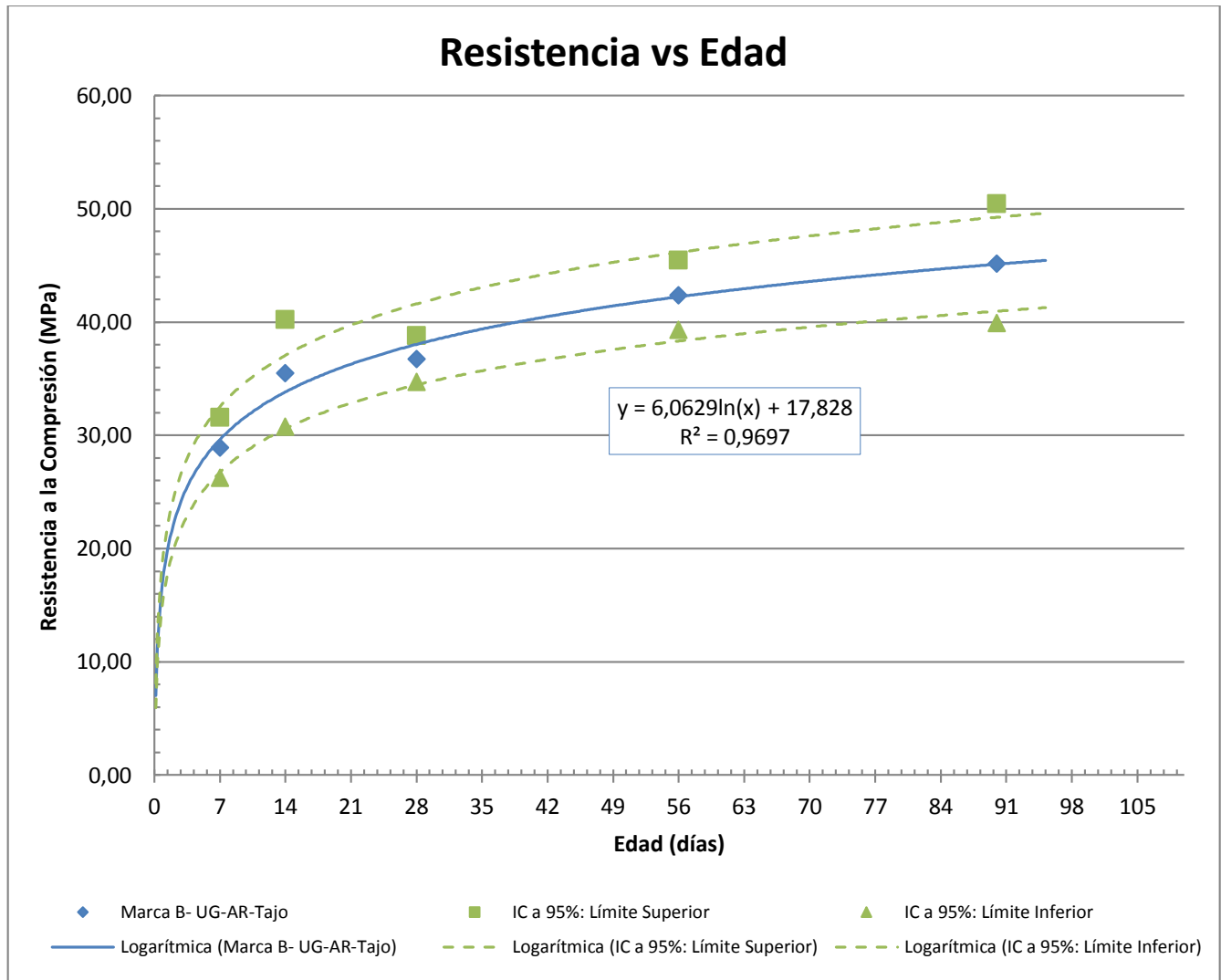


Figura 41. Gráfico de resistencia a la compresión vs edad para mortero, utilizando el cemento Marca B- UG-AR con arena de tajo y su respectivo intervalo de confianza al 95%. Fuente: *Elaboración propia. Excel 2013.*

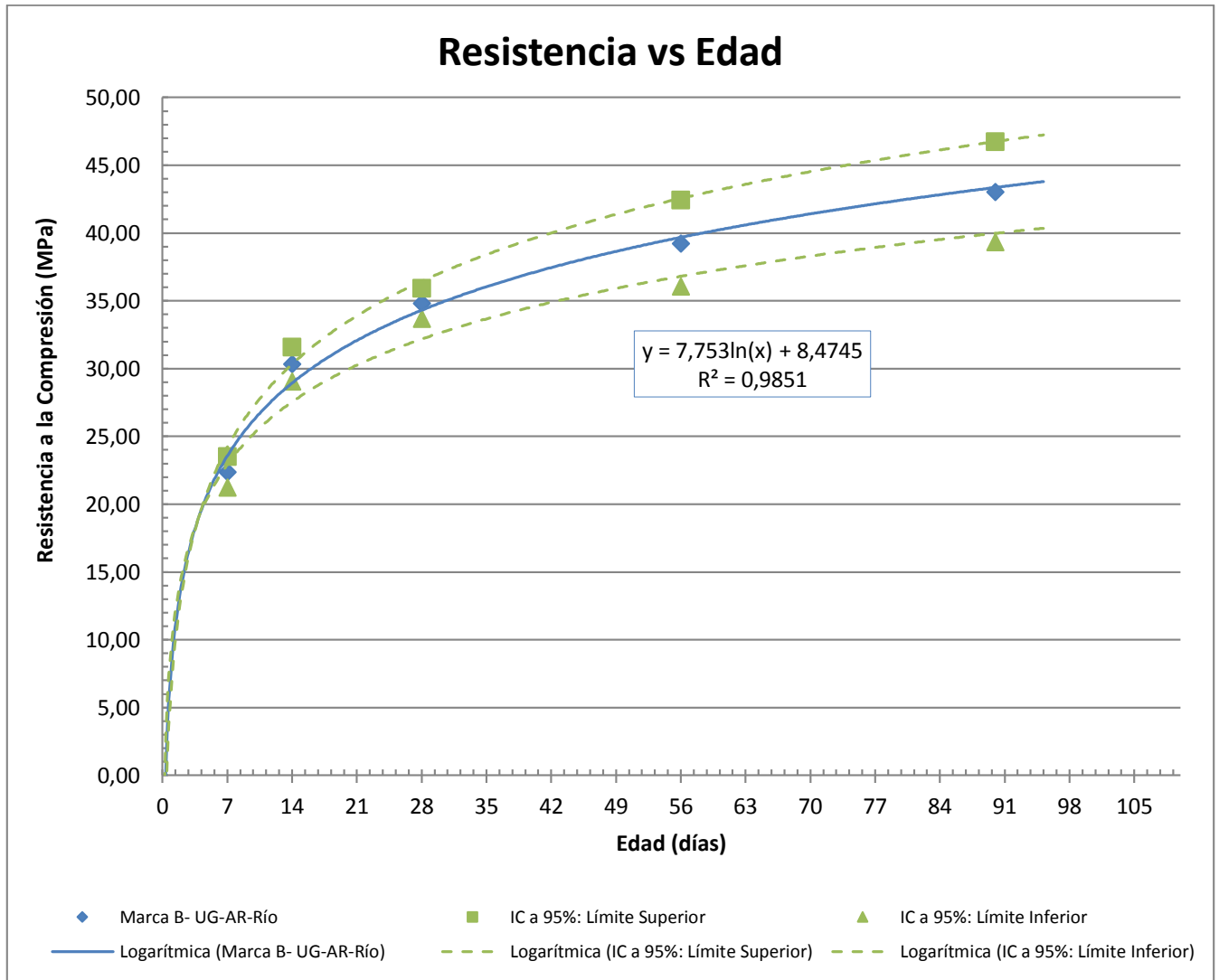


Figura 42. Gráfico de resistencia a la compresión vs edad para mortero, utilizando el cemento Marca B-UG-AR con arena de río y su respectivo intervalo de confianza al 95%. Fuente: *Elaboración propia. Excel 2013.*

Marca B- MP

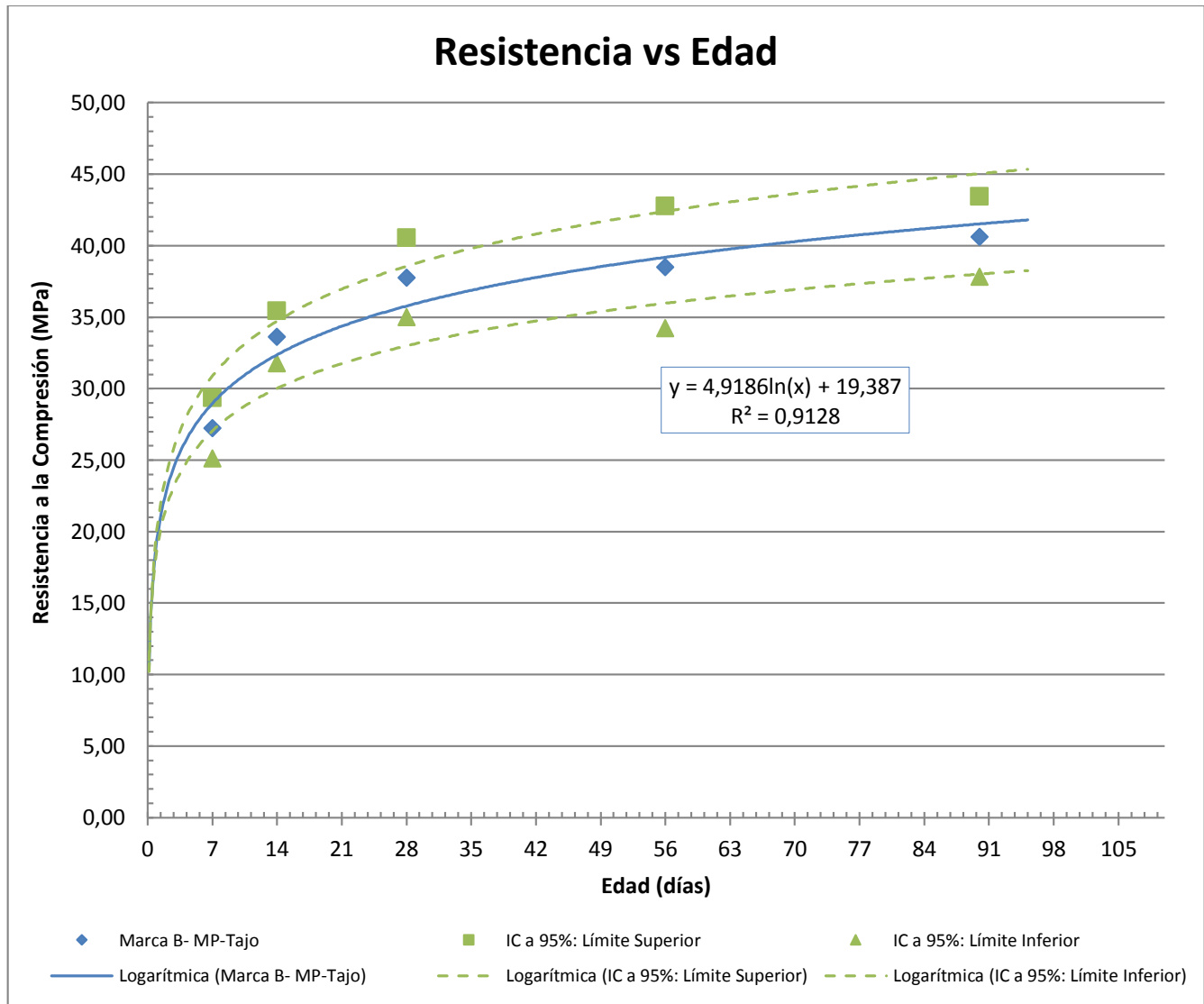


Figura 43. Gráfico de resistencia a la compresión vs edad para mortero, utilizando el cemento Marca B- MP con arena de tajo y su respectivo intervalo de confianza al 95%. Fuente: *Elaboración propia. Excel 2013.*

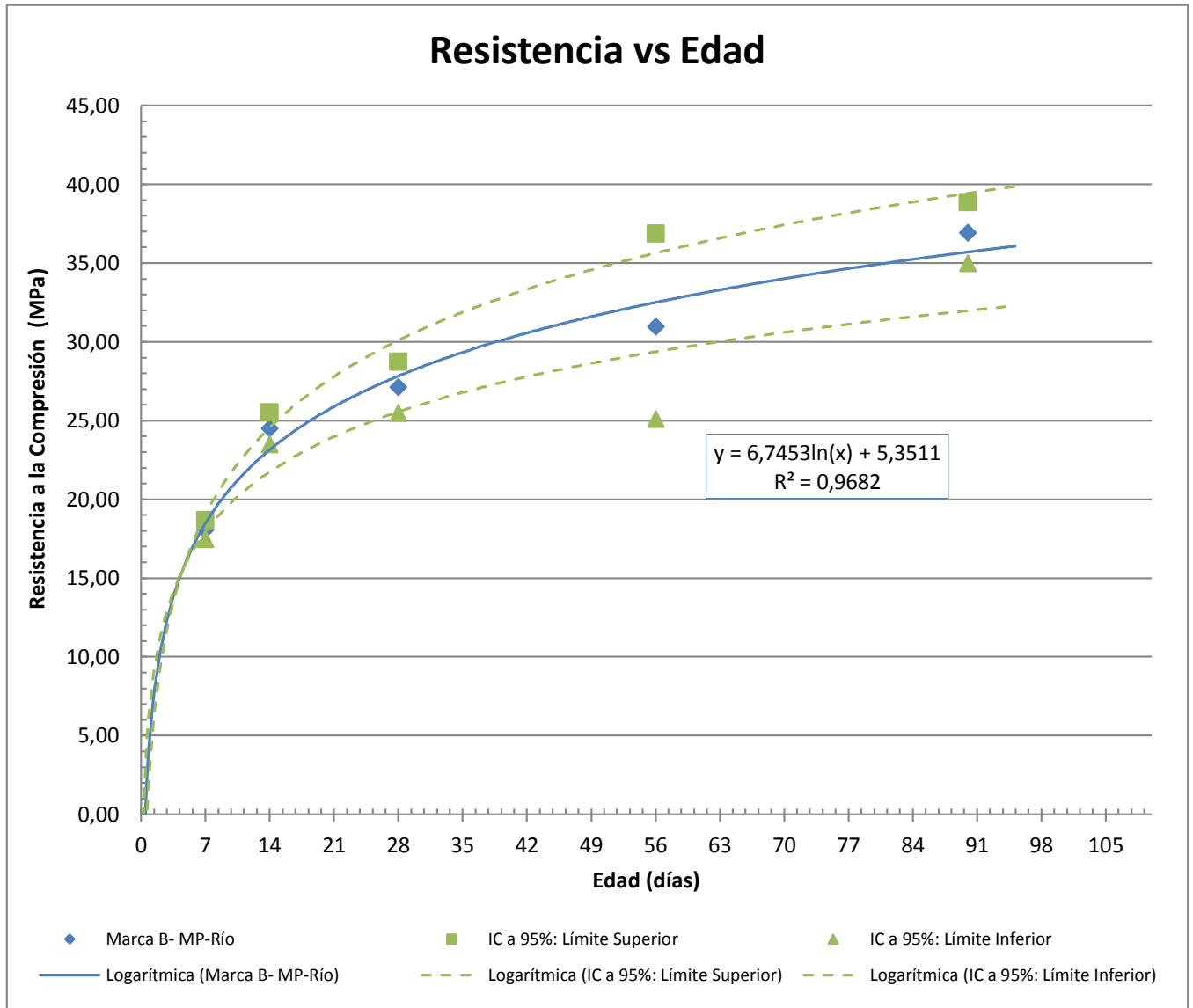


Figura 44. Gráfico de resistencia a la compresión vs edad para mortero, utilizando el cemento Marca B- MP con arena de río y su respectivo intervalo de confianza al 95%. Fuente: *Elaboración propia. Excel 2013.*

La siguiente gráfica se confeccionó utilizando el software Minitab 17, en dicha figura se presenta para cada edad los promedios de los datos individuales de cada combinación y su respectivo intervalo de confianza.

Edad 14 días

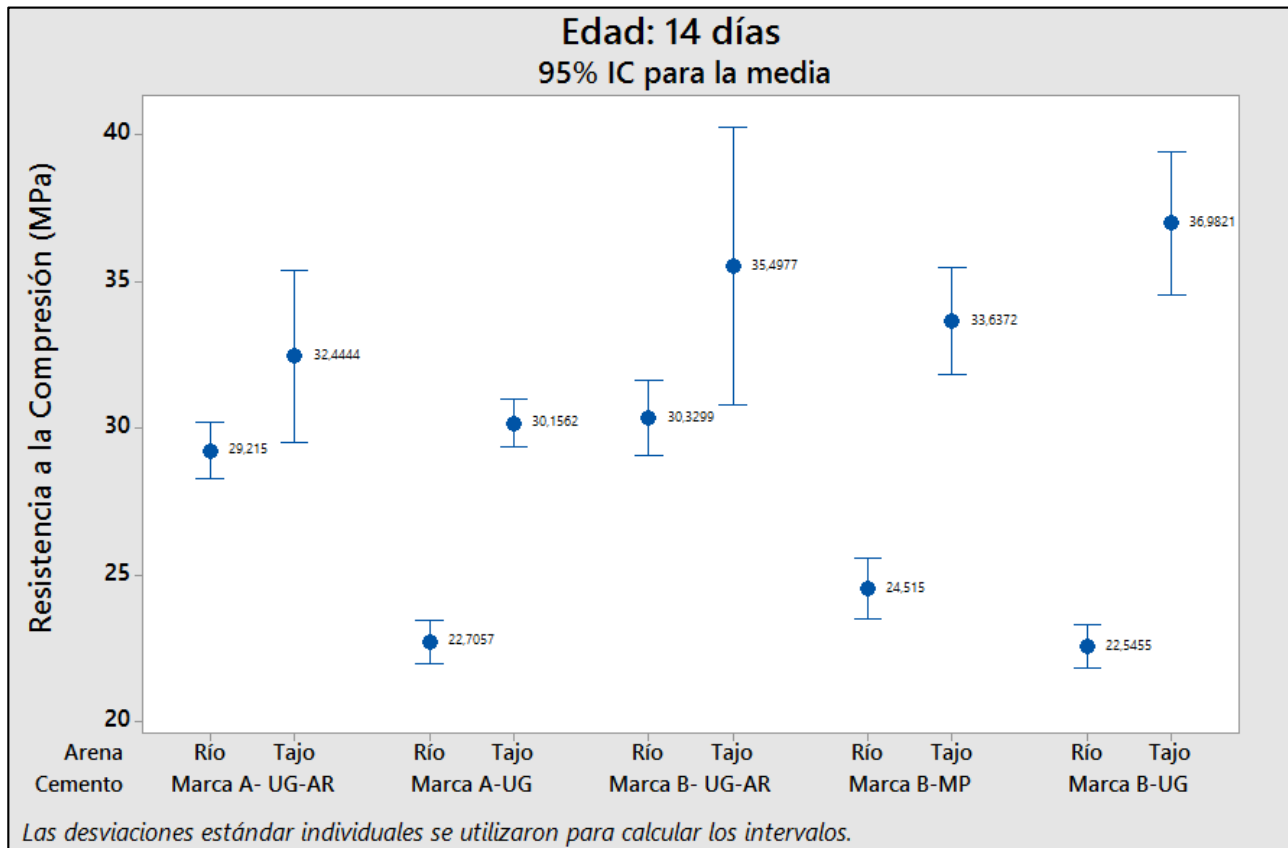


Figura 45. Representación gráfica de los valores individuales y sus promedios, con su respectiva banda de error para la edad de 14 días. Fuente: *Elaboración propia. Minitab 17.*

A continuación se presentan dos gráficas de resistencia contra edad por tipo de agregado fino, en cada una se muestra dicha relación para cada tipo de cemento utilizado, éstas curvas se confeccionaron con los promedios de los datos para cada edad según el tipo de mezcla.

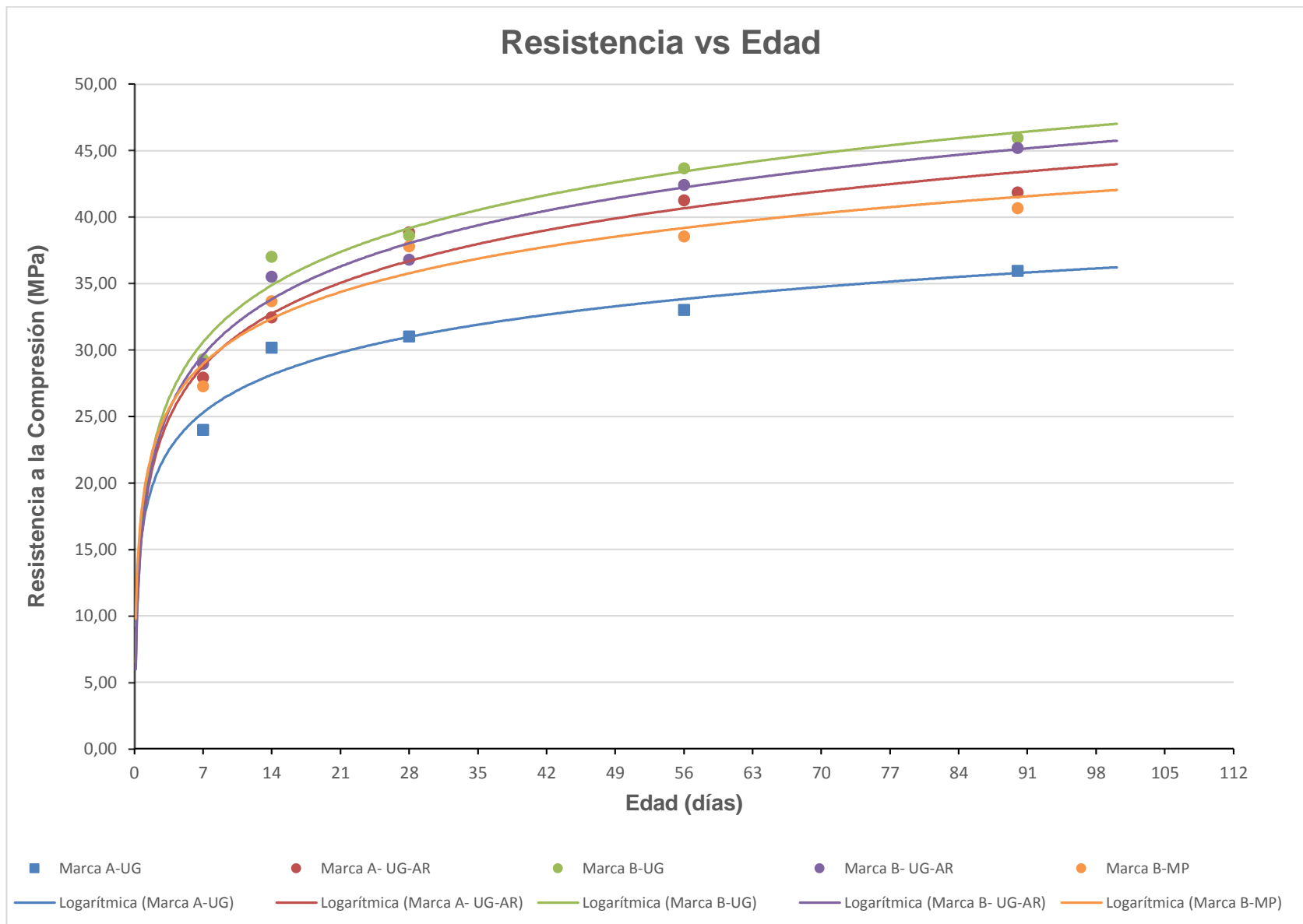


Figura 46. Gráfico de resistencia a la compresión vs edad para mortero, utilizando cinco tipos de cemento con arenas de tajo. Fuente: *Elaboración propia. Excel 2013.*

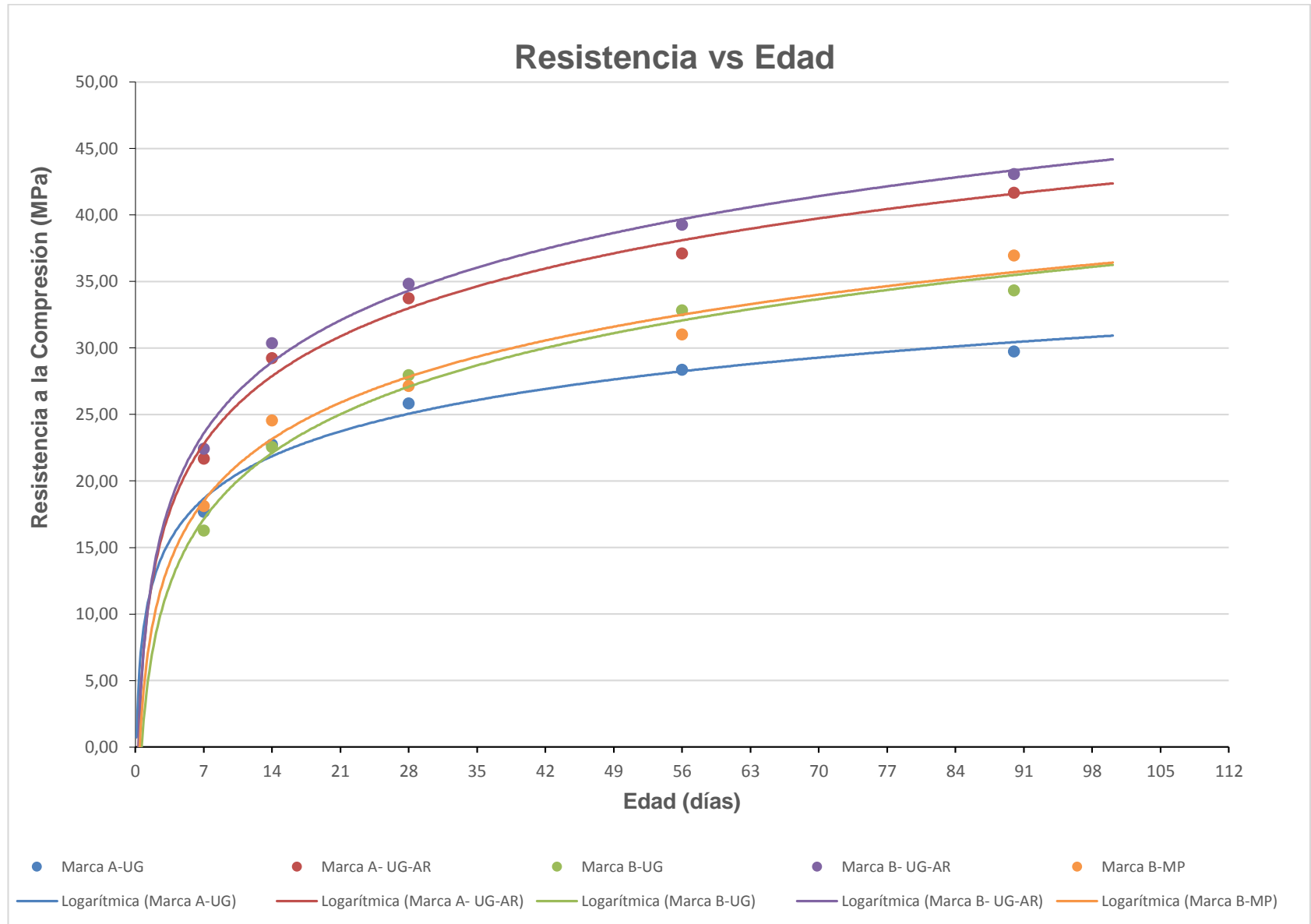


Figura 47. Gráfico de resistencia a la compresión vs edad para mortero, utilizando cinco tipos de cemento con arenas de río. *Fuente: Elaboración propia. Excel 2013.*

En los cuadros siguientes se tabulan los datos correspondientes al desarrollo de la resistencia para cada edad con respecto a la resistencia a los 28 días. Pese a que las pruebas estadísticas predicen que las mezclas de mortero no son estadísticamente iguales se realizó el siguiente análisis para conocer el comportamiento de la resistencia de los morteros con respecto al tiempo.

CUADRO 23. DESARROLLO DE LA RESISTENCIA CON RESPECTO A LOS RESULTADOS A 28 DÍAS A NIVEL GLOBAL.	
Edad (días)	Incremento
7	70%
14	89%
56	111%
90	119%

Fuente: Elaboración propia. Excel 2013

CUADRO 24. DESARROLLO DE LA RESISTENCIA CON RESPECTO A LOS RESULTADOS A 28 DÍAS PARA DOS TIPOS DE ARENA.		
Edad (días)	Arena	
	Tajo	Río
7	75%	64%
14	92%	87%
56	109%	113%
90	115%	124%

Fuente: Elaboración propia. Excel 2013

CUADRO 25. DESARROLLO DE LA RESISTENCIA CON RESPECTO A LOS RESULTADOS A 28 DÍAS PARA TRES TIPOS DE CEMENTO			
Edad (días)	Cemento tipo UG	Cemento tipo UG-AR	Cemento tipo MP
7	70%	70%	69%
14	90%	88%	90%
56	112%	111%	108%
90	118%	119%	122%

Fuente: Elaboración propia. Excel 2013

Análisis de los resultados

Caracterización de agregados

Se llevaron a cabo los ensayos de caracterización de agregados según las normas ASTM con el fin de comprobar la calidad de los materiales utilizados en este proyecto, efectivamente los resultados obtenidos indicaron que los agregados finos (arena de tajo y río) eran de buena calidad cumpliendo con lo establecido.

En lo que respecta al ensayo de granulometría, este se basó en lo estipulado en la norma ASTM C-144, en la que se indican los límites granulométricos que debe cumplir una arena para ser utilizada en morteros. Los resultados de este ensayo están presentados en el *Cuadro 11* y la *Figura 32* para la arena de tajo, donde se puede apreciar como cada porcentaje pasando de esta arena cumple con los límites establecidos, por lo tanto es una arena de calidad que se puede utilizar sin problemas en las mezclas de mortero; por otra parte, en el *Cuadro 14* y la *Figura 33* están los resultados para la arena de río, en la que su mayoría de porcentajes pasando están dentro de los límites, sólo es para el caso de la malla N°50 en la que se tiene un 37,35% y debería estar entre 10-35%, sin embargo se mantiene dentro del porcentaje de aceptación de 5%, debido a esto se puede decir que la arena de río también es un agregado de calidad que puede usarse con libertad en las mezclas.

El tamaño máximo del agregado para ambas arenas es de 2,00 mm lo que indica que sus granos son de tamaño medio²⁸, esto debido a la corrección realizada anterior a la caracterización en la que fue necesario pasar todo el material a utilizar por la malla N°10 cuya apertura es de 2,00 mm.

Con el ensayo de granulometría también se calculó el módulo de finura, con el cual es posible clasificar el agregado, en el caso de la arena de tajo que tiene un módulo de finura de 2,08 se dice que es una arena fina y para la de río

con un módulo de finura de 1,97 sería una arena muy fina o extra fina.²⁹ Cabe mencionar que los módulos de finura de cada arena están dentro de los límites según las normas.

Por otra parte, para el ensayo de peso unitario suelto y el porcentaje de vacíos se obtuvieron los siguientes datos, para la arena de tajo fueron de 1377,17 kg/m³ y 35%, para la de arena de río fueron de 1423,89 kg/m³ y 39% respectivamente. Estos resultados se encuentran en los rangos de aceptación que presenta la teoría en donde se indica que para pesos unitarios de 1200 kg/m³ a 1750 kg/m³ se tendrán porcentajes de vacíos aproximados de 55% a 35% respectivamente.³⁰

Con respecto al ensayo de gravedad específica para la arena de tajo se tiene que la gravedad específica bruta fue de 2,13, la gravedad específica superficie saturada seca de 2,34 y la gravedad específica aparente de 2,71; para la arena de río la gravedad específica bruta fue de 2,34, la gravedad específica superficie saturada seca de 2,48 y la gravedad específica aparente de 2,74; al comparar estos datos con el intervalo teórico (2,4 a 2,9) se puede decir que cumplen con lo establecido.³¹

El ensayo de colorimetría indicó que no había presencia de impurezas orgánicas en ninguna de las dos arenas (tajo y río), esto se concluyó al comparar el color del líquido flotante sobre la muestra con el color de la tabla de colores Gardner.

Con los resultados obtenidos en los ensayos mencionados anteriormente se puede asegurar que los agregados finos utilizados para las mezclas de mortero cumplen con los estándares establecidos.

Estadística descriptiva

²⁸ (Ferret, 1924)

²⁹ (Mena & Loera, 1972)

³⁰ (Castiñeiras, 1941)

³¹ (Kosmatka, Kerckhoff, Panarese, & Tanesi, 2004)

Se calculó el coeficiente de variación correspondiente a cada mezcla según su edad y se comparó con los coeficientes de variación establecidos en la norma ASTM C-109 (ver *Figura 4*) para un cemento *Blended*, que es el más similar a los utilizados en los ensayos, teniéndose aproximadamente que un 72% de los datos (88% corresponden a las mezclas con arena de río y un 56% a las mezclas con arena de tajo) están por debajo del coeficiente de referencia y un 28% (21,4% corresponden a las mezclas con arena de río y un 78,6% a las mezclas con arena de tajo) lo sobrepasa.

Es importante recalcar que estas comparaciones se hacen con tipo de cemento que es parecido al utilizado pero no el mismo, además que los coeficientes de referencia fueron estimados bajo condiciones óptimas, circunstancias que difieren de las reales, caso para este proyecto.

ANOVA de dos factores

El análisis de varianza se aplicó con el fin de detectar la existencia de diferencias significativas entre los promedios de los distintos tratamientos analizados. Este análisis fue aplicado de manera global agrupando por edades los datos considerando como factor A el tipo de arena (tajo y río) y como factor B el tipo de cemento (Marca A-UG, Marca A-UG-AR, Marca B-UG, Marca B-UG-AR y Marca B-MP).

También, mediante este análisis se verificó al rechazar la hipótesis nula que al menos una de las medias de los valores de resistencia fue diferente, esto para cada factor y la interacción entre ambos. A este comportamiento se le dio seguimiento mediante la aplicación de la prueba de Tukey (que se explicará más adelante).

Como resultado se comprobó mediante la Prueba F para cada una de las edades (7, 14, 28, 56 y 90 días) la existencia de diferencias significativas entre los valores de las arenas, tipos de cemento y la interacción entre ambos factores, esto mediante la comparación del *Valor de F* con respecto al *valor crítico de F*, el cual en todos los casos fue mayor. Por ejemplo, con respecto al análisis de varianza aplicado a la edad de 14 días se tiene lo siguiente:

- **Para la Arena**, el valor de F (224,579) es mayor que el Valor Crítico de F (4,034) indicando que sí hay diferencias

significativas entre los valores de los grupos de las arenas, lo que significa que la transición entre los factores en el ensayo tuvo un efecto estadísticamente significativo sobre los resultados de esas pruebas.

- **Para el Cemento**, el valor de F (16,365) es mayor que el Valor Crítico de F (2,557) indicando que sí hay diferencias significativas entre los valores de los grupos de los cementos, lo que quiere decir que mediante la variación de los niveles de los factores se tuvo un efecto significativo.
- **Para la Interacción**, el valor de F (13,324) es mayor que el Valor Crítico de F (2,557) indicando que sí hay diferencias significativas entre los valores de los grupos al combinar arenas con cementos, lo que señala que la cantidad de variación que se obtiene cuando se pasa de un factor a otro dependerá del nivel en que se encuentra.

La información más importante que genera el análisis de varianza es el error no controlado el cual al ser mayor que los errores generados por ambos factores y la interacción entre ellos, indica la existencia de algún factor externo que no fue controlado y tiene cierto peso sobre los datos de resistencia obtenidos. Esta situación en que el error es mayor se presentó a las edades de 7, 28 y 56 días.

Entre las posibles fuentes de error están las siguientes:

- Principalmente la intervención de más de una persona en el proceso de moldeo de cubos de mortero, ya que fueron asignados dos técnicos diferentes, además de otras personas que colaboraron.
- Posible ganancia de humedad por parte de los agregados al estar almacenados por cierto tiempo.
- Los cementos estuvieron almacenados por un tiempo considerable hasta la coordinación de los moldeos, lo que pudo ocasionar que se redujera la calidad del mismo.

Para disminuir el valor del error se recomienda incrementar el número de muestras, ya que están directamente relacionados.

Prueba de Tukey

Con la aplicación de esta prueba fue posible identificar de forma aproximada para cada una de las edades de falla el nivel de cada factor y combinación que posiblemente presente el mayor valor de resistencia; la escogencia de las combinaciones a evaluar fue gracias a la gráfica presentada en la *Figura 34*, en donde se presentan los promedios de los valores individuales y su banda de error, con la que fue posible predecir cuáles combinaciones presentarían diferencias significativas y las que no; lo anterior se puede observar a manera de resumen tabulado en el *Cuadro 22* de la sección de resultados.

En dicho cuadro se puede notar como la arena de tajo predominó sobre la de río en todas las edades, también se ve como el cemento Marca B – UG-AR y la combinación de Arena* Cemento de Tajo * Marca B-UG prevalecieron en las edades de 7, 14, 56, y 90 días, no obstante para la edad de 28 días el cemento que se desempeña mejor es el de la Marca A- UG-AR y en el caso de la combinación es la de Tajo * Marca A- UG-AR.

Desarrollo de la resistencia

Al generar las curvas de resistencia a la compresión para cada una de las mezclas se evidenció que seguían el comportamiento esperado, ya que a edades tempranas como a los 7, 14 y 28 días la resistencia se incrementaba constantemente y a edades avanzadas como a los 56 y 90 días empezaba a estabilizarse pero igualmente aumentaba de forma leve.

En las Figuras 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43 y 44 se presentan los gráficos de resistencia a la compresión vs edad para mortero y su respectivo intervalo de confianza al 95% con el fin de brindar parámetros más reales. En estas figuras se puede corroborar visualmente lo expuesto en el párrafo anterior.

Como se explicó anteriormente con la prueba de Tukey se logró identificar la posible mezcla más representativa o con mejor resistencia para cada edad. A continuación se muestran:

- **Edad 7 días:** Tajo- Marca B- UG con una resistencia aproximada de 26,10 MPa a 32,44 MPa.
- **Edad 14 días:** Tajo- Marca B- UG con una resistencia aproximada de 34,53 MPa a 39,44 MPa.
- **Edad 28 días:** Tajo- Marca A- UG-AR con una resistencia aproximada de 36,78 MPa a 40,91 MPa.
- **Edad 56 días:** Tajo- Marca B- UG con una resistencia aproximada de 40,07 MPa a 47,23 MPa.
- **Edad 90 días:** Tajo- Marca B- UG con una resistencia aproximada de 43,01 MPa a 48,83 MPa.

Al consultar la teoría, según (Sánchez de Guzmán, 1993) el valor que aproximadamente se espera a los 28 días es de 15,69 MPa y como se indicó anteriormente el valor obtenido por medio de los ensayos de resistencia a la compresión para la edad de 28 días es mucho mayor. Con esto se debe considerar que para construir la curva que se está tomando como base para comparar la resistencia (ver *Figura 1*) se utilizó cemento portland tipo I, el cual no es el mismo que se empleó para la elaboración de las mezclas de mortero en este proyecto; otro factor por lo que puede diferir la resistencia es por el agregado utilizado para la curva teórica del que se desconoce exactamente cuál es su origen, además es importante mencionar que los ensayos para obtener los resultados de resistencia en la teoría suelen llevarse a cabo bajo condiciones óptimas, controlando cada posible variable que pueda generar un futuro error.

Por otra parte, con respecto a la aparente mejor combinación sugerida por la prueba de Tukey la cual fue Tajo * Marca B-UG, pese a ser un cemento de uso general presentó las mayores resistencias de manera constante en la mayoría de las edades (7, 14, 56, y 90 días) como se observa en la *Figura 46*, sin embargo no era el resultado esperado como mejor combinación, se pensaba que una de las marcas de alta resistencia alcanzaría los mayores datos. Este comportamiento se pudo dar de cierta forma debido a la relación agua/cemento para esa combinación, la cual fue de 0,76 y con un porcentaje de flujo de 109%, según este porcentaje aún se considera una mezcla plástica, pero seca en comparación a las otras y es la única

que posee baja relación agua/cemento y de flujo a la vez. Además, se debe considerar que el efecto que ocasiona el agua a la resistencia también depende de la densidad del mortero, cuando las mezclas de mortero son secas desarrollan mayores resistencias al ser más densamente compactas que los morteros que sean húmedos.³²

Por otra parte, en el *Cuadro 23*, presentan los porcentajes globales del desarrollo de la resistencia para cada edad con respecto a la resistencia a los 28 días, acá se evidencia cómo a los 7 días se tiene un porcentaje aproximado de 70%, a los 14 días de 89%, a los 56 días de 111% y a los 90 días de 119%; los cuales están dentro de los intervalos esperados, tal y como señala (Araya Rodríguez, 2013) en su artículo para los 7 días se espera que esté entre 50%-70%, a los 14 días de 65%-85%, a los 56 días de 10%-20% y a los 90 días entre 15%-25%, cabe destacar que estos porcentajes corresponden a concreto, sin embargo las mezclas en las que participa el cemento se comportan de forma similar, por lo que son útiles para tener una referencia sobre este comportamiento.

De igual forma en el *Cuadro 24* se pueden observar los porcentajes de desarrollo de la resistencia pero según el tipo de agregado utilizado para cada mezcla, donde se puede notar como la arena de tajo a edades tempranas presenta mayores incrementos que la de arena de río, la cual genera mayores porcentajes que la arena de tajo a edades avanzadas. Por ejemplo a los 7 días la arena de tajo incrementa en 75% y la de río en 64%; y a la edad de 90 días la de tajo 115% y la de río 124%.

En el *Cuadro 25* se muestran los porcentajes desarrollo de la resistencia con respecto a la edad de 28 días como en los anteriores, pero en este caso según el tipo de cemento utilizado en la mezcla, se puede evidenciar como aparentemente los tres cementos tienen un comportamiento parecido en cuanto al desarrollo de resistencia, por ejemplo a los 56 días el cemento tipo UG genera un incremento de 12%, el UG-AR 11% y el MP 8%.

³² (Sánchez de Guzmán, 1993)

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- Inicialmente los agregados no contaban con una correcta gradación por lo que se realizaron dos correcciones (material pasando la malla N^o4 y material pasando la malla N^o10) a todo el material a utilizar, de esta forma se cumplió con los límites granulométricos estandarizados. Obteniéndose un tamaño máximo del agregado para ambas arenas de 2,00 mm por lo que se consideran granos de tamaño medio.³³
- Mediante los ensayos de caracterización de agregados se pudo comprobar que las arenas a utilizar (tajo y río) eran de calidad, por lo que podían usarse con libertad en las mezclas de mortero hidráulico sin que se vea afectada su resistencia, por ejemplo se determinó que los agregados estaban libres de impurezas orgánicas
- Para las mezclas de mortero elaboradas con el cemento Marca A (independientemente del tipo UG o UG-AR) se facilitó la predicción del flujo a comparación con las mezclas con el cemento Marca B donde en algunos casos fue necesario repetirla hasta cuatro veces para lo establecido de $(110 \pm 5) \%$.
- Con el análisis de varianza de dos factores los datos sugirieron la existencia de diferencias significativas entre los promedios de los valores de las arenas, cementos y de la interacción entre cementos y arenas, por lo que no se pueden considerar como parte de una misma población.
- Aproximadamente un 72% de los datos se encuentran por debajo de los coeficientes de variación establecidos en la norma ASTM C-109 para cada edad y un 28% los sobrepasa.
- Al aplicar la prueba de Tukey se estimó aproximadamente la mejor combinación de Arena * Cemento para cada edad, predominando en 4 edades la misma combinación, por lo que los datos sugirieron que la combinación óptima es la de Tajo * Marca B- UG, con un intervalo máximo de resistencia a los 90 días de 43,01 MPa a 48,83 MPa.
- El comportamiento de la curva de las gráficas de resistencia contra edad fue el esperado. Incrementando la resistencia a las tres primeras edades (7, 14 y 28 días) y a edades avanzadas empezando a estabilizarse.
- Los datos sugieren que la arena de tajo presenta mayores porcentajes de incremento de la resistencia a edades tempranas (7 y 14 días) en comparación con la arena de río, que en su lugar tiene mayores porcentajes de incremento a edades avanzadas (56 y 90 días).
- Los morteros más densamente compactos, o sea secos, presentan mayores resistencias que los morteros húmedos.
- Los tres tipos de cemento utilizados en este proyecto aumentan su resistencia de forma muy similar, al comparar los porcentajes de incremento de cada una de las edades, donde se dan diferencias entre el 1% hasta el 6%.
- Es mejor realizar las dosificaciones para mezcla de mortero por peso que por volumen, ya que al hacerlo por volumen alguna variación de su grado de humedad puede provocar pesos diferentes para una

³³ (Ferret, 1924)

misma medida. Una centésima de humedad es capaz de reducir en más de 20% el peso de la arena perteneciente a una misma capacidad, además en cuanto más fina la arena la humedad la afecta más impidiendo que sus granos se deslicen.³⁴

- No fue posible generar la ficha técnica para elaboración de morteros

correspondiente al cuarto objetivo específico debido a la elevada magnitud del error no controlado calculado mediante el análisis de varianza para las edades de 7, 28 y 56 días, ya que al generarse esta situación no es adecuado dar recomendaciones de ese tipo por la variabilidad que presentaron los datos.

Recomendaciones

- Se recomienda hacer una adaptación de la Tabla 2 de la Norma ASTM C-109, en la que se utilicen tipos de cemento que se comercialicen en el país, para así efectuar comparaciones reales y no aproximadas entre los coeficientes de variación teóricos y los experimentales. Además, de que estos coeficientes de variación se contemplen hasta edades avanzadas (56 y 90 días) para evitar hacer proyecciones de éstos para que sea posible realizar las comparaciones.
- Para disminuir el error no controlado, se sugiere aumentar el tamaño de la muestra, ya que ambos factores son inversamente proporcionales y al hacer este incremento la variabilidad será menor.
- Procurar utilizar el mismo tipo de moldes para los ensayos, ya que puede provocar alguna especie de variación en los resultados finales de resistencia a la compresión, ocasionando posibles conflictos al tratar de validarlos de manera estadística.
- Para proyectos de esta misma índole se recomienda realizar la cantidad de muestras necesarias para los ensayos de laboratorio y así evitar problemas con la validez estadística de los mismos, provocando que no sea posible dar opiniones concluyentes sobre los resultados obtenidos.
- Evitar la manipulación de las muestras por parte de diferentes personas a la hora de realizar los ensayos, ya que este es uno

de los principales factores que aumentan la variabilidad de los resultados generando un mayor error.

- Para futuros proyectos de este mismo carácter tratar de que el envío de los materiales se realice mediante un proceso más formal en el que se tenga conocimiento de su procedencia y la debida documentación que certifique que es el producto solicitado, y como en el caso del cemento que el mismo esté adecuadamente identificado en su empaque.
- Para analizar mejor la resistencia del mortero y posible factores que la afectan se recomienda estimar la densidad de los cubos de mortero para así corroborar si entre más denso un mortero mayor será su resistencia cuando la arena es muy densa.³⁵

³⁴ (Feret, 1924)

³⁵ (Sánchez de Guzmán, 1993)

Referencias

- Araya Rodríguez, M. (Julio-Diciembre de 2013). Dosificación de concretos. *Ingeniería en Construcción*, 1(1), 24-29.
- ASTM C-109: Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens). (2013). United States of America: ASTM International.
- ASTM C-117: Standard Test Method for Materials Finer than 75- μ m (No. 200) Sieve in Mineral Aggregates by Washing. (2013). United States of America: ASTM International.
- ASTM C-1180: Standard Terminology of Mortar and Grout for Unit Masonry. (2003). United States of America: ASTM International.
- ASTM C-125: Standard Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates. (2013). United States of America: ASTM International.
- ASTM C-128: Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate. (2013). United States of America: ASTM International.
- ASTM C-1437: Standard Test Method for Flow of Hydraulic Cement Mortar. (2013). United States of America.
- ASTM C-144: Standard Specification for Aggregate for Masonry Mortar. (2011). United States of America.
- ASTM C-230: Standard Specification for Flow Table for Use in Tests of Hydraulic Cement. (2013). United States of America: ASTM International.
- ASTM C-270: Standard Specification for Mortar for Unit Masonry. (2003). United States of America: ASTM International.
- ASTM C-29: Standard Test Method for Bulk Density ("Unit Weight") and Voids in Aggregate. (2013). United States of America: ASTM International.
- ASTM C-305: Standard Practice for Mechanical Mixing of Hydraulic Cement Pastes and Mortars of Plastic Consistency. (2013). United States of America: ASTM International.
- ASTM C-40: Standard Test Method for Organic Impurities in Fine Aggregates for Concrete. (2013). United States of America: ASTM International.
- ASTM C-476: Standard Specification for Grout for Masonry. (2002). United States of America: ASTM International.
- ASTM C-670: Standard Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials. (2003). United States of America: ASTM International.
- ASTM C-702: Standard Practice for Reducing Samples of Aggregate to Testing Size. (2013). United States of America: ASTM International.
- ASTM D-75: Standard Practice for Sampling Aggregates. (2003). United States of America: ASTM International.
- Baird, D. (1991). *Experimentación, una introducción a la teoría de mediciones y al diseño de experimentos*. (2da ed.). México: Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A.

- Castiñeiras, J. R. (1941). *Tecnología del Hormigón. Materiales - Fabricación - Resistencia - Impermeabilidad - Datos Prácticos* (2da. ed.). Buenos Aires, Argentina: Publicación del Centro de Estudiantes de Ingeniería de Buenos Aires.
- Comité ACI 116. (1982). *Terminología del cemento y el hormigón*.
- Feret, R. (julio de 1924). Estudios de investigación sobre la mejor composición de los morteros y hormigones hidráulicos. *Ingeniería y Construcción*, 11(19), 289-302.
- Gómez Barrantes, M. (2009). *Elementos de Estadística Descriptiva* (3ra. ed.). San José, Costa Rica: EUNED.
- Gutiérrez de López, L. (2003). *El Concreto y Otros Materiales para la Construcción* (Segunda ed.). Manizales, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Instituto Costarricense del Cemento y del Concreto. (s.f.). Recuperado el 17 de mayo de 2014, de Instituto Costarricense del Cemento y del Concreto (ICCYC): <http://www.iccyc.com/pagecreator/paginas/>
- Kosmatka, S., Kerkhoff, B., Panarese, W., & Tanesi, J. (2004). *Diseño y Control de Mezclas de Concreto* (Primera ed.). Skokie, Illinois, EE.UU: Portlan Cement Association.
- Kuehl, R. O. (2001). *Diseño de Experimentos. Principios estadísticos para el diseño y análisis de investigaciones* (Segunda ed.). México: Thomson Learning.
- Mena, V. M., & Loera, S. (1972). *Guía para fabricación y control de concreto en obras pequeñas*. México: UNAM.
- Montgomery, D. C. (2008). *Diseño y Análisis de Experimentos* (Segunda ed.). México: Limusa Wiley.
- Montgomery, D. C., & Runger, G. C. (2002). *Applied Statistics Applied Statistics for Engineers* (3ra. ed.). United States of America: John Wiley & Sons, Inc.
- Montgomery, D. C., Hines, W. W., Goldsman, D. M., & Borror, C. M. (2005). *Probabilidad y Estadística para Ingeniería* (Tercera ed.). México: Compañía Editorial Continental.
- Moya Navarro, M., & Robles Obando, N. (2010). *Probabilidad y Estadística. Un enfoque teórico y práctico* (Segunda ed.). Cartago, Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Rivera, G. A. (2009). *Concreto Simple*. Recuperado el 24 de junio de 2015, de Universidad del Cauca. Colombia: <ftp://ftp.unicauca.edu.co/cuentas/geanrilo/docs/FIC%20y%20GEOTEC%20SEM%202%20de%202010/Tecnologia%20del%20Concreto%20-%20PDF%20ver.%20%202009/>
- RTCR 383: Reglamento Técnico de Cementos Hidráulicos. (2004). Costa Rica.
- Sánchez de Guzmán, D. (1993). *Tecnología del concreto y del mortero*. Bhandar Editores Ltda.
- Spiegel, M. R., & Stephens, L. J. (2009). *Estadística. Schaum* (4ta ed.). México: McGraw-Hill.

Apéndices

1. Caracterización de agregados.

- 1.1. Material sin corregir.
- 1.2. Corrección N°1: Material pasando la malla N°4.

2. Fabricación de cubos de mortero hidráulico.

- 2.1. Medición de moldes.
- 2.2. Prueba de flujo.
- 2.3. Datos del ensayo para estimar la resistencia a la compresión de cubos de mortero.

3. Análisis estadístico

- 3.1. Estadística descriptiva.
- 3.2. ANOVA de dos factores.
- 3.3. Prueba de Tukey.

4. Desarrollo de la resistencia.

5. Cronograma de fabricación y falla de cubos de mortero.

6. Listas de verificación.

- 6.1. Caracterización de agregados.

- 6.1.1. Caracterización del material sin corregir.
- 6.1.2. Caracterización del material corregido pasando la malla N°4.
- 6.1.3. Caracterización del material corregido pasando la malla N°10.

6.2. Fabricación y falla de cubos de mortero.

- 6.2.1. Mezcla: Marca A–UG con arena de Tajo.
- 6.2.2. Mezcla: Marca A–UG con arena de Río.
- 6.2.3. Mezcla: Marca A–UG-AR con arena de Tajo.
- 6.2.4. Mezcla: Marca A–UG-AR con arena de Río.
- 6.2.5. Mezcla: Marca B–UG con arena de Tajo.
- 6.2.6. Mezcla: Marca B–UG con arena de Río.
- 6.2.7. Mezcla: Marca B–UG-AR con arena de Tajo.
- 6.2.8. Mezcla: Marca B–UG-AR con arena de Río.
- 6.2.9. Mezcla: Marca B–MP con arena de Tajo.
- 6.2.10. Mezcla: Marca B–MP con arena de Río.

1. Caracterización de agregados

A continuación se presentan los datos obtenidos de la caracterización de los agregados correspondiente al material sin corregir y a la corrección del material pasando la malla N°4.

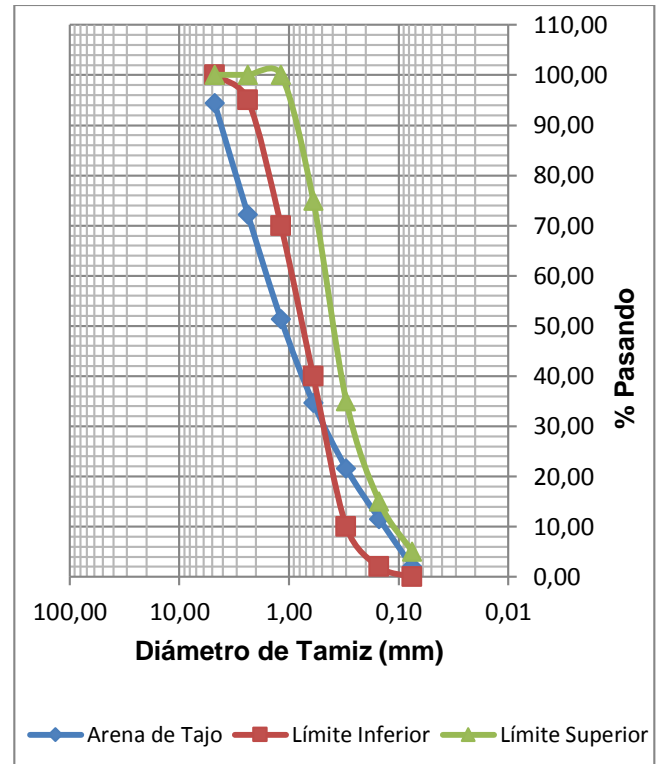
1.1 Material sin corregir.

Arena de Tajo

Análisis granulométrico

DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO			
%Pas	Especificaciones		Diámetro Tamiz (mm)
	Límite Inferior	Límite Superior	
94,41	100	100	4,75 (#4)
72,21	95	100	2,36 (#8)
51,40	70	100	1,18 (#16)
34,71	40	75	0,60 (#30)
21,65	10	35	0,30 (#50)
11,54	2	15	0,15 (#100)
2,03	0	5	0,075 (#200)

Fuente: Elaboración propia. Excel 2013.



Curva granulométrica para la arena de tajo.
Fuente: Elaboración propia. Excel 2013.

DESCRIPCIÓN DEL AGREGADO	
Dato	Valor
Humedad	1%
G _{BS}	2,33
G _{BSSS}	2,42
G _{ba}	2,56
%Abs	4%
Peso unitario suelto	1425,37 kg/m ³
Peso unitario suelto saturada superficie seca	1425,92 kg/m ³
% Vacíos	39%

Fuente: Elaboración propia. Excel 2013

PARÁMETROS		
Ensayo	Requisito	Valor
Módulo de finura	$1,6 < MF < 2,5$	2,93
Lavado malla N°200	Máx. 4%	20%
Colorimetría	\leq Color Patrón N°3	Cumple

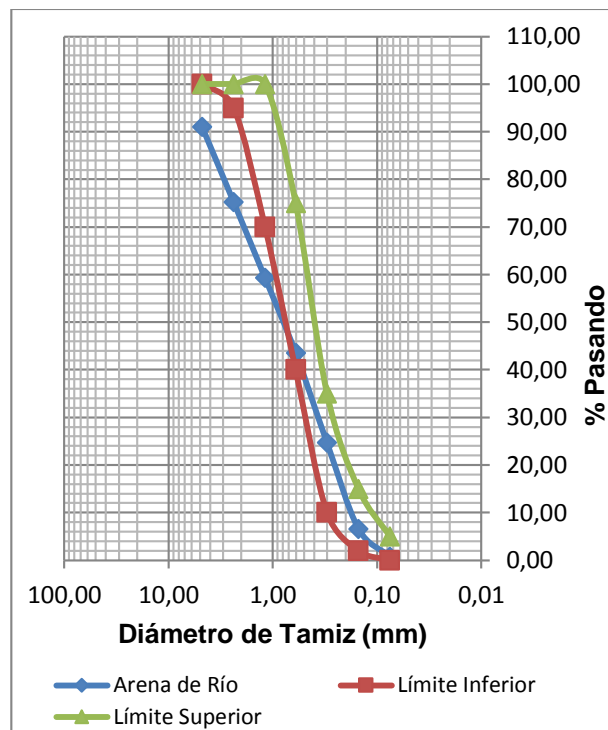
Fuente: Elaboración propia. Excel 2013

Arena de Río

Análisis granulométrico

CUADRO 1. DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO			
%Pas	Especificaciones		Diámetro Tamiz (mm)
	Límite Inferior	Límite Superior	
91,06	100	100	4,75 (#4)
75,21	95	100	2,36 (#8)
59,28	70	100	1,18 (#16)
43,54	40	75	0,60 (#30)
24,66	10	35	0,30 (#50)
6,61	2	15	0,15 (#100)
0,74	0	5	0,075 (#200)

Fuente: Elaboración propia. Excel 2013.



Curva granulométrica para la arena de río.

Fuente: Elaboración propia. Excel 2013.

CUADRO 2. DESCRIPCIÓN DEL AGREGADO	
Dato	Valor
Humedad	5,39%
G _{BS}	2,24
G _{BSSS}	2,40
G _{ba}	2,67
%Abs	7,18%
Peso unitario suelto	1545,25 kg/m ³
Peso unitario suelto saturada superficie seca	1546,36 kg/m ³
% Vacíos	31%

Fuente: Elaboración propia. Excel 2013

PARÁMETROS		
Ensayo	Requisito	Valor
Módulo de finura	$1,6 < MF < 2,5$	2,93
Lavado malla N°200	Máx. 4%	4%
Colorimetría	\leq Color Patrón N°3	Cumple

Fuente: Elaboración propia. Excel 2013

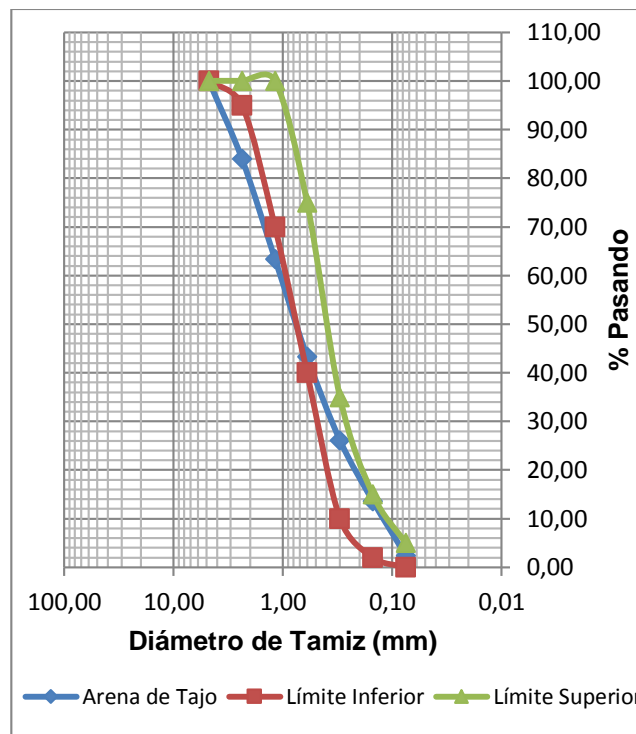
1.4 Corrección N°1: Material pasando malla n°4.

Arena de Tajo

Análisis granulométrico

DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO			
%Pas	Especificaciones		Diámetro Tamiz (mm)
	Límite Inferior	Límite Superior	
100,00	100	100	4,75 (#4)
83,97	95	100	2,36 (#8)
63,41	70	100	1,18 (#16)
43,31	40	75	0,60 (#30)
26,09	10	35	0,30 (#50)
13,58	2	15	0,15 (#100)
2,40	0	5	0,075 (#200)

Fuente: Elaboración propia. Excel 2013.



Curva granulométrica para la arena de tajo.

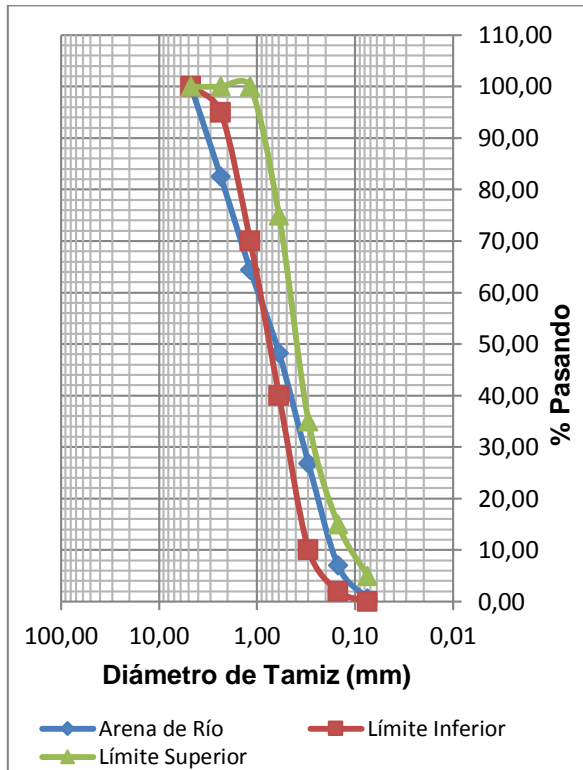
Fuente: Elaboración propia. Excel 2013.

Arena de Río

Análisis granulométrico

CUADRO 3. DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO			
%Pas	Especificaciones		Diámetro Tamiz (mm)
	Límite Inferior	Límite Superior	
100,00	100	100	4,75 (#4)
82,54	95	100	2,36 (#8)
64,43	70	100	1,18 (#16)
48,30	40	75	0,60 (#30)
26,85	10	35	0,30 (#50)
6,99	2	15	0,15 (#100)
0,59	0	5	0,075 (#200)

Fuente: Elaboración propia. Excel 2013.



Curva granulométrica para la arena de río.
 Fuente: *Elaboración propia. Excel 2013.*

2. Fabricación de cubos de mortero hidráulico

A continuación se presentan los datos obtenidos de los ensayos realizados para el moldeo de cubos de mortero, así como los datos correspondientes a la medición de los moldes que se utilizaron para la confección de los cubos.

2.1 MEDICIÓN DE MOLDES

Moldes Antiguos

Molde #7	CUBOS												Promedio (mm)
	1				2				3				
lado 1 ($\pm 0,01$ mm)	51,39	50,63	51,00	51,37	51,39	51,23	51,40	51,06	50,16	50,70	50,72	50,64	50,97
lado 2 ($\pm 0,01$ mm)	50,81	51,07	50,79	51,03	50,64	50,49	50,27	50,82	51,03	51,03	51,01	50,93	50,83
Profundidad ($\pm 0,01$ mm)	51,12	50,93	50,85	50,95	50,97	51,01	51,05	51,08	51,06	51,08	50,95	51,17	51,02
Área (cm ²)=												25,91	
Volumen(cm ³)=												132,18	

Molde #2	CUBOS												Promedio (mm)
	1				2				3				
lado 1 ($\pm 0,01$ mm)	50,77	50,77	50,74	50,66	50,59	50,38	50,30	50,55	50,81	50,72	50,89	50,82	50,67
lado 2 ($\pm 0,01$ mm)	50,43	50,15	50,62	50,35	50,45	50,00	50,44	50,63	50,51	50,42	50,66	50,74	50,45
Profundidad ($\pm 0,01$ mm)	50,94	50,97	50,88	50,95	50,94	50,96	51,08	50,99	50,99	50,88	50,95	51,01	50,96
Área (cm ²)=												25,56	
Volumen(cm ³)=												130,26	

Molde #6	CUBOS												Promedio (mm)
	1				2				3				
lado 1 ($\pm 0,01$ mm)	50,61	50,52	51,57	50,62	50,17	50,29	50,62	50,44	50,38	50,18	50,60	50,58	50,55
lado 2 ($\pm 0,01$ mm)	50,45	50,79	50,93	50,78	50,88	50,90	50,90	50,91	50,24	50,84	50,80	50,86	50,77
Profundidad ($\pm 0,01$ mm)	50,87	50,97	50,93	51,07	51,07	50,99	50,91	51,00	51,09	51,11	51,21	51,16	51,03
											Área (cm ²)=	25,67	
											Volumen(cm ³)=	130,97	

Área (cm ²)=	25,71
Volumen (cm ³)=	131,14

Moldes Nuevos

MOLDE CON-41	CUBOS												Promedio (mm)
	1				2				3				
lado 1 ($\pm 0,01$ mm)	49,93	49,58	49,61	50,03	50,03	50,02	50,19	50,15	50,04	49,90	49,37	50,06	49,91
lado 2 ($\pm 0,01$ mm)	49,82	49,59	49,88	49,39	49,66	49,78	49,62	49,70	49,99	49,66	50,09	50,10	49,77
Profundidad ($\pm 0,01$ mm)	49,77	49,94	49,99	49,89	49,86	49,94	49,94	49,98	49,95	49,95	49,95	49,99	49,93
												Área (cm ²)=	24,84
												Volumen(cm ³)=	124,03

MOLDE CON-49	CUBOS												Promedio (mm)
	1				2				3				
lado 1 ($\pm 0,01$ mm)	49,72	49,96	50,10	49,94	49,99	50,16	50,12	49,84	49,75	50,15	50,13	50,12	50,00
lado 2 ($\pm 0,01$ mm)	50,58	50,24	50,14	50,1	50,04	50,12	49,7	50,28	50,38	50,13	50,43	50,28	50,20
Profundidad ($\pm 0,01$ mm)	49,87	49,89	49,92	49,95	49,91	50,04	49,94	50,00	49,91	49,97	49,99	49,94	49,94
												Área (cm ²)=	25,10
												Volumen(cm ³)=	125,36

MOLDE CON-44	CUBOS												Promedio (mm)
	1				2				3				
lado 1 ($\pm 0,01$ mm)	49,99	49,9	50,13	50,17	50,23	50,21	50,19	50,21	49,4	49,77	50,18	50,19	50,05
lado 2 ($\pm 0,01$ mm)	49,73	49,82	49,89	49,96	49,89	49,63	49,93	49,96	49,92	49,96	49,85	49,8	49,86
Profundidad ($\pm 0,01$ mm)	49,87	49,97	49,92	49,96	49,91	49,92	49,98	50,11	49,89	49,98	49,97	50,28	49,98
												Área (cm ²)=	24,95
												Volumen(cm ³)=	124,72

Área (cm ²)=	24,97
Volumen (cm ³)=	124,70

2.2 ENSAYO DE LA MESA DE FLUJO (ASTM C-1437)

Datos obtenidos en el laboratorio durante el ensayo de la mesa de flujo.

Mezcla	Prueba	Agua (cc)	Cemento (g)	Arena (g)	R _{A-C} Inicial (%)	R _{A-C} Final (%)	Lectura Inicial (mm)	Lecturas Finales (±0,05 mm)	Lectura Final Promedio (mm)	Flujo (%)
Marca A -UG- Tajo	1	460	500	1500	50,0	92,0	101,6	221,00	218,4	115
								217,40		
								220,00		
								215,00		
Marca A -UG- Río	1	385	500	1500	50,0	77,0	101,6	230,00	234,8	131
								235,00		
	2	360	500	1500	50,0	72,0	101,6	241,00	218,3	115
								233,00		
Marca A- UG- AR-Tajo	1	400	500	1500	50,0	80,0	101,6	215,00	218,3	115
								223,00		
								220,00		
								215,00		
Marca A- UG- AR-Río	1	345	500	1500	50,0	69,0	101,6	213,60	214,5	111
								221,00		
								221,70		
								217,00		
								217,40		
								218,70		
								208,10		
								213,80		

Marca B -UG- Tajo	1	413	500	1500	50,0	82,5	101,6	230,70 232,50 239,00 234,50	234,2	130
	2	400	500	1500	50,0	80,0	101,6	233,30 220,50 220,60 232,10	226,6	123
	3	380	500	1500	50,0	76,0	101,6	209,00 214,10 216,30 210,60	212,5	109
Marca B -UG- Río	1	355	500	1500	50,0	71,0	101,6	195,42 194,12 198,80 196,78	196,3	93
	2	370	500	1500	50,0	74,0	101,6	217,50 221,50 213,70 206,80	214,9	111
Marca B – UG- AR-Tajo	1	370	500	1500	50,0	74,0	101,6	183,60 190,00 191,30 183,50	187,1	84
	2	390	500	1500	50,0	78,0	101,6	206,40 208,40 204,82 205,30	206,2	103
	3	400	500	1500	50,0	80,0	101,6	201,10 205,00 204,60 203,00	203,4	100
	4	412	500	1500	50,0	82,4	101,6	203,80 206,30 212,80 211,20	208,5	105

RESISTENCIA DEL MORTERO HIDRÁULICO A CINCO EDADES DIFERENTES UTILIZANDO CINCO TIPOS DE CEMENTO NACIONAL

Marca B – UG- AR- Río	1	370	500	1500	50,0	74,0	101,6	221,20 233,80 228,62 219,60	225,8	122
	2	355	500	1500	50,0	70,9	101,6	213,70 210,20 206,10 216,80	211,7	108
Marca B -MP- Tajo	1	410	500	1500	50,0	82,0	101,6	220,00 225,00 228,50 222,00	223,9	120
	2	390	500	1500	50,0	78,0	101,6	203,00 208,00 209,20 206,00	206,6	103
	3	395	500	1500	50,0	79,0	101,6	213,00 213,90 215,00 214,30	214,1	111
Marca B -MP- Río	1	365	500	1500	50,0	73,0	101,6	211,5 208,0 209,3 209,4	209,6	106

Fuente: Elaboración propia. Excel 2013

2.3 Datos del ensayo para estimar la resistencia a la compresión de cubos de mortero.

Cemento Marca A tipo UG

DATOS OBTENIDOS DE LA FALLA DE CUBOS DE MORTERO PARA EL CEMENTO MARCA A-UG CON ARENA DE TAJO					
Muestra #	Edad (días)	Área Transversal (cm ²)	Carga Falla (±0,226 -0,329) kN	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia (MPa)
1	7	25,71	62,5	247,87	24,31
2	7	25,71	63,8	253,03	24,81
3	7	25,71	66,1	262,15	25,71
4	7	25,71	63,6	252,24	24,74
5	7	25,71	52,0	206,23	20,23
6	7	25,71	61,8	245,10	24,04
Promedio =			61,63	244,44	23,97
7	14	25,71	76,0	301,42	29,56
8	14	25,71	79,7	316,09	31,00
9	14	25,71	75,1	297,85	29,21
10	14	25,71	76,5	303,40	29,75
11	14	25,71	78,1	309,74	30,38
12	14	25,71	79,8	316,49	31,04
Promedio =			77,53	307,50	30,16
13	28	25,71	85,0	337,11	33,06
14	28	25,71	83,8	332,35	32,59
15	28	25,71	89,6	355,35	34,85
16	28	25,71	76,2	302,21	29,64
17	28	25,71	68,9	273,26	26,80
18	28	25,71	74,7	296,26	29,05
Promedio =			79,70	316,09	31,00
19	56	25,71	92,4	366,46	35,94
20	56	25,71	85,3	338,30	33,18
21	56	25,71	81,6	323,62	31,74
22	56	25,71	88,5	350,99	34,42
23	56	25,71	75,8	300,62	29,48
24	56	25,71	85,4	338,70	33,22
Promedio =			84,83	336,45	33,00
25	90	25,71	89,1	353,37	34,65
26	90	25,71	83,7	331,95	32,55
27	90	25,71	91,9	364,47	35,74
28	90	25,71	97,2	385,49	37,81
29	90	25,71	94,6	375,18	36,79
30	90	25,71	97,7	387,48	38,00
Promedio =			92,37	366,33	35,93

Fuente: Elaboración propia, Excel 2013.

DATOS OBTENIDOS DE LA FALLA DE CUBOS DE MORTERO PARA EL CEMENTO MARCA A-UG CON ARENA DE RÍO

Muestra #	Edad (días)	Área Transversal (cm ²)	Carga Falla (±0,226 -0,329) kN	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia (MPa)
1	7	24,97	45,6	186,26	18,27
2	7	24,97	47,2	192,79	18,91
3	7	24,97	45,5	185,85	18,23
4	7	24,97	41,1	167,87	16,46
5	7	24,97	40,0	163,38	16,02
6	7	24,97	45,3	185,03	18,15
Promedio =			44,12	180,20	17,67
7	14	24,97	57,4	234,45	22,99
8	14	24,97	58,1	237,31	23,27
9	14	24,97	58,0	236,90	23,23
10	14	24,97	57,7	235,68	23,11
11	14	24,97	54,7	223,42	21,91
12	14	24,97	54,2	221,38	21,71
Promedio =			56,68	231,53	22,71
13	28	24,97	65,4	267,13	26,20
14	28	24,97	63,0	257,33	25,24
15	28	24,97	64,9	265,09	26,00
16	28	24,97	68,9	281,43	27,60
17	28	24,97	64,9	265,09	26,00
18	28	24,97	59,7	243,85	23,91
Promedio =			64,47	263,32	25,82
19	56	24,97	77,7	317,37	31,12
20	56	24,97	69,7	284,69	27,92
21	56	24,97	75,2	307,16	30,12
22	56	24,97	72,5	296,13	29,04
23	56	24,97	60,3	246,30	24,15
24	56	24,97	69,2	282,65	27,72
Promedio =			70,77	289,05	28,35
25	90	24,97	73,0	298,17	29,24
26	90	24,97	72,9	297,76	29,20
27	90	24,97	81,0	330,85	32,45
28	90	24,97	78,0	318,59	31,24
29	90	24,97	67,2	274,48	26,92
30	90	24,97	72,9	297,76	29,20
Promedio =			74,17	302,94	29,71

Fuente: Elaboración propia, Excel 2013.

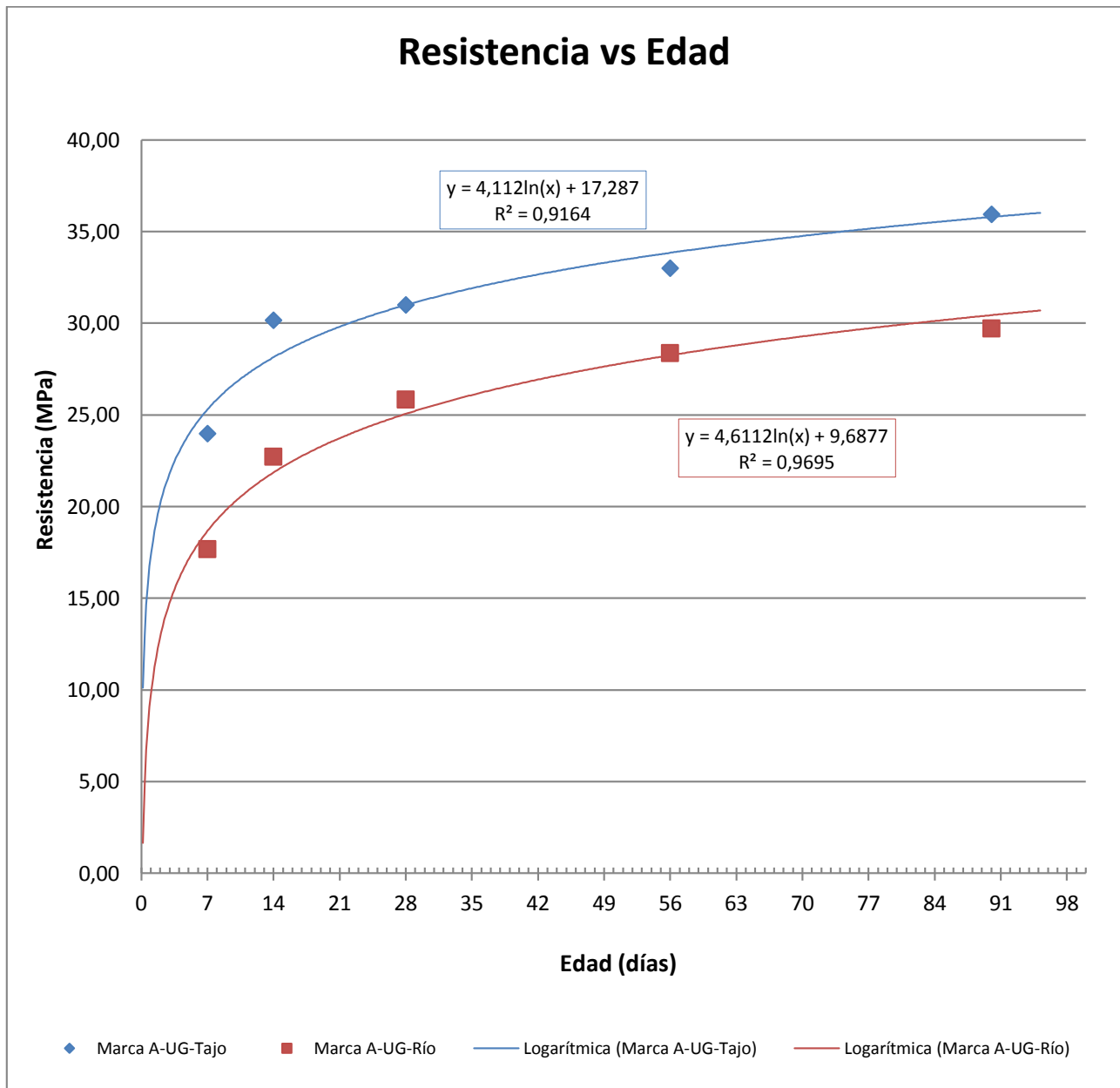


Gráfico de resistencia a la compresión vs edad para mortero, utilizando el cemento Marca A-UG con arenas de tajo y de río
 Fuente: *Elaboración propia. Excel 2013.*

Cemento Marca A tipo UG-AR

DATOS OBTENIDOS DE LA FALLA DE CUBOS DE MORTERO PARA EL CEMENTO MARCA A- UG-AR CON ARENA DE TAJO					
Muestra #	Edad (días)	Área Transversal (cm ²)	Carga Falla (±0,226 -0,329) kN	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia (MPa)
1	7	24,97	71,3	291,23	28,56
2	7	24,97	73,5	300,21	29,44
3	7	24,97	72,3	295,31	28,96
4	7	25,71	69,0	273,65	26,84
5	7	25,71	75,1	297,85	29,21
6	7	25,71	62,6	248,27	24,35
Promedio =			70,63	284,42	27,89
7	14	25,71	80,5	319,26	31,31
8	14	25,71	78,0	309,35	30,34
9	14	25,71	82,8	328,38	32,20
10	14	25,71	96,0	380,73	37,34
11	14	25,71	76,4	303,00	29,72
12	14	25,71	86,8	344,25	33,76
Promedio =			83,42	330,83	32,44
13	28	25,71	97,8	387,87	38,04
14	28	25,71	91,6	363,28	35,63
15	28	25,71	106,7	423,17	41,50
16	28	25,71	101,7	403,34	39,56
17	28	25,71	99,3	393,82	38,62
18	28	25,71	102,1	404,93	39,71
Promedio =			99,87	396,07	38,84
19	56	25,71	114,3	453,43	44,47
20	56	25,71	106,7	423,18	41,50
21	56	25,71	106,2	421,13	41,30
22	56	25,71	99,7	395,37	38,77
23	56	25,71	111,8	443,21	43,47
24	56	25,71	97,4	386,38	37,89
Promedio =			106,01	420,45	41,23
25	90	25,71	108,4	429,91	42,16
26	90	25,71	101,0	400,56	39,28
27	90	25,71	112,6	446,57	43,80
28	90	25,71	107,8	427,53	41,93
29	90	25,71	105,7	419,20	41,11
30	90	25,71	109,8	435,47	42,71
Promedio =			107,55	426,54	41,83

Fuente: Elaboración propia, Excel 2013.

**DATOS OBTENIDOS DE LA FALLA DE CUBOS DE MORTERO PARA EL CEMENTO
MARCA A- UG-AR CON ARENA DE RÍO**

Muestra #	Edad (días)	Área Transversal (cm ²)	Carga Falla (±0,226 -0,329) kN	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia (MPa)
1	7	24,97	47,9	195,65	19,19
2	7	24,97	57,9	236,50	23,19
3	7	24,97	54,7	223,42	21,91
4	7	24,97	55,6	227,10	22,27
5	7	24,97	53,5	218,52	21,43
6	7	24,97	54,8	223,83	21,95
		Promedio =	54,07	220,84	21,66
7	14	24,97	70,9	289,59	28,40
8	14	24,97	74,5	304,30	29,84
9	14	24,97	76,1	310,83	30,48
10	14	24,97	71,4	291,64	28,60
11	14	24,97	74,1	302,66	29,68
12	14	24,97	70,6	288,37	28,28
		Promedio =	72,93	297,90	29,22
13	28	24,97	86,4	352,90	34,61
14	28	24,97	86,5	353,31	34,65
15	28	24,97	84,0	343,10	33,65
16	28	24,97	84,7	345,96	33,93
17	28	24,97	80,6	329,21	32,29
18	28	24,97	82,8	338,20	33,17
		Promedio =	84,17	343,78	33,71
19	56	24,97	96,1	392,45	38,49
20	56	24,97	86,8	354,56	34,77
21	56	24,97	96,5	394,14	38,65
22	56	24,97	90,4	369,29	36,22
23	56	24,97	94,9	387,82	38,03
24	56	24,97	90,8	370,98	36,38
		Promedio =	92,59	378,21	37,09
25	90	24,97	101,4	414,17	40,62
26	90	24,97	113,5	463,60	45,46
27	90	24,97	109,4	446,85	43,82
28	90	24,97	103,2	421,53	41,34
29	90	24,97	99,3	405,60	39,78
30	90	24,97	97,2	397,02	38,94
		Promedio =	104,00	424,79	41,66

Fuente: Elaboración propia, Excel 2013.

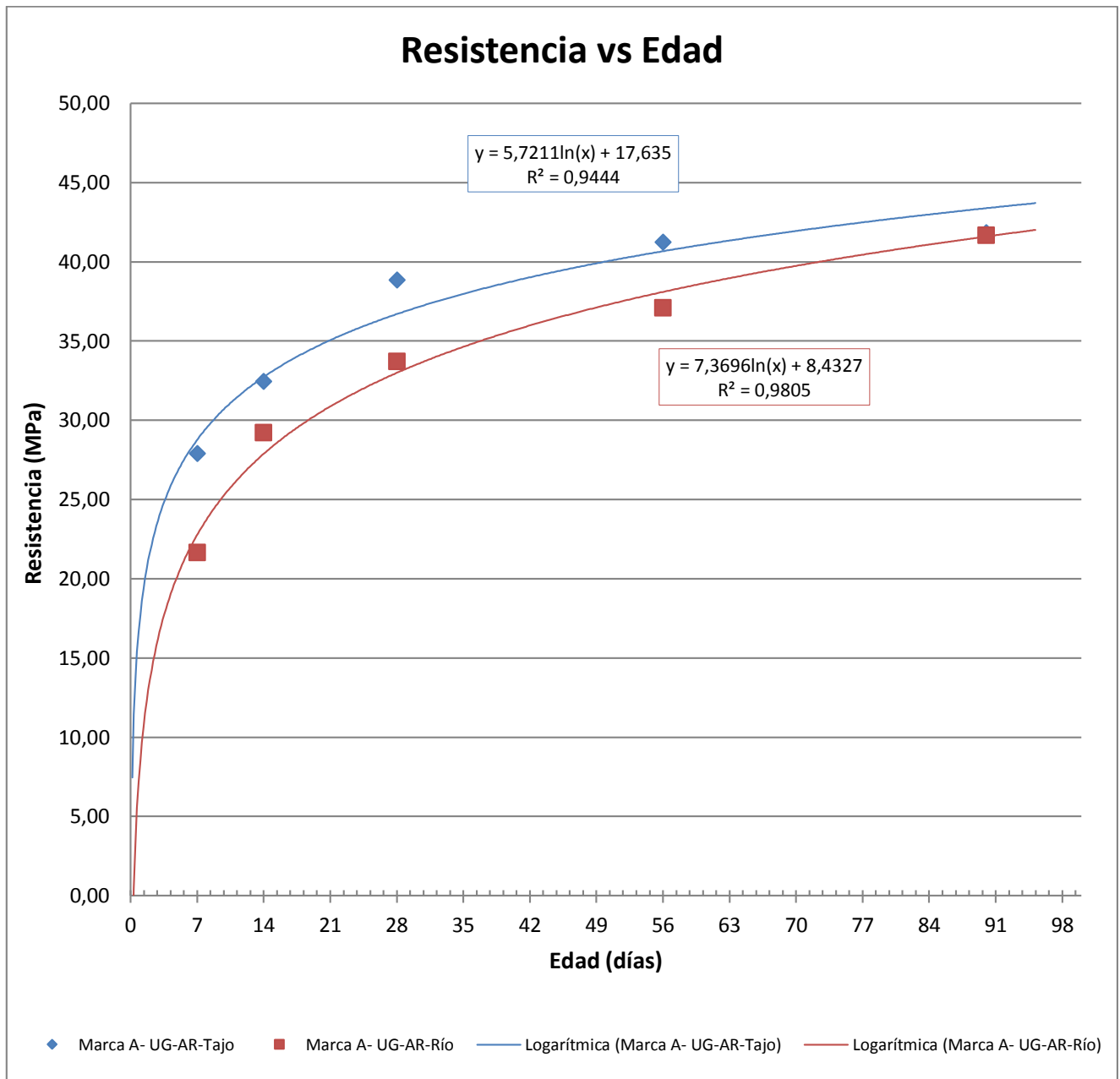


Gráfico de resistencia a la compresión vs edad para mortero, utilizando el cemento Marca A- UG-AR con arenas de tajo y de río
 Fuente: *Elaboración propia. Excel 2013.*

Cemento Marca B tipo UG

DATOS OBTENIDOS DE LA FALLA DE CUBOS DE MORTERO PARA EL CEMENTO MARCA B- UG CON ARENA DE TAJO					
Muestra #	Edad (días)	Área Transversal (cm ²)	Carga Falla (±0,226 -0,329) kN	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia (MPa)
1	7	24,97	61,1	249,57	24,47
2	7	24,97	80,5	328,81	32,25
3	7	24,97	80,2	327,58	32,13
4	7	25,71	71,4	283,17	27,77
5	7	25,71	79,2	314,11	30,80
6	7	25,71	72,5	287,53	28,20
Promedio =			74,15	298,46	29,27
7	14	25,71	101,6	402,94	39,52
8	14	25,71	96,3	381,92	37,46
9	14	25,71	98,3	389,86	38,23
10	14	25,71	98,3	389,86	38,23
11	14	25,71	90,8	360,11	35,32
12	14	25,71	85,2	337,90	33,14
Promedio =			95,08	377,10	36,98
13	28	25,71	100,7	399,37	39,17
14	28	25,71	91,6	363,28	35,63
15	28	25,71	112,8	447,36	43,87
16	28	25,71	91,1	361,30	35,43
17	28	25,71	99,9	396,20	38,86
18	28	25,71	99,4	394,22	38,66
Promedio =			99,25	393,62	38,60
19	56	25,71	114,1	452,52	44,38
20	56	25,71	108,7	431,10	42,28
21	56	25,71	99,5	394,62	38,70
22	56	25,71	124,8	494,96	48,54
23	56	25,71	118,0	467,99	45,90
24	56	25,71	108,3	429,52	42,12
Promedio =			112,23	445,12	43,65
25	90	25,71	122,0	483,85	47,45
26	90	25,71	124,5	493,77	48,42
27	90	25,71	107,2	425,15	41,69
28	90	25,71	118,7	470,76	46,17
29	90	25,71	111,7	443,00	43,45
30	90	25,71	124,3	492,97	48,35
Promedio =			118,07	468,25	45,92

Fuente: Elaboración propia, Excel 2013.

**DATOS OBTENIDOS DE LA FALLA DE CUBOS DE MORTERO PARA EL CEMENTO
MARCA B- UG CON ARENA DE RÍO**

Muestra #	Edad (días)	Área Transversal (cm ²)	Carga Falla (±0,226 -0,329) kN	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia (MPa)
1	7	24,97	37,8	154,40	15,14
2	7	24,97	39,5	161,34	15,82
3	7	24,97	41,5	169,51	16,62
4	7	24,97	42,3	172,78	16,94
5	7	24,97	40,8	166,65	16,34
6	7	24,97	41,7	170,33	16,70
		Promedio =	40,60	165,83	16,26
7	14	24,97	57,3	234,04	22,95
8	14	24,97	55,2	225,47	22,11
9	14	24,97	58,6	239,35	23,47
10	14	24,97	53,4	218,11	21,39
11	14	24,97	56,4	230,37	22,59
12	14	24,97	56,8	232,00	22,75
		Promedio =	56,28	229,89	22,55
13	28	24,97	72,5	296,13	29,04
14	28	24,97	71,6	292,45	28,68
15	28	24,97	70,5	287,96	28,24
16	28	24,97	69,9	285,51	28,00
17	28	24,97	64,6	263,86	25,88
18	28	24,97	69,3	283,06	27,76
		Promedio =	69,73	284,83	27,93
19	56	24,97	84,7	345,96	33,93
20	56	24,97	80,1	327,17	32,09
21	56	24,97	77,9	318,19	31,20
22	56	24,97	79,7	325,54	31,93
23	56	24,97	85,4	348,82	34,21
24	56	24,97	83,7	341,88	33,53
		Promedio =	81,92	334,59	32,81
25	90	24,97	84,8	346,37	33,97
26	90	24,97	78,4	320,23	31,40
27	90	24,97	89,2	364,34	35,73
28	90	24,97	87,1	355,76	34,89
29	90	24,97	88,1	359,85	35,29
30	90	24,97	86,1	351,68	34,49
		Promedio =	85,62	349,71	34,30

Fuente: Elaboración propia, Excel 2013.

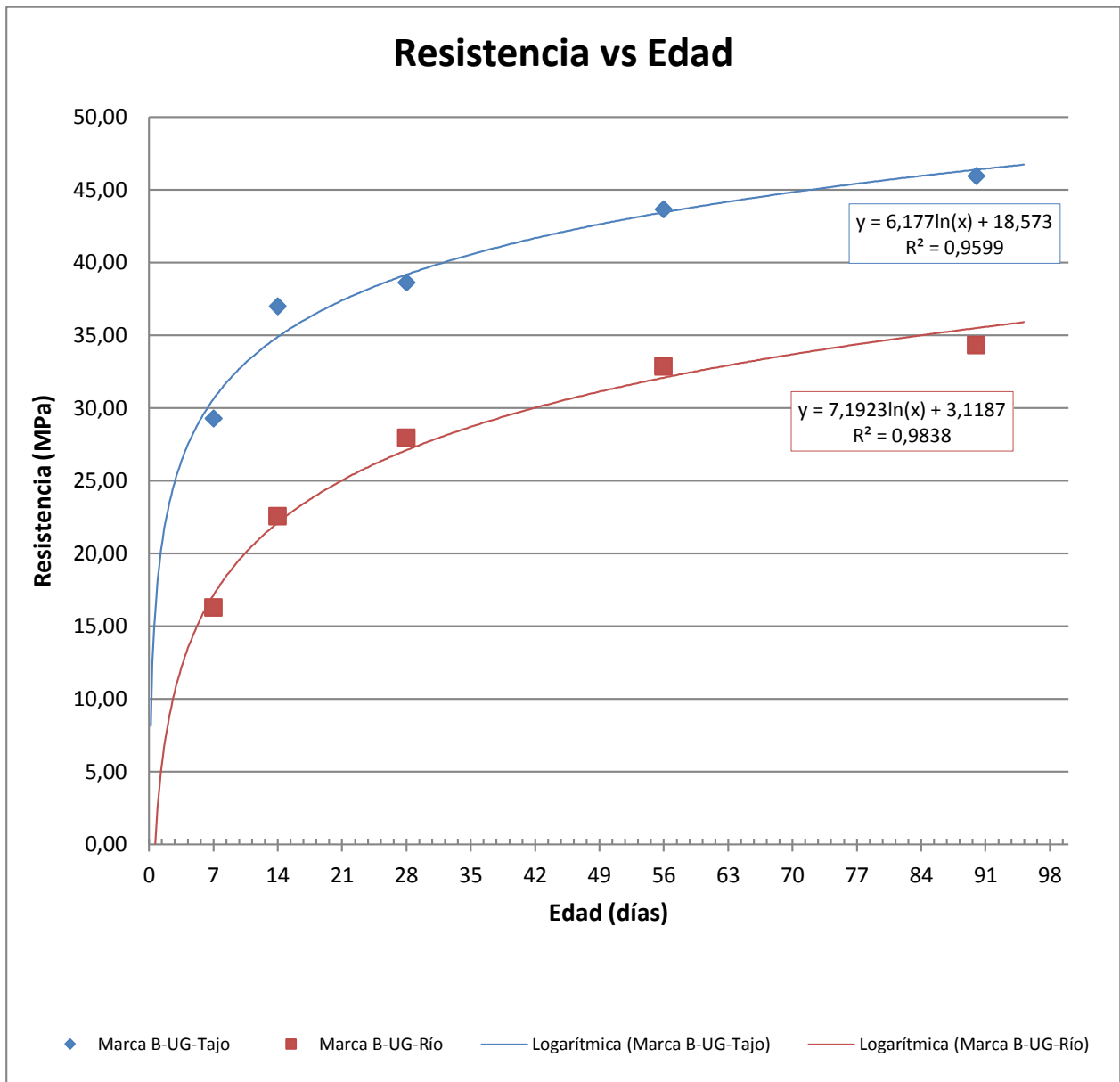


Gráfico de resistencia a la compresión vs edad para mortero, utilizando el cemento Marca B- UG con arenas de tajo y de río
 Fuente: *Elaboración propia. Excel 2013.*

Cemento Marca B tipo UG-AR

DATOS OBTENIDOS DE LA FALLA DE CUBOS DE MORTERO PARA EL CEMENTO MARCA B- UG-AR CON ARENA DE TAJO					
Muestra #	Edad (días)	Área Transversal (cm²)	Carga Falla (±0,226 -0,329) kN	Resistencia (kg/cm²)	Resistencia (MPa)
1	7	24,97	76,9	314,10	30,80
2	7	24,97	76,3	311,65	30,56
3	7	24,97	77,6	316,96	31,08
4	7	25,71	70,4	279,21	27,38
5	7	25,71	63,2	250,65	24,58
6	7	25,71	75,3	298,64	29,29
		Promedio =	73,28	295,20	28,95
7	14	25,71	98,0	388,67	38,12
8	14	25,71	91,3	362,09	35,51
9	14	25,71	106,5	422,38	41,42
10	14	25,71	94,6	375,18	36,79
11	14	25,71	84,2	333,94	32,75
12	14	25,71	73,0	289,52	28,39
		Promedio =	91,27	361,96	35,50
13	28	25,71	85,8	340,28	33,37
14	28	25,71	97,7	387,48	38,00
15	28	25,71	95,3	377,96	37,07
16	28	25,71	92,6	367,25	36,02
17	28	25,71	100,3	397,79	39,01
18	28	25,71	95,6	379,15	37,18
		Promedio =	94,55	374,98	36,77
19	56	25,71	118,5	469,97	46,09
20	56	25,71	111,3	441,41	43,29
21	56	25,71	102,7	407,31	39,94
22	56	25,71	97,7	387,48	38,00
23	56	25,71	112,6	446,57	43,80
24	56	25,71	111,4	441,81	43,33
		Promedio =	109,03	432,42	42,41
25	90	25,71	124,4	493,37	48,38
26	90	25,71	120,3	477,11	46,79
27	90	25,71	128,4	509,23	49,94
28	90	25,71	121,7	482,66	47,33
29	90	25,71	93,5	370,82	36,37
30	90	25,71	108,9	431,90	42,36
		Promedio =	116,20	460,85	45,20

Fuente: Elaboración propia, Excel 2013.

**DATOS OBTENIDOS DE LA FALLA DE CUBOS DE MORTERO PARA EL CEMENTO
MARCA B- UG-AR CON ARENA DE RÍO**

Muestra #	Edad (días)	Área Transversal (cm ²)	Carga Falla (±0,226 -0,329) kN	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia (MPa)
1	7	24,97	51,2	209,13	20,51
2	7	24,97	58,2	237,72	23,31
3	7	24,97	58,5	238,95	23,43
4	7	24,97	57,0	232,82	22,83
5	7	24,97	55,5	226,69	22,23
6	7	24,97	55,0	224,65	22,03
		Promedio =	55,90	228,33	22,39
7	14	24,97	77,8	317,78	31,16
8	14	24,97	76,5	312,47	30,64
9	14	24,97	80,4	328,40	32,21
10	14	24,97	73,1	298,58	29,28
11	14	24,97	73,1	298,58	29,28
12	14	24,97	73,4	299,81	29,40
		Promedio =	75,72	309,27	30,33
13	28	24,97	91,3	372,92	36,57
14	28	24,97	86,6	353,72	34,69
15	28	24,97	86,3	352,50	34,57
16	28	24,97	86,3	352,50	34,57
17	28	24,97	83,1	339,43	33,29
18	28	24,97	87,9	359,03	35,21
		Promedio =	86,92	355,02	34,82
19	56	24,97	108,3	442,36	43,38
20	56	24,97	97,9	399,88	39,22
21	56	24,97	103,8	423,98	41,58
22	56	24,97	98,7	403,14	39,54
23	56	24,97	91,7	374,55	36,73
24	56	24,97	87,6	357,81	35,09
		Promedio =	98,00	400,29	39,26
25	90	24,97	91,7	374,55	36,73
26	90	24,97	103,0	420,71	41,26
27	90	24,97	110,2	450,12	44,14
28	90	24,97	115,6	472,17	46,31
29	90	24,97	112,8	460,74	45,18
30	90	24,97	111,6	455,84	44,70
		Promedio =	107,48	439,02	43,05

Fuente: Elaboración propia, Excel 2013.

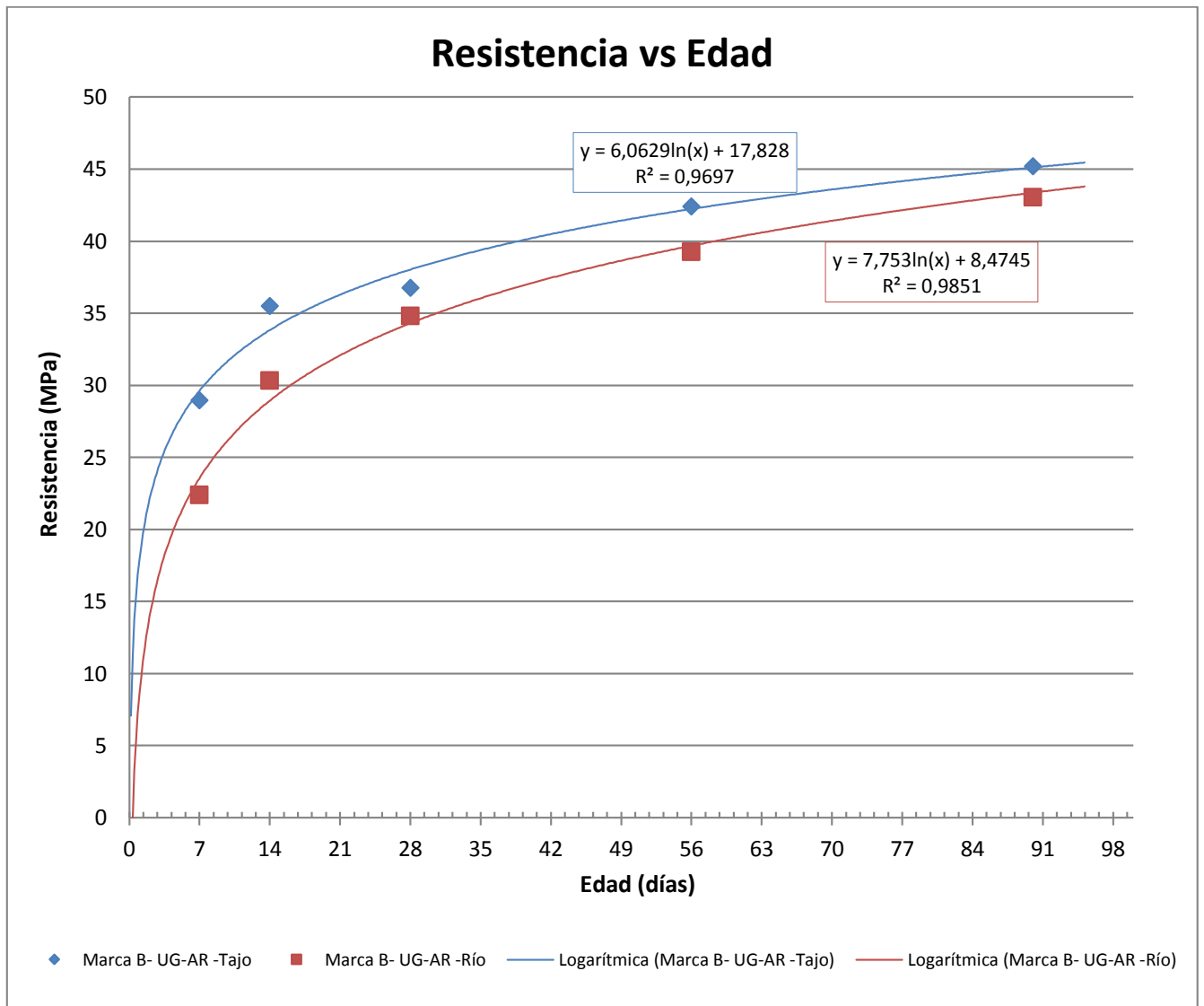


Gráfico de resistencia a la compresión vs edad para mortero, utilizando el cemento Marca B- UG-AR con arenas de tajo y de río
 Fuente: Elaboración propia. Excel 2013.

Cemento Marca B tipo MP

DATOS OBTENIDOS DE LA FALLA DE CUBOS DE MORTERO PARA EL CEMENTO MARCA B- MP CON ARENA DE TAJO						
Muestra #	Edad (días)	Área Transversal (cm²)	Carga Falla (±0,226 -0,329) kN	Resistencia (kg/cm²)	Resistencia (MPa)	
1	7	24,97	59,5	243,03	23,83	
2	7	24,97	67,2	274,48	26,92	
3	7	24,97	69,7	284,69	27,92	
4	7	25,71	75,7	300,23	29,44	
5	7	25,71	68,1	270,08	26,49	
6	7	25,71	74,2	294,28	28,86	
Promedio =			69,07	277,80	27,24	
7	14	25,71	89,6	355,35	34,85	
8	14	25,71	82,3	326,40	32,01	
9	14	25,71	91,2	361,70	35,47	
10	14	25,71	87,0	345,04	33,84	
11	14	25,71	79,8	316,49	31,04	
12	14	25,71	89,0	352,97	34,62	
Promedio =			86,48	342,99	33,64	
13	28	25,71	105,8	419,60	41,15	
14	28	25,71	100,4	398,19	39,05	
15	28	25,71	101,6	402,94	39,52	
16	28	25,71	87,4	346,63	33,99	
17	28	25,71	95,8	379,94	37,26	
18	28	25,71	91,8	364,08	35,71	
Promedio =			97,13	385,23	37,78	
19	56	25,71	108,3	429,52	42,12	
20	56	25,71	104,5	414,45	40,64	
21	56	25,71	109,6	434,67	42,63	
22	56	25,71	85,1	337,51	33,10	
23	56	25,71	87,9	348,61	34,19	
24	56	25,71	98,7	391,44	38,39	
Promedio =			99,02	392,70	38,51	
25	90	25,71	97,0	384,70	37,73	
26	90	25,71	111,9	443,79	43,52	
27	90	25,71	98,0	388,67	38,12	
28	90	25,71	107,8	427,53	41,93	
29	90	25,71	111,9	443,79	43,52	
30	90	25,71	100,3	397,79	39,01	
Promedio =			104,48	414,38	40,64	

Fuente: Elaboración propia, Excel 2013.

**DATOS OBTENIDOS DE LA FALLA DE CUBOS DE MORTERO PARA EL CEMENTO
MARCA B- MP CON ARENA DE RÍO**

Muestra #	Edad (días)	Área Transversal (cm ²)	Carga Falla (±0,226 -0,329) kN	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia (MPa)
1	7	24,97	43,2	176,45	17,30
2	7	24,97	46,5	189,93	18,63
3	7	24,97	46,0	187,89	18,43
4	7	24,97	44,0	179,72	17,63
5	7	24,97	46,6	190,34	18,67
6	7	24,97	44,6	182,17	17,87
		Promedio =	45,15	184,42	18,09
7	14	24,97	63,5	259,37	25,44
8	14	24,97	59,9	244,66	23,99
9	14	24,97	64,0	261,41	25,64
10	14	24,97	58,9	240,58	23,59
11	14	24,97	58,4	238,54	23,39
12	14	24,97	62,5	255,28	25,04
		Promedio =	61,20	249,97	24,51
13	28	24,97	60,3	246,30	24,15
14	28	24,97	69,8	285,10	27,96
15	28	24,97	66,6	272,03	26,68
16	28	24,97	70,5	287,96	28,24
17	28	24,97	69,0	281,83	27,64
18	28	24,97	70,1	286,33	28,08
		Promedio =	67,72	276,59	27,13
19	56	24,97	83,2	339,83	33,33
20	56	24,97	49,1	200,55	19,67
21	56	24,97	85,2	348,00	34,13
22	56	24,97	81,0	330,85	32,45
23	56	24,97	85,4	348,82	34,21
24	56	24,97	80,3	327,99	32,17
		Promedio =	77,37	316,01	30,99
25	90	24,97	86,5	353,31	34,65
26	90	24,97	98,9	403,96	39,62
27	90	24,97	91,4	373,33	36,61
28	90	24,97	93,6	382,31	37,49
29	90	24,97	95,0	388,03	38,05
30	90	24,97	88,0	359,44	35,25
		Promedio =	92,23	376,73	36,95

Fuente: Elaboración propia, Excel 2013.

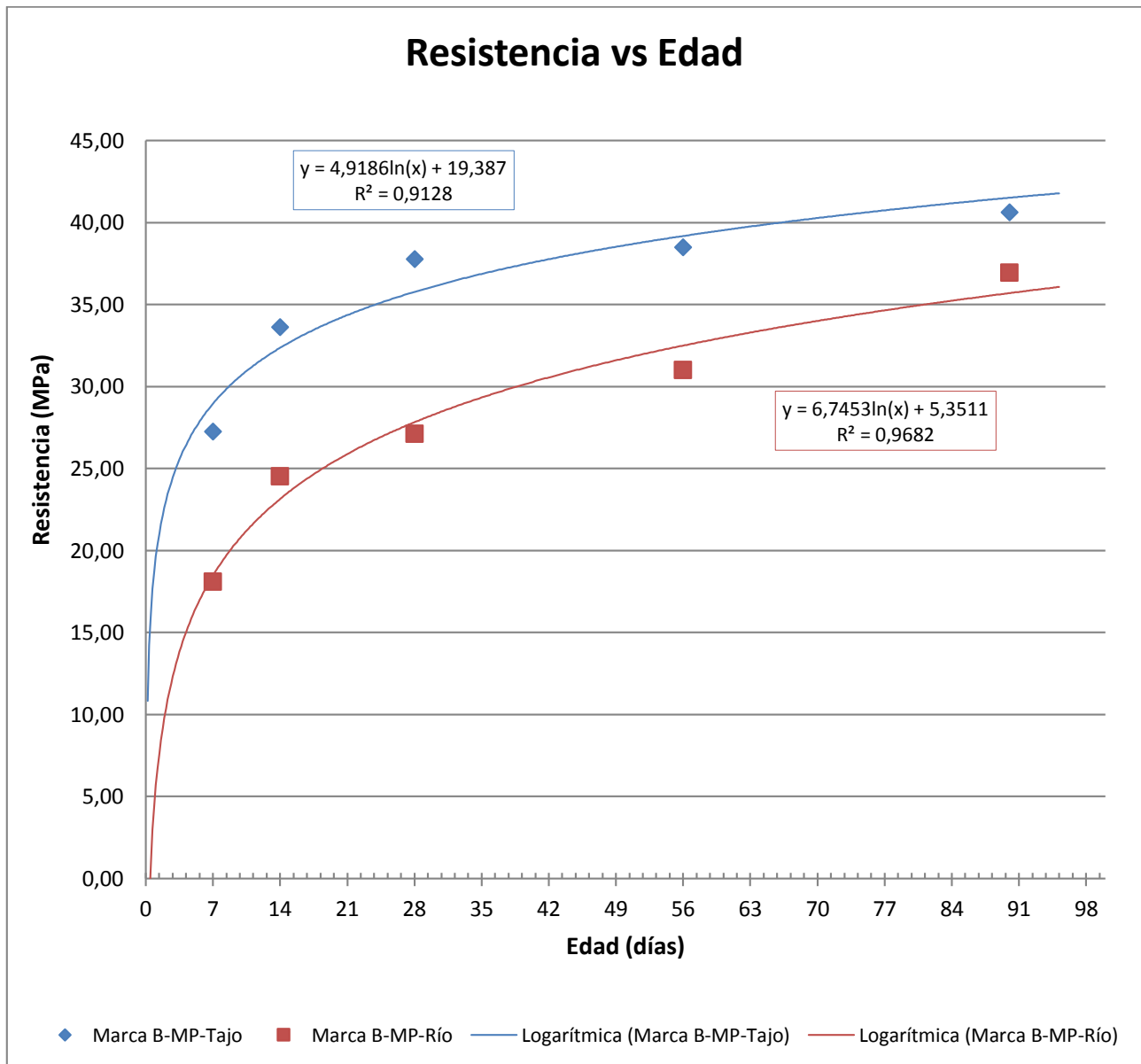


Gráfico de resistencia a la compresión vs edad para mortero, utilizando el cemento Marca B- MP con arenas de tajo y de río
 Fuente: Elaboración propia. Excel 2013.

3. Análisis Estadístico

3.1 Estadística descriptiva.

Edad 7 días

En este apartado se presentan los resultados del análisis estadístico perteneciente a las edades de 7, 28, 56 y 90 días, considerando todas las combinaciones a éstas edades.

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA PARA VALORES DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON ARENA DE TAJO							
Cemento	N	Media (MPa)	Error estándar de la media	Desviación Estándar (MPa)	Varianza (MPa)	Coefficiente de Variación (%)	Rango
Marca A- UG-AR	6	27,893	0,804	1,970	3,881	7,06	5,09
Marca A-UG	6	23,972	0,785	1,922	3,694	8,02	5.48
Marca B- UG-AR	6	28,95	1,04	2,54	6,45	8,77	6.50
Marca B-MP	6	27,244	0,821	2,010	4,042	7,38	5,61
Marca B-UG	6	29,27	1,23	3,03	9,15	10,34	7,77

Fuente: Elaboración propia. Excel 2013

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA PARA VALORES DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON ARENA DE RÍO							
Cemento	N	Media (MPa)	Error estándar de la media	Desviación Estándar (MPa)	Varianza (MPa)	Coefficiente de Variación (%)	Rango
Marca A- UG-AR	6	21,653	0,549	1,345	1,808	6,21	4,01
Marca A-UG	6	17,672	0,469	1,148	1,318	6,50	2,88
Marca B- UG-AR	6	22,392	0,441	1,080	1,166	4,82	2,92
Marca B-MP	6	18,086	0,232	0,569	0,323	3,14	1,36
Marca B-UG	6	16,263	0,274	0,670	0,449	4,12	1,80

Fuente: Elaboración propia. Excel 2013

Edad 28 días

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA PARA VALORES DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON ARENA DE TAJO							
Cemento	N	Media (MPa)	Error estándar de la media	Desviación Estándar (MPa)	Varianza (MPa)	Coficiente de Variación (%)	Rango
Marca A- UG-AR	6	38,843	0,803	1,968	3,872	5,07	5,87
Marca A-UG	6	31,00	1,22	3,00	8,98	9,67	8,05
Marca B- UG-AR	6	36,775	0,794	1,945	3,782	5,29	7,16
Marca B-MP	6	37,78	1,08	2,64	6,98	6,99	8,44
Marca B-UG	6	38,60	1,25	3,07	9,41	7,95	5,64

Fuente: Elaboración propia. Excel 2013

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA PARA VALORES DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON ARENA DE RÍO							
Cemento	N	Media (MPa)	Error estándar de la media	Desviación Estándar (MPa)	Varianza (MPa)	Coficiente de Variación (%)	Rango
Marca A- UG-AR	6	33,715	0,368	0,902	0,813	2,67	2,36
Marca A-UG	6	25,824	0,495	1,212	1,469	4,69	3,68
Marca B- UG-AR	6	34,816	0,436	1,069	1,143	3,07	4,09
Marca B-MP	6	27,125	0,636	1,558	2,428	5,74	3,16
Marca B-UG	6	27,933	0,453	1,109	1,229	3,97	3,28

Fuente: Elaboración propia. Excel 2013

Edad 56 días

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA PARA VALORES DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON ARENA DE TAJO							
Cemento	N	Media (MPa)	Error estándar de la media	Desviación Estándar (MPa)	Varianza (MPa)	Coficiente de Variación (%)	Rango
Marca A- UG-AR	6	41,23	1,04	2,56	6,55	6,21	41,40
Marca A-UG	6	32,995	0,907	2,223	4,941	6,74	33,196
Marca B- UG-AR	6	42,41	1,19	2,92	8,52	6,88	43,31
Marca B-MP	6	38,51	1,66	4,06	16,51	10,55	39,52
Marca B-UG	6	43,65	1,39	3,41	11,64	7,82	43,33

Fuente: Elaboración propia. Excel 2013

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA PARA VALORES DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON ARENA DE RÍO							
Cemento	N	Media (MPa)	Error estándar de la media	Desviación Estándar (MPa)	Varianza (MPa)	Coficiente de Variación (%)	Rango
Marca A- UG-AR	6	37,091	0,631	1,545	2,386	4,16	37,208
Marca A-UG	6	28,347	0,992	2,429	5,901	8,57	28,481
Marca B- UG-AR	6	39,26	1,24	3,04	9,24	7,75	39,380
Marca B-MP	6	30,99	2,29	5,61	31,47	18,10	32,890
Marca B-UG	6	32,813	0,504	1,233	1,521	3,76	32,807

Fuente: Elaboración propia. Excel 2013

Edad 90 días

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA PARA VALORES DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON ARENA DE TAJO							
Cemento	N	Media (MPa)	Error estándar de la media	Desviación Estándar (MPa)	Varianza (MPa)	Coficiente de Variación (%)	Rango
Marca A- UG-AR	6	41,831	0,626	1,533	2,350	3,66	4,512
Marca A-UG	6	35,926	0,849	2,079	4,320	5,79	5,445
Marca B- UG-AR	6	45,20	2,05	5,02	25,16	11,10	13,57
Marca B-MP	6	40,64	1,09	2,68	7,16	6,58	5,80
Marca B-UG	6	45,92	1,13	2,78	7,71	6,05	6,73

Fuente: Elaboración propia. Excel 2013

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA PARA VALORES DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON ARENA DE RÍO							
Cemento	N	Media (MPa)	Error estándar de la media	Desviación Estándar (MPa)	Varianza (MPa)	Coficiente de Variación (%)	Rango
Marca A- UG-AR	6	41,66	1,02	2,50	6,26	6,01	6,53
Marca A-UG	6	29,709	0,783	1,917	3,674	6,45	5,528
Marca B- UG-AR	6	43,05	1,44	3,53	12,44	8,19	9,57
Marca B-MP	6	36,946	0,751	1,840	3,384	4,98	4,967
Marca B-UG	6	34,296	0,630	1,543	2,381	4,50	4,326

Fuente: Elaboración propia. Excel 2013

3.2 ANOVA de dos factores.

factores con varias muestras por grupo aplicado a cada edad (7, 28, 56 y 90 días), en la que se evaluó los promedios del tipo de arena, tipo de cemento y las combinaciones entre ellos, para así detectar la existencia de diferencias significativas entre ellos.

A continuación se presentan los resultados obtenidos con el análisis de varianza de dos

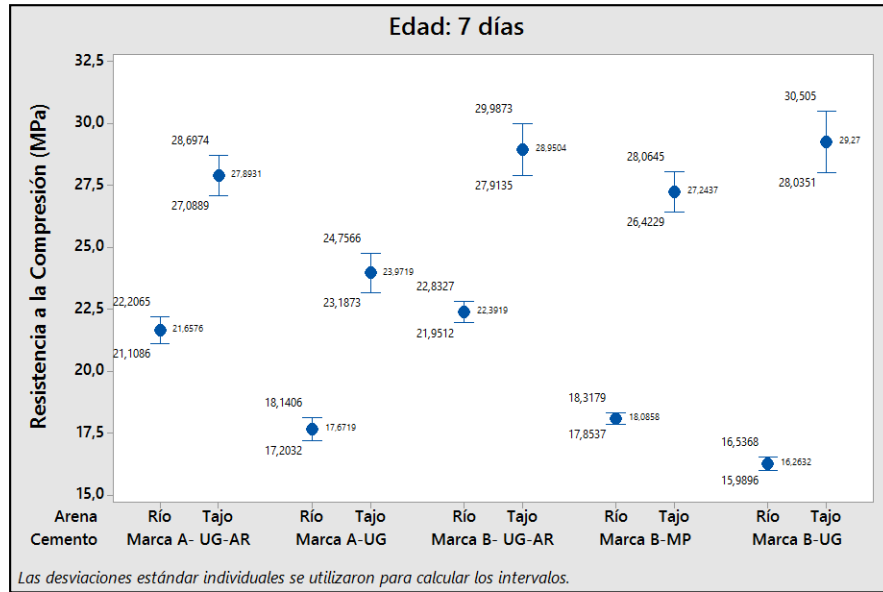
Edad 7 días

ANÁLISIS DE VARIANZA DE DOS FACTORES CON VARIAS MUESTRAS POR GRUPO A LA EDAD DE 7 DÍAS CON $\alpha=0,05$						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Muestra (Arenas)	1021,37	1	1021,37	316,38	2,86,E-23	4,03
Columnas (Cementos)	175,44	4	43,86	13,59	1,44,E-07	2,56
Interacción	102,52	4	25,63	7,94	4,91,E-05	2,56
Error	161,41	50	3,23			
Total	1460,75	59				
Comentarios						
<p>Como el valor de P es menor a 0,05 se rechaza la H_0, por lo que: Para la Arena al menos una de las medias de la resistencia de una de las arenas va a ser diferente, con un 95% de confiabilidad. Para el Cemento al menos una de las medias de la resistencia de uno de los cementos va a ser diferente, con un 95% de confiabilidad. Para la Interacción al menos una de las medias de la resistencia de una de las interacciones (Arena * Cemento) va a ser diferente, con un 95% de confiabilidad.</p> <p>Para la Arena, el valor de F (316,38) es mayor que el Valor Crítico de F (4,03) indicando que sí hay diferencias significativas entre los valores de los grupos de las arenas. Para el Cemento, el valor de F (13,59) es mayor que el Valor Crítico de F (2,56) indicando que sí hay diferencias significativas entre los valores de los grupos de los cementos. Para la Interacción, el valor de F (7,94) es mayor que el Valor Crítico de F (2,56) indicando que sí hay diferencias significativas entre los valores de los grupos al combinar arenas con cementos.</p>						

Fuente: Elaboración propia. Excel 2013

La siguiente gráfica se confeccionó utilizando el software Minitab 17, en dicha figura se presenta

para cada edad los valores individuales y sus promedios, con su respectiva banda de error.



Representación gráfica de los valores individuales y sus promedios, con su respectiva banda de error para la edad de 7 días. Fuente: *Elaboración propia. Minitab 17.*

Edad 28 días

ANÁLISIS DE VARIANZA DE DOS FACTORES CON VARIAS MUESTRAS POR GRUPO A LA EDAD DE 28 DÍAS CON $\alpha=0,05$

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Muestra (Arenas)	676,78	1	676,78	168,74	1,20,E-17	4,03
Columnas (Cementos)	476,43	4	119,11	29,70	1,15,E-12	2,56
Interacción	176,01	4	44,00	10,97	1,83,E-06	2,56
Error	200,54	50	4,01			
Total	1529,76	59				

Comentarios

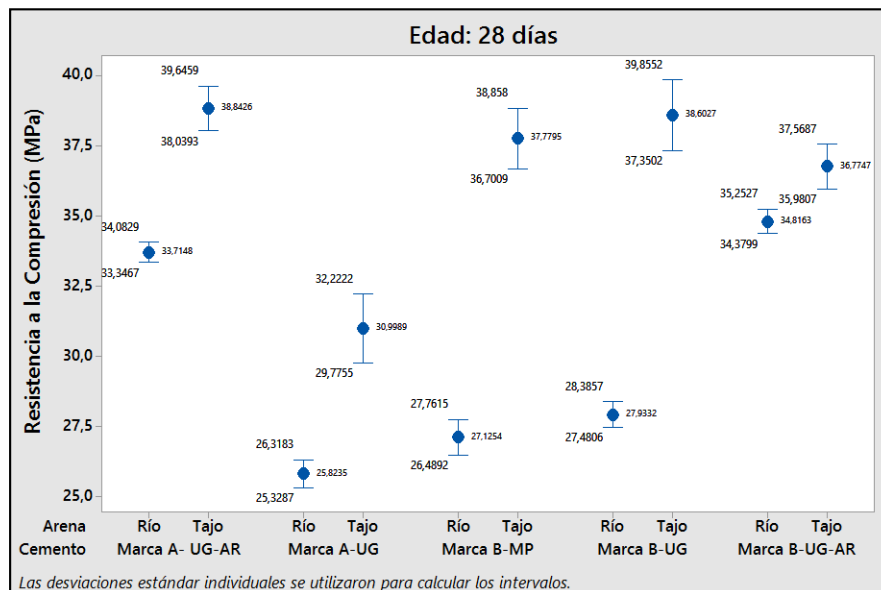
Como el valor de P es menor a 0,05 se rechaza la H_0 , por lo que: **Para la Arena** al menos una de las medias de la resistencia de una de las arenas va a ser diferente, con un 95% de confiabilidad. **Para el Cemento** al menos una de las medias de la resistencia de uno de los cementos va a ser diferente, con un 95% de confiabilidad. **Para la Interacción** al menos una de las medias de la resistencia de una de las interacciones (Arena * Cemento) va a ser diferente, con un 95% de confiabilidad.

Para la Arena, el valor de F (168,74) es mayor que el Valor Crítico de F (4,03) indicando que sí hay diferencias significativas entre los valores de los grupos de las arenas. **Para el Cemento**, el valor de F (29,70) es mayor que el Valor Crítico de F (2,56) indicando que sí hay diferencias significativas entre los valores de los grupos de los cementos. **Para la Interacción**, el valor de F (10,97) es mayor que el Valor Crítico de F (2,56) indicando que sí hay diferencias significativas entre los valores de los grupos al combinar arenas con cementos.

Fuente: Elaboración propia. Excel 2013

La siguiente gráfica se confeccionó utilizando el software Minitab 17, en dicha figura se presenta

para cada edad los valores individuales y sus promedios, con su respectiva banda de error.



Representación gráfica de los valores individuales y sus promedios, con su respectiva banda de error para la edad de 28 días. Fuente: Elaboración propia. Minitab 17.

Edad 56 días

ANÁLISIS DE VARIANZA DE DOS FACTORES CON VARIAS MUESTRAS POR GRUPO A LA EDAD DE 56 DÍAS CON $\alpha=0,05$

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Muestra (Arenas)	550,97	1	550,97	55,83	1,10,E-09	4,03
Columnas (Cementos)	787,48	4	196,87	19,95	7,19,E-10	2,56
Interacción	117,30	4	29,32	2,97	2,80,E-02	2,56
Error	493,41	50	9,87			
Total	1949,16	59				

Comentarios

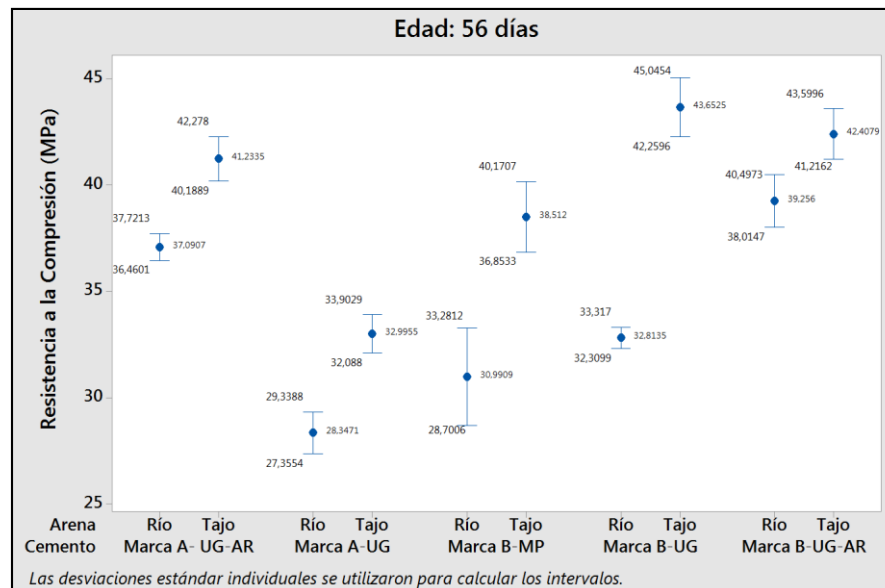
Como el valor de P es menor a 0,05 se rechaza la H_0 , por lo que: **Para la Arena** al menos una de las medias de la resistencia de una de las arenas va a ser diferente, con un 95% de confiabilidad. **Para el Cemento** al menos una de las medias de la resistencia de uno de los cementos va a ser diferente, con un 95% de confiabilidad. **Para la Interacción** al menos una de las medias de la resistencia de una de las interacciones (Arena * Cemento) va a ser diferente, con un 95% de confiabilidad.

Para la Arena, el valor de F (55,83) es mayor que el Valor Crítico de F (4,03) indicando que sí hay diferencias significativas entre los valores de los grupos de las arenas. **Para el Cemento**, el valor de F (19,95) es mayor que el Valor Crítico de F (2,56) indicando que sí hay diferencias significativas entre los valores de los grupos de los cementos. **Para la Interacción**, el valor de F (2,97) es mayor que el Valor Crítico de F (2,56) indicando que sí hay diferencias significativas entre los valores de los grupos al combinar arenas con cementos.

Fuente: Elaboración propia. Excel 2013

La siguiente gráfica se confeccionó utilizando el software Minitab 17, en dicha figura se presenta

para cada edad los valores individuales y sus promedios, con su respectiva banda de error.



Representación gráfica de los valores individuales y sus promedios, con su respectiva banda de error para la edad de 56 días. Fuente: Elaboración propia. Minitab 17.

Edad 90 días

ANÁLISIS DE VARIANZA DE DOS FACTORES CON VARIAS MUESTRAS POR GRUPO A LA EDAD DE 90 DÍAS CON $\alpha=0,05$

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Muestra (Arenas)	341,20	1	341,20	45,59	1,47,E-08	4,03
Columnas (Cementos)	863,53	4	215,88	28,85	1,90,E-12	2,56
Interacción	234,95	4	58,74	7,85	5,45,E-05	2,56
Error	374,21	50	7,48			
Total	1813,88	59				

Comentarios

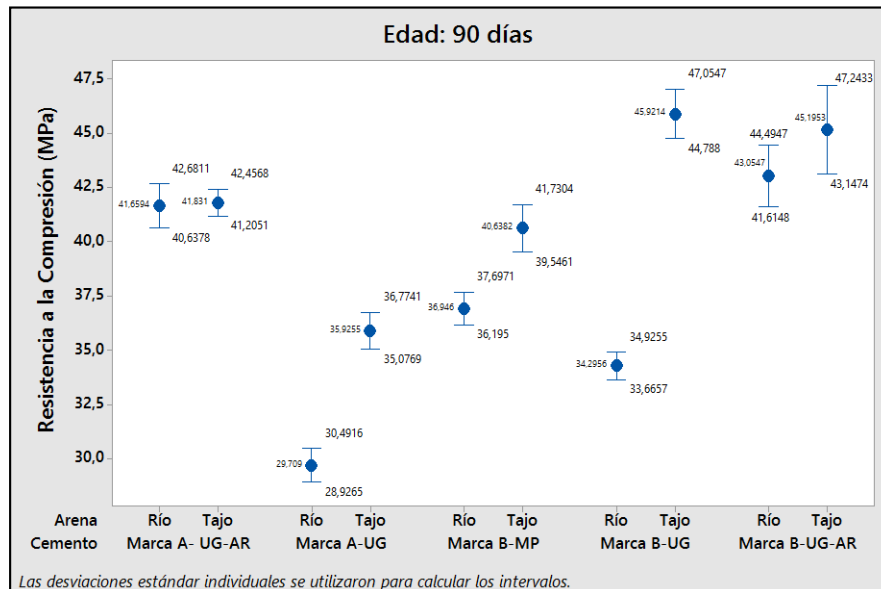
Como el valor de P es menor a 0,05 se rechaza la H_0 , por lo que: **Para la Arena** al menos una de las medias de la resistencia de una de las arenas va a ser diferente, con un 95% de confiabilidad. **Para el Cemento** al menos una de las medias de la resistencia de uno de los cementos va a ser diferente, con un 95% de confiabilidad. **Para la Interacción** al menos una de las medias de la resistencia de una de las interacciones (Arena * Cemento) va a ser diferente, con un 95% de confiabilidad.

Para la Arena, el valor de F (45,59) es mayor que el Valor Crítico de F (4,03) indicando que sí hay diferencias significativas entre los valores de los grupos de las arenas. **Para el Cemento**, el valor de F (28,85) es mayor que el Valor Crítico de F (2,56) indicando que sí hay diferencias significativas entre los valores de los grupos de los cementos. **Para la Interacción**, el valor de F (7,85) es mayor que el Valor Crítico de F (2,56) indicando que sí hay diferencias significativas entre los valores de los grupos al combinar arenas con cementos.

Fuente: Elaboración propia. Excel 2013

La siguiente gráfica se confeccionó utilizando el software Minitab 17, en dicha figura se presenta

para cada edad los valores individuales y sus promedios, con su respectiva banda de error.



Representación gráfica de los valores individuales y sus promedios, con su respectiva banda de error para la edad de 90 días. Fuente: Elaboración propia. Minitab 17.

3.3 Prueba de Tukey

Teniendo el conocimiento de que existen diferencias significativas entre los promedios del tipo de arena, tipo de cemento y las combinaciones entre ellos con la ANOVA de dos

factores, se procede a establecer cuáles son las combinaciones en las que existen diferencias significativas entre los valores de sus promedios, para así detectar el que aparentemente sea el mejor cemento, mejor arena y mejor combinación para cada edad (7, 14, 28, 56 y 90 días).

Edad 7 días

PRUEBAS DE COMPARACIÓN MÚLTIPLE DE PROMEDIOS				
Grupo 1	Grupo 2	$ \bar{y}_i - \bar{y}_j $	W	¿Existen diferencias significativas?
Combinaciones				
Tajo-Marca B-UG	Río-Marca B- UG-AR	6,88	3,77	Sí
Tajo-Marca B-UG	Tajo-Marca B- UG-AR	0,32	3,77	No
Tajo-Marca B-UG	Tajo-Marca A-UG	5,30	3,77	Sí
Tajo-Marca B-UG	Río-Marca A- UG-AR	7,61	3,77	Sí
Cemento				
Marca B- UG-AR	Marca A-UG	4,85	2,080	Sí
Marca B- UG-AR	Marca B-UG	2,90	2,08	Sí
Marca B- UG-AR	Marca A- UG-AR	0,90	2,08	No
Marca B- UG-AR	Marca B-MP	3,01	2,080	Sí
Arena				
Tajo	Río	8,25	2,08	Sí
Comentarios				
<p>Aparentemente a la edad de 7 días con respecto a los valores de resistencia, la mejor arena es la de Tajo, el mejor cemento el de la Marca B- UG-AR y la mejor combinación Tajo-Marca B- UG.</p> <p>Se puede decir que a la edad de 7 días el cemento de la Marca B- UG-AR es muy parecido al de la Marca A-UG-AR y que las combinaciones de Tajo-Marca B-UG y Tajo-Marca B- UG-AR son similares.</p>				

Fuente: Elaboración propia. Excel 2013.

Edad 28 días

PRUEBAS DE COMPARACIÓN MÚLTIPLE DE PROMEDIOS				
Grupo 1	Grupo 2	$ \bar{y}_i - \bar{y}_j $	W	¿Existen diferencias significativas?
Combinaciones				
Tajo-Marca A- UG-AR	Tajo-Marca A- UG	4,03	4,21	Sí
Tajo-Marca A- UG-AR	Tajo-Marca B- UG	0,24	4,21	No
Tajo-Marca A- UG-AR	Río-Marca A- UG-AR	5,13	4,21	Sí
Tajo-Marca A- UG-AR	Río-Marca B-UG	10,91	4,21	Sí
Cemento				
Marca A- UG-AR	Marca A-UG	7,87	2,32	Sí
Marca A- UG-AR	Marca B-UG	3,01	2,32	Sí
Marca A- UG-AR	Marca B- UG-AR	0,48	2,32	No
Marca A- UG-AR	Marca B-MP	3,83	2,32	Sí
Arena				
Tajo	Río	6,72	2,32	Sí
Comentarios				
<p>Aparentemente a la edad de 28 días con respecto a los valores de resistencia, la mejor arena es la de Tajo, el mejor cemento el de la Marca A- UG-AR y la mejor combinación Tajo-Marca A- UG-AR.</p> <p>Se puede decir que a la edad de 28 días el cemento de la Marca A- UG-AR es muy parecido al de la Marca B- UG-AR y que las combinaciones de Tajo-Marca A- UG-AR y Tajo-Marca B- UG son similares.</p>				

Fuente: Elaboración propia. Excel 2013.

Edad 56 días

PRUEBAS DE COMPARACIÓN MÚLTIPLE DE PROMEDIOS				
Grupo 1	Grupo 2	$ \bar{y}_i - \bar{y}_j $	W	¿Existen diferencias significativas?
Combinaciones				
Tajo-Marca B-UG	Tajo-Marca A- UG	10,66	6,60	Sí
Tajo-Marca B-UG	Tajo-Marca B- UG-AR	1,24	6,60	No
Tajo-Marca B-UG	Río-Marca B-UG	10,84	6,60	Sí
Tajo-Marca B-UG	Río-Marca B-MP	12,66	6,60	Sí
Cemento				
Marca B- UG-AR	Marca A-UG	10,16	3,64	Sí
Marca B- UG-AR	Marca B-UG	2,60	3,64	No
Marca B- UG-AR	Marca A- UG-AR	1,67	3,64	No
Marca B- UG-AR	Marca B-MP	3,48	3,64	No
Arena				
Tajo	Río	6,06	3,64	Sí
Comentarios				
<p>Aparentemente a la edad de 56 días con respecto a los valores de resistencia, la mejor arena es la de Tajo, el mejor cemento el de la Marca B- UG-AR y la mejor combinación Tajo-Marca B- UG.</p> <p>Se puede decir que a la edad de 56 días el cemento de la Marca B- UG-AR es muy parecido al de la Marca B- UG, Marca A- UG-AR y Marca B- MP y que las combinaciones de Tajo-Marca B-UG y Tajo-Marca B- UG-AR son similares.</p>				

Fuente: Elaboración propia. Excel 2013.

Edad 90 días

PRUEBAS DE COMPARACIÓN MÚLTIPLE DE PROMEDIOS				
Grupo 1	Grupo 2	$ \bar{y}_i - \bar{y}_j $	W	¿Existen diferencias significativas?
Combinaciones				
Tajo-Marca B-UG	Río-Marca B- UG	11,63	5,74	Sí
Tajo-Marca B-UG	Tajo-Marca B- UG-AR	0,73	5,74	No
Tajo-Marca B-UG	Río-Marca B- MP	8,98	5,74	Sí
Tajo-Marca B-UG	Río-Marca A- UG	16,21	5,74	Sí
Cemento				
Marca B- UG-AR	Marca A-UG	11,31	3,17	Sí
Marca B- UG-AR	Marca B-UG	4,02	3,17	Sí
Marca B- UG-AR	Marca A- UG-AR	2,38	3,17	No
Marca B- UG-AR	Marca B-MP	5,33	3,17	Sí
Arena				
Tajo	Río	4,77	3,17	Sí
Comentarios				
<p>Aparentemente a la edad de 90 días con respecto a los valores de resistencia, la mejor arena es la de Tajo, el mejor cemento el de la Marca B- UG-AR y la mejor combinación Tajo-Marca B- UG.</p> <p>Se puede decir que a la edad de 90 días el cemento de la Marca B- UG-AR es muy parecido al de la Marca A-UG-AR y que las combinaciones de Tajo-Marca B-UG y Tajo-Marca B- UG-AR son similares.</p>				

Fuente: Elaboración propia. Excel 2013.

4. Desarrollo de la resistencia.

a 95% para cada tipo de cemento utilizado en la elaboración de las mezclas de mortero, además se puede evidenciar mediante los promedios de los valores de resistencia para cada edad el comportamiento de la resistencia del mortero.

A continuación se presentan los cuadros que contienen los respectivos intervalos de confianza

INTERVALOS DE CONFIANZA AL 95% PARA MORTERO UTILIZANDO EL CEMENTO MARCA A-UG							
EDAD (días)	ARENA DE TAJO			EDAD (días)	ARENA DE RÍO		
	Promedio Resistencia (MPa)	IC Límite Superior (MPa)	IC Límite Inferior (MPa)		Promedio Resistencia (MPa)	IC Límite Superior (MPa)	IC Límite Inferior (MPa)
7	23,97	25,99	21,95	7	17,67	18,88	16,47
14	30,16	30,96	29,35	14	22,71	23,44	21,97
28	31,00	34,14	27,85	28	25,82	27,10	24,55
56	33,00	35,33	30,66	56	28,35	30,90	25,80
90	35,93	38,11	33,74	90	29,71	31,72	27,70

Fuente: Elaboración propia. Excel 2013

INTERVALOS DE CONFIANZA AL 95% PARA MORTERO UTILIZANDO EL CEMENTO MARCA A-UG-AR							
EDAD (días)	ARENA DE TAJO			EDAD (días)	ARENA DE RÍO		
	Promedio Resistencia (MPa)	IC Límite Superior (MPa)	IC Límite Inferior (MPa)		Promedio Resistencia (MPa)	IC Límite Superior (MPa)	IC Límite Inferior (MPa)
7	27,89	29,96	25,83	7	21,66	23,07	20,25
14	32,44	35,37	29,52	14	29,22	30,17	28,26
28	38,84	40,91	36,78	28	33,71	34,66	32,77
56	41,23	43,92	38,55	56	37,09	38,71	35,47
90	41,83	43,44	40,22	90	41,66	44,29	39,03

Fuente: Elaboración propia. Excel 2013

INTERVALOS DE CONFIANZA AL 95% PARA MORTERO UTILIZANDO EL CEMENTO MARCA B- UG							
ARENA DE TAJO				ARENA DE RÍO			
EDAD (días)	Promedio Resistencia (MPa)	IC Límite Superior (MPa)	IC Límite Inferior (MPa)	EDAD (días)	Promedio Resistencia (MPa)	IC Límite Superior (MPa)	IC Límite Inferior (MPa)
7	29,27	32,44	26,10	7	16,26	16,97	15,56
14	36,98	39,44	34,53	14	22,55	23,30	21,79
28	38,60	41,82	35,38	28	27,93	29,10	26,77
56	43,65	47,23	40,07	56	32,81	34,11	31,52
90	45,92	48,83	43,01	90	34,30	35,91	32,68

Fuente: Elaboración propia. Excel 2013

INTERVALOS DE CONFIANZA AL 95% PARA MORTERO UTILIZANDO EL CEMENTO MARCA B- UG-AR							
ARENA DE TAJO				ARENA DE RÍO			
EDAD (días)	Promedio Resistencia (MPa)	IC Límite Superior (MPa)	IC Límite Inferior (MPa)	EDAD (días)	Promedio Resistencia (MPa)	IC Límite Superior (MPa)	IC Límite Inferior (MPa)
7	28,95	31,62	26,28	7	22,39	23,52	21,26
14	35,50	40,23	30,77	14	30,33	31,60	29,06
28	36,77	38,82	34,73	28	34,82	35,94	33,69
56	42,41	45,47	39,34	56	39,26	42,45	36,07
90	45,20	50,46	39,93	90	43,05	46,76	39,35

Fuente: Elaboración propia. Excel 2013

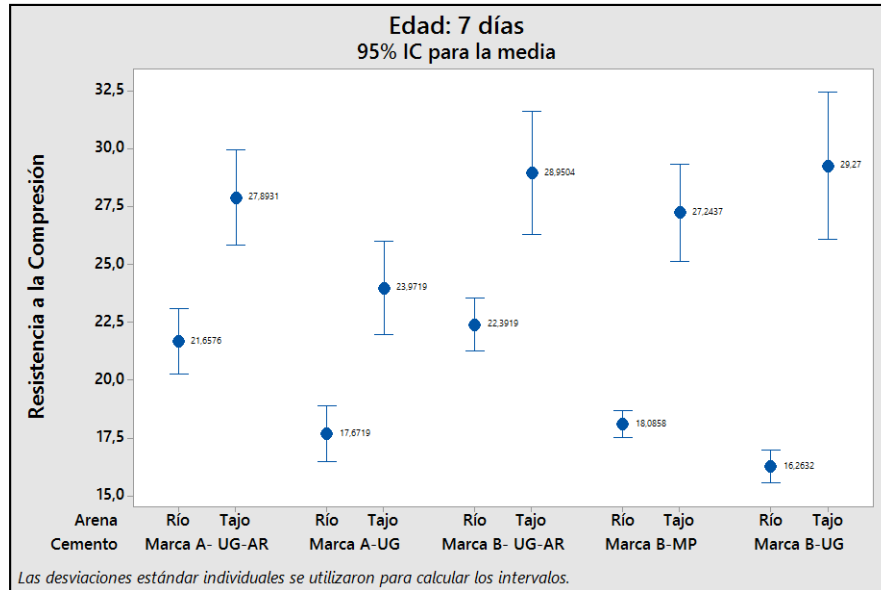
INTERVALOS DE CONFIANZA AL 95% PARA MORTERO UTILIZANDO EL CEMENTO MARCA B-MP							
ARENA DE TAJO				ARENA DE RÍO			
EDAD (días)	Promedio Resistencia (MPa)	IC Límite Superior (MPa)	IC Límite Inferior (MPa)	EDAD (días)	Promedio Resistencia (MPa)	IC Límite Superior (MPa)	IC Límite Inferior (MPa)
7	27,24	29,35	25,13	7	18,09	18,68	17,49
14	33,64	35,47	31,81	14	24,51	25,54	23,49
28	37,78	40,55	35,01	28	27,13	28,76	25,49
56	38,51	42,78	34,25	56	30,99	36,88	25,10
90	40,64	43,45	37,83	90	36,95	38,88	35,02

Fuente: Elaboración propia. Excel 2013

Las siguientes gráficas se elaboraron utilizando el software Minitab 17, en éstas se presentan para cada edad los promedios de los datos individuales

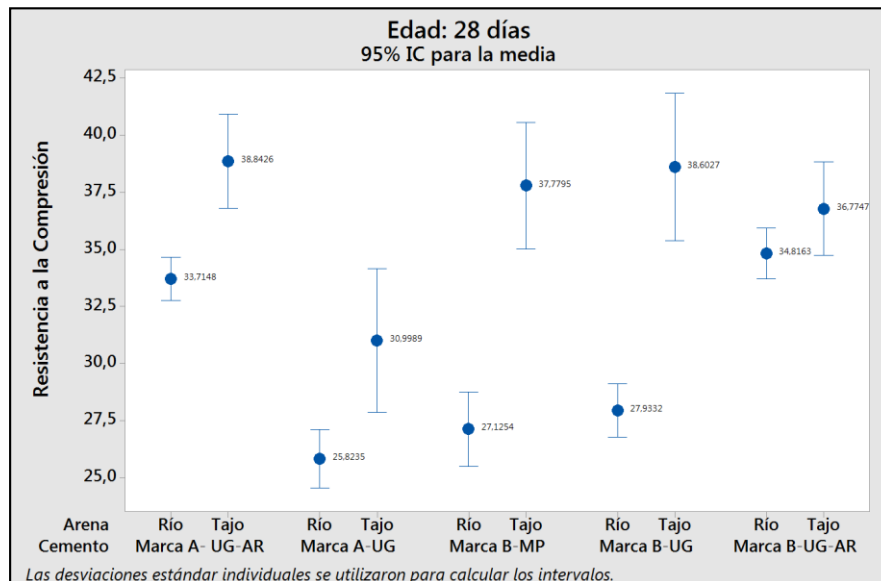
de cada combinación y su respectivo intervalo de confianza.

Edad 7 días



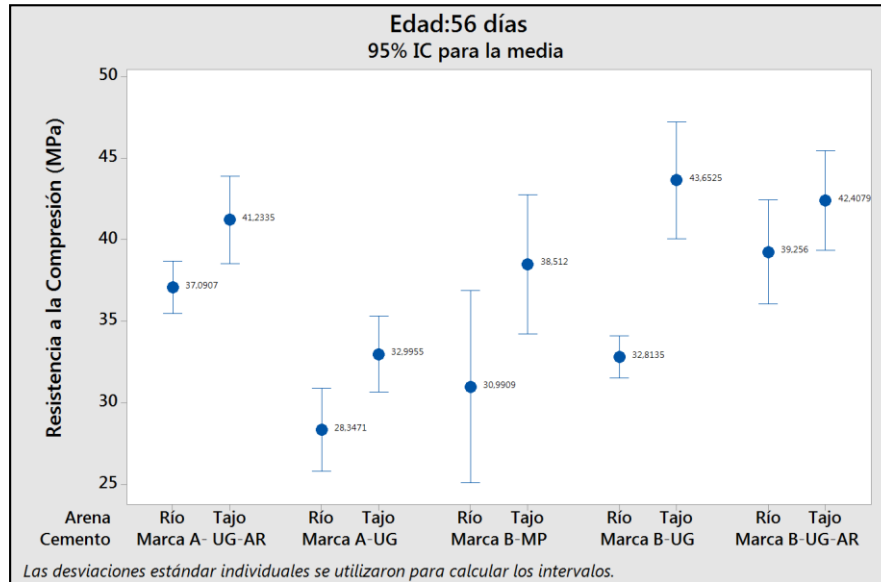
Representación gráfica de los valores individuales y sus promedios, con su respectiva banda de error para la edad de 7 días. Fuente: Elaboración propia. Minitab 17.

Edad 28 días



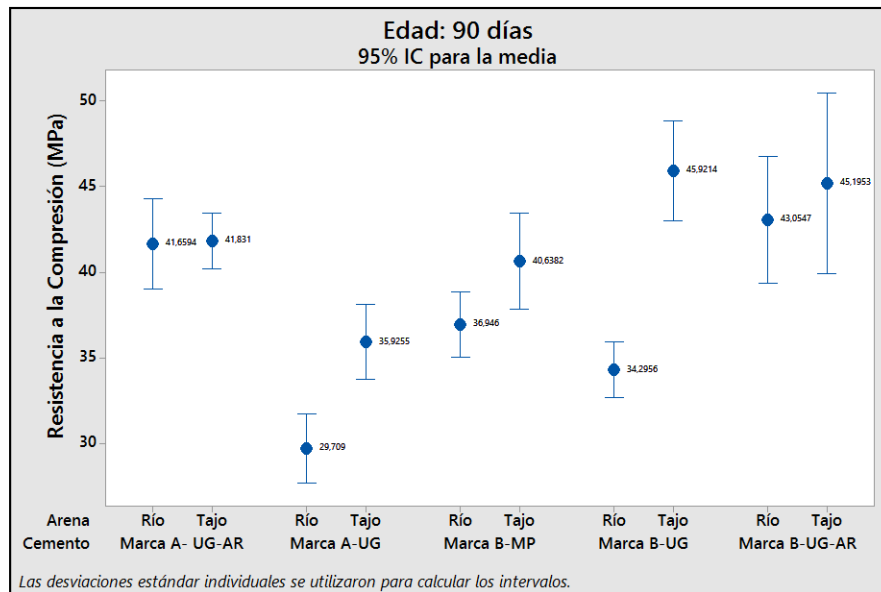
Representación gráfica de los valores individuales y sus promedios, con su respectiva banda de error para la edad de 28 días. Fuente: Elaboración propia. Minitab 17.

Edad 56 días



Representación gráfica de los valores individuales y sus promedios, con su respectiva banda de error para la edad de 56 días. Fuente: Elaboración propia. Minitab 17.

Edad 90 días



Representación gráfica de los valores individuales y sus promedios, con su respectiva banda de error para la edad de 90 días. Fuente: Elaboración propia. Minitab 17.

5. Cronograma de fabricación y falla de cubos de mortero.

CRONOGRAMA PARA MEZCLA, MOLDEO Y FALLA DE CUBOS DE MORTERO HIDRÁULICO

Edad: 7 días						
Fecha	Día	N° de Muestras	Tipo de Cemento	Marca de Cemento	Tipo de Agregado Fino	Fecha de Falla
11/11/2014	Martes	6 cubos	UG	Marca A	Arena de Tajo	18/11/2014
12/11/2014	Miércoles	6 cubos	UG	Marca A	Arena de Río	19/11/2014
24/11/2014	Lunes	6 cubos	UG-AR	Marca A	Arena de Tajo	01/12/2014
	Lunes	6 cubos	UG-AR	Marca A	Arena de Río	01/12/2014
25/11/2014	Martes	6 cubos	UG	Marca B	Arena de Tajo	02/12/2014
	Martes	6 cubos	UG	Marca B	Arena de Río	02/12/2014
26/11/2014	Miércoles	6 cubos	UG-AR	Marca B	Arena de Tajo	02/12/2014
	Miércoles	6 cubos	UG-AR	Marca B	Arena de Río	02/12/2014
27/11/2014	Jueves	6 cubos	MP	Marca B	Arena de Tajo	02/12/2014
	Jueves	6 cubos	MP	Marca B	Arena de Río	02/12/2014

Edad: 14 días						
Fecha	Día	N° de Muestras	Tipo de Cemento	Marca de Cemento	Tipo de Agregado Fino	Fecha de Falla
11/11/2014	Martes	6 cubos	UG	Marca A	Arena de Tajo	25/11/2014
12/11/2014	Miércoles	6 cubos	UG	Marca A	Arena de Río	26/11/2014
24/11/2014	Lunes	6 cubos	UG-AR	Marca A	Arena de Tajo	08/12/2014
	Lunes	6 cubos	UG-AR	Marca A	Arena de Río	08/12/2014
25/11/2014	Martes	6 cubos	UG	Marca B	Arena de Tajo	09/12/2014
	Martes	6 cubos	UG	Marca B	Arena de Río	09/12/2014
26/11/2014	Miércoles	6 cubos	UG-AR	Marca B	Arena de Tajo	10/12/2014
	Miércoles	6 cubos	UG-AR	Marca B	Arena de Río	10/12/2014
27/11/2014	Jueves	6 cubos	MP	Marca B	Arena de Tajo	11/12/2014
	Jueves	6 cubos	MP	Marca B	Arena de Río	11/12/2014

Edad: 28 días						
Fecha	Día	N° de Muestras	Tipo de Cemento	Marca de Cemento	Tipo de Agregado Fino	Fecha de Falla
11/11/2014	Martes	6 cubos	UG	Marca A	Arena de Tajo	09/12/2014
12/11/2014	Miércoles	6 cubos	UG	Marca A	Arena de Río	10/12/2014
24/11/2014	Lunes	6 cubos	UG-AR	Marca A	Arena de Tajo	22/12/2014
	Lunes	6 cubos	UG-AR	Marca A	Arena de Río	22/12/2014
25/11/2014	Martes	6 cubos	UG	Marca B	Arena de Tajo	23/12/2014
	Martes	6 cubos	UG	Marca B	Arena de Río	23/12/2014
26/11/2014	Miércoles	6 cubos	UG-AR	Marca B	Arena de Tajo	24/12/2014
	Miércoles	6 cubos	UG-AR	Marca B	Arena de Río	24/12/2014
27/11/2014	Jueves	6 cubos	MP	Marca B	Arena de Tajo	25/12/2014
	Jueves	6 cubos	MP	Marca B	Arena de Río	25/12/2014

Edad: 56 días						
Fecha	Día	N° de Muestras	Tipo de Cemento	Marca de Cemento	Tipo de Agregado Fino	Fecha de Falla
11/11/2014	Martes	6 cubos	UG	Marca A	Arena de Tajo	06/01/2015
12/11/2014	Miércoles	6 cubos	UG	Marca A	Arena de Río	07/01/2015
24/11/2014	Lunes	6 cubos	UG-AR	Marca A	Arena de Tajo	19/01/2015
	Lunes	6 cubos	UG-AR	Marca A	Arena de Río	19/01/2015
25/11/2014	Martes	6 cubos	UG	Marca B	Arena de Tajo	20/01/2015
	Martes	6 cubos	UG	Marca B	Arena de Río	20/01/2015
26/11/2014	Miércoles	6 cubos	UG-AR	Marca B	Arena de Tajo	21/01/2015
	Miércoles	6 cubos	UG-AR	Marca B	Arena de Río	21/01/2015
27/11/2014	Jueves	6 cubos	MP	Marca B	Arena de Tajo	22/01/2015
	Jueves	6 cubos	MP	Marca B	Arena de Río	22/01/2015

Edad: 90 días						
Fecha	Día	N° de Muestras	Tipo de Cemento	Marca de Cemento	Tipo de Agregado Fino	Fecha de Falla
11/11/2014	Martes	6 cubos	UG	Marca A	Arena de Tajo	17/02/2015
12/11/2014	Miércoles	6 cubos	UG	Marca A	Arena de Río	18/02/2015
24/11/2014	Lunes	6 cubos	UG-AR	Marca A	Arena de Tajo	02/03/2015
	Lunes	6 cubos	UG-AR	Marca A	Arena de Río	02/03/2015
25/11/2014	Martes	6 cubos	UG	Marca B	Arena de Tajo	03/03/2015
	Martes	6 cubos	UG	Marca B	Arena de Río	03/03/2015
26/11/2014	Miércoles	6 cubos	UG-AR	Marca B	Arena de Tajo	04/03/2015
	Miércoles	6 cubos	UG-AR	Marca B	Arena de Río	04/03/2015
27/11/2014	Jueves	6 cubos	MP	Marca B	Arena de Tajo	05/03/2015
	Jueves	6 cubos	MP	Marca B	Arena de Río	05/03/2015

6. Listas de verificación.

A continuación se presentan las listas de verificación correspondientes a cada ensayo ejecutado para este proyecto.

6.1 Caracterización de agregados.

6.1.1. Caracterización del material sin corregir.



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

- Obtiene masas resultantes similares, posterior a la reducción de las muestras (Apartado 7.2.2).....

--	--


Método C: Cuarteo con lona (Apartado 7.2.3)

- Coloca la muestra original sobre una lona (Apartado 7.2.3).....
- Mezcla y homogeniza el material (Apartado 7.2.3).....
- Forma un pequeño apilamiento de forma cónica (Apartado 7.2.3).....
- Extiende el apilamiento hasta nivelar la superficie de manera que se obtenga un espesor y un diámetro uniforme (Apartado 7.2.3).....
- Divide la muestra en cuatro porciones aproximadamente iguales (Apartado 7.2.3).....
- Remueve las porciones correspondientes a las dos secciones opuestas (Apartado 7.2.3).....
- Incluye todo el material fino con una escobilla o una brocha (Apartado 7.2.3).....
- Continúa sub dividiendo el material mediante el mismo procedimiento hasta obtener la cantidad requerida (Apartado 7.2.3).....
- Obtiene masas resultantes similares, posterior a la reducción de las muestras (Apartado 7.2.3).....

4. Observaciones

Arena de Tajo

Gerente técnico: 
Ing. Rommel Cuevas Kauffmann

Técnico asignado: 
Eduardo Arce Mena

• Si tamiza con agitador mecánico, define un tiempo (menor a 10 min) para realizar el tamizaje (Apartado 6.3, Nota 2).....	X	
• Limita la cantidad de material en un tamiz de modo que todas las partículas tengan la oportunidad de llegar a las aberturas del tamiz varias veces durante la operación de tamizado (Apartado 8.4).....	X	
• Evita una sobrecarga de material en cualquier tamiz individual dividiendo la muestra en dos o más porciones (Apartado 8.5).....	X	
• Continúa el tamizado durante un periodo de tiempo suficiente y de tal manera que después de terminar no más de un 1% por masa del material retenido en cualquier tamiz individual pase ese tamiz durante 1 minuto de tamizado manual continuo (Apartado 8.6).....	X	
• Anota la masa retenida (M_{RET}) en el formulario CIVCO-FT-18 (Apartado 8.9).....	X	
• Después de tamizar todo el material, se asegura que el % de error es menor a 0,30% (Apartado 8.9).....	X	
• Realiza los cálculos adecuadamente y los anota en el formulario CIVCO-FT-18 correctamente (Apartados 10 y 11).....	X	
• En caso de mezclas de agregado grueso y fino, si reduce la porción fina en divisor mecánico, realiza los cálculos apropiados para corregir el porcentaje pasando con respecto a la muestra total (Apartados 8.7.1 y 11).....	X	

5. Lavado por tamiz No. 200 (Apartado 9)


• Obtiene la muestra seca a lavar (Apartado 9.1).....	X	
• Coloca la muestra del ensayo en un recipiente y agrega suficiente agua para cubrirla (Apartado 9.3).....	X	
• Agita la muestra para ocasionar una separación completa de todas las partículas que sean más finas que el tamiz No. 200 de las partículas más gruesas y para llevar el material fino a suspensión (Apartado 9.4).....	X	
• Vierte el agua del lavado sobre los tamices anidados, arreglados con un tamiz No. 16 en la parte de arriba y el tamiz No. 200 en la parte inferior (Apartado 9.5).....	X	
• Repite esta operación hasta que el agua de lavada está clara y el material sea visible a través del agua (Apartado 9.6).....	X	
• Devuelve el material retenido con un chorro de agua hacia el recipiente (Apartado 9.7).....	X	
• Introduce la muestra al horno a una temperatura uniforme de (110 ± 5) °C (Apartado 9.7).....	X	
• Determina la masa seca lavada (M_{SL}) (Apartado 9.7).....	X	
• Determina el material pasando el tamiz No. 200 (Apartado 9.8).....	X	


6. Cálculos (Apartado 10 y 11)

• Realiza los cálculos de acuerdo a lo establecido en el CIVCO-IT-08.....	X	
---------------------------------------------------------------------------	---	--

7. Observaciones y comentarios

 Arena de Tajo

Gerente técnico: 
 Ing. Rommel Cuevas Kauffmann

Técnico asignado: 
 Eduardo Arce Mena



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

Fecha: 01/09/2014 Técnico asignado: Eduardo Arce Mena Código del ensayo: CIVCO-IT-A3

Código del servicio: _____

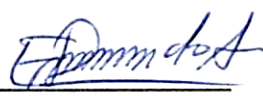
Nombre del ensayo: Determinación de impurezas orgánicas en agregados finos para concreto

	Sí	No
1. Instrucción		
• El técnico cuenta con una copia del instructivo técnico vigente a mano.....	X	
• El técnico cuenta con preparación de los procedimientos aplicables.....	X	
2. Equipo (Apartado 5)		
• Botellas de Vidrio (Apartado 5.1).....	X	
• Vidrios de color estándar (Apartado 5.2).....	X	
3. Reactivos y Estándar de Solución de Colores (Apartado 6)		
• Solución Reactiva Hidróxido de Sodio (3%) (Apartado 6.1).....	X	
• Estándar de Solución de Color (Apartado 6.2).....	X	
4. Preparación de la muestra (Apartado 7)		
• Prepare la muestra de agregado de acuerdo con el "Instructivo Técnico de Muestreo de Suelos y Agregados" (CIVCO –IT-00). (Apartado 7.1).....	X	
5. Procedimiento (Apartado 8)		
• Llenar una botella de vidrio al nivel de 130 mL (Apartado 8.1).....	X	
• Agregar la solución de hidróxido de sodio (Apartado 8.2).....	X	
• Tapar el frasco, agitar vigorosamente, y dejar que se asiente por 24 h. (Apartado 8.3).....	X	
6. Determinación del valor del color (Apartado 9)		
• Procedimiento del Estándar de Solución de Color (Apartado 9.1).....		X
• Procedimiento del estándar de vidrio de color (Apartado 9.2).....	X	
7. Análisis (Apartado 10.1).....	X	

8. Observaciones

Arena de Tajo

Gerente técnico: 
Ing. Rommel Cuevas Kauffmann

Técnico asignado: 
Eduardo Arce Mena



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

Fecha: 02/09/2014 Técnico asignado: Eduardo Arce Mena Código del ensayo: CIVCO-IT-A2

Código del servicio: _____

Nombre del ensayo: Determinación del peso unitario y porcentaje de vacíos en el agregado

1. Instrucción	Sí	No
• El técnico cuenta con una copia del instructivo técnico vigente a mano.....	X	
• El técnico cuenta con preparación de los procedimientos aplicables.....	X	
2. Equipo (Apartado 7)		
• Balanza (Apartado 7.1).....	X	
• Varilla Compactadora (Apartado 7.2).....		X
• Recipiente (Apartado 7.3).....	X	
• Pala o cuchara (Apartado 7.4).....	X	
• Equipo de calibración (Apartado 7.5).....	X	
3. Muestreo (Apartado 8.1).....	X	
4. Muestra de Prueba (Apartado 9.1).....	X	
5. Calibración de la medida (Apartado 10)		
• Los recipientes deben ser calibrados al menos una vez al año, o cuando exista alguna razón que cuestione la precisión de la calibración (Apartado 10.1).....	X	
• Coloque una capa delgada de grasa en el borde del recipiente para prevenir la pérdida de agua (Apartado 10.2).....		
• Determine la masa de la pieza de vidrio y el recipiente vacío con precisión de 0,05 kg. (Apartado 10.3).....		
• Llene el recipiente con agua a temperatura ambiente y cúbralo con la pieza de vidrio plana (Apartado 10.4).....		
• Determine la masa del agua en el recipiente (Apartado 10.5).....		
• Mida la temperatura del agua y determine su densidad (Apartado 10.6).....		
• Calcule el volumen del recipiente (Apartado 10.7).....		
6. Selección de procedimiento (Apartado 11.1).....		
7. Procedimiento Compactado Envarillado (Apartado 12)		
• Llenado de recipiente (Apartado 12.1).....		
• Envarillado (Apartado 12.2).....		
• Determine la masa del recipiente más su contenido (Apartado 12.2).....		
8. Procedimiento por percusión (Apartado 13)		
• Llenado de recipiente (Apartado 13.1).....		
• Determine la masa del recipiente más su contenido, la masa del recipiente vacío,		



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

y registre los valores (Apartado 13.2).....

--	--

9. Procedimiento Suelto (Apartado 14)

- Llenado de recipiente (Apartado 14.1).....
- Determine la masa del recipiente más su contenido, la masa del recipiente vacío, y registre los valores (Apartado 14.2).....

X	
---	--

X	
---	--


10. Cálculos y Reporte (Apartado 15 y 16).....

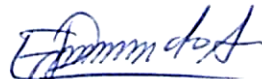
X	
---	--

11. Observaciones

Arena de Tajo

La calibración ya se había realizado con anterioridad.

Gerente técnico: 
Ing. Rommel Y. Cuevas Kauffmann

Técnico asignado: 
Eduardo Arce Mena



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

Fecha: 08/09/2014

Técnico asignado: Eduardo Arce Mena

Código del ensayo: CIVCO-IT-A5

Código del servicio: _____

Nombre del ensayo: Determinar la gravedad específica y absorción del agregado fino

1. Instrucción

- El técnico cuenta con una copia del instructivo técnico vigente a mano.....
- El técnico cuenta con preparación de los procedimientos aplicables.....

Sí	No
X	
X	

2. Equipo (Apartado 7)

- Balanza (Apartado 7.1).....
- Picnómetro (Apartado 7.2).....
- Matraz (Apartado 7.3).....
- Molde y apisonador (Apartado 7.4).....
- Horno de secado (Apartado 7.5).....

X	
X	
	X
X	
X	

3. Preparación de muestra (Apartado 8.1).....

X	
---	--

4. Preparación del espécimen de prueba (Apartado 9)

- Secado el espécimen de muestra (Apartado 9.1).....
- Decantar el exceso de agua (Apartado 9.2).....
- Prueba de humedad en la superficie (prueba del cono) (Apartado 9.3).....

X	
X	
X	

5. Procedimiento (Apartado 10)

- Ensayo (Apartado 10.1).....
- Procedimiento gravimétrico (picnómetro) (Apartado 10.2).....
- Procedimiento volumétrico (matraz le Chatelier) (Apartado 10.3).....

X	
X	
	X

6. Cálculos y Reporte (Apartado 11y 12).....

X	
---	--

7. Observaciones

Arena de Tajo

Gerente técnico: _____

Ing. Rommel Cuevas Kauffmann

Técnico asignado: _____

Eduardo Arce Mena



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

- Obtiene masas resultantes similares, posterior a la reducción de las muestras (Apartado 7.2.2).....

--	--


Método C: Cuarteo con lona (Apartado 7.2.3)

- Coloca la muestra original sobre una lona (Apartado 7.2.3).....
- Mezcla y homogeniza el material (Apartado 7.2.3).....
- Forma un pequeño apilamiento de forma cónica (Apartado 7.2.3).....
- Extiende el apilamiento hasta nivelar la superficie de manera que se obtenga un espesor y un diámetro uniforme (Apartado 7.2.3).....
- Divide la muestra en cuatro porciones aproximadamente iguales (Apartado 7.2.3).....
- Remueve las porciones correspondientes a las dos secciones opuestas (Apartado 7.2.3).....
- Incluye todo el material fino con una escobilla o una brocha (Apartado 7.2.3).....
- Continúa subdividiendo el material mediante el mismo procedimiento hasta obtener la cantidad requerida (Apartado 7.2.3).....
- Obtiene masas resultantes similares, posterior a la reducción de las muestras (Apartado 7.2.3).....

4. Observaciones

Arena de Río

Gerente técnico: 
Ing. Rommel Cuevas Kauffmann

Técnico asignado: 
Eduardo Arce Mena

• Si tamiza con agitador mecánico, define un tiempo (menor a 10 min) para realizar el tamizaje (Apartado 6.3, Nota 2).....	X	
• Limita la cantidad de material en un tamiz de modo que todas las partículas tengan la oportunidad de llegar a las aberturas del tamiz varias veces durante la operación de tamizado (Apartado 8.4).....	X	
• Evita una sobrecarga de material en cualquier tamiz individual dividiendo la muestra en dos o más porciones (Apartado 8.5).....	X	
• Continúa el tamizado durante un periodo de tiempo suficiente y de tal manera que después de terminar no más de un 1% por masa del material retenido en cualquier tamiz individual pase ese tamiz durante 1 minuto de tamizado manual continuo (Apartado 8.6).....	X	
• Anota la masa retenida (M_{RET}) en el formulario CIVCO-FT-18 (Apartado 8.9).....	X	
• Después de tamizar todo el material, se asegura que el % de error es menor a 0,30% (Apartado 8.9).....	X	
• Realiza los cálculos adecuadamente y los anota en el formulario CIVCO-FT-18 correctamente (Apartados 10 y 11).....	X	
• En caso de mezclas de agregado grueso y fino, si reduce la porción fina en divisor mecánico, realiza los cálculos apropiados para corregir el porcentaje pasando con respecto a la muestra total (Apartados 8.7.1 y 11).....	X	

5. Lavado por tamiz No. 200 (Apartado 9)

• Obtiene la muestra seca a lavar (Apartado 9.1).....	X	
• Coloca la muestra del ensayo en un recipiente y agrega suficiente agua para cubrirla (Apartado 9.3).....	X	
• Agita la muestra para ocasionar una separación completa de todas las partículas que sean más finas que el tamiz No. 200 de las partículas más gruesas y para llevar el material fino a suspensión (Apartado 9.4).....	X	
• Vierte el agua del lavado sobre los tamices anidados, arreglados con un tamiz No. 16 en la parte de arriba y el tamiz No. 200 en la parte inferior (Apartado 9.5).....	X	
• Repite esta operación hasta que el agua de lavada está clara y el material sea visible a través del agua (Apartado 9.6).....	X	
• Devuelve el material retenido con un chorro de agua hacia el recipiente (Apartado 9.7).....	X	
• Introduce la muestra al horno a una temperatura uniforme de $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ (Apartado 9.7).....	X	
• Determina la masa seca lavada (M_{SL}) (Apartado 9.7).....	X	
• Determina el material pasando el tamiz No. 200 (Apartado 9.8).....	X	

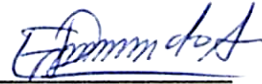
6. Cálculos (Apartado 10 y 11)

• Realiza los cálculos de acuerdo a lo establecido en el CIVCO-IT-08.....	X	
---------------------------------------------------------------------------	---	--

7. Observaciones y comentarios

Arena de Río

Gerente técnico: 
Ing. Rommel Cuevas Kauffmann

Técnico asignado: 
Eduardo Arce Mena



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

Fecha: 01/09/2014 Técnico asignado: Eduardo Arce Mena Código del ensayo: CIVCO-IT-A3

Código del servicio: _____

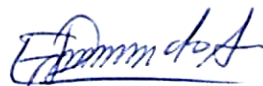
Nombre del ensayo: Determinación de impurezas orgánicas en agregados finos para concreto

	Sí	No
1. Instrucción		
• El técnico cuenta con una copia del instructivo técnico vigente a mano.....	X	
• El técnico cuenta con preparación de los procedimientos aplicables.....	X	
2. Equipo (Apartado 5)		
• Botellas de Vidrio (Apartado 5.1).....	X	
• Vidrios de color estándar (Apartado 5.2).....	X	
3. Reactivos y Estándar de Solución de Colores (Apartado 6)		
• Solución Reactiva Hidróxido de Sodio (3%) (Apartado 6.1).....	X	
• Estándar de Solución de Color (Apartado 6.2).....	X	
4. Preparación de la muestra (Apartado 7)		
• Prepare la muestra de agregado de acuerdo con el "Instructivo Técnico de Muestreo de Suelos y Agregados" (CIVCO –IT-00). (Apartado 7.1).....	X	
5. Procedimiento (Apartado 8)		
• Llenar una botella de vidrio al nivel de 130 mL (Apartado 8.1).....	X	
• Agregar la solución de hidróxido de sodio (Apartado 8.2).....	X	
• Tapar el frasco, agitar vigorosamente, y dejar que se asiente por 24 h. (Apartado 8.3).....	X	
6. Determinación del valor del color (Apartado 9)		
• Procedimiento del Estándar de Solución de Color (Apartado 9.1).....		X
• Procedimiento del estándar de vidrio de color (Apartado 9.2).....	X	
7. Análisis (Apartado 10.1).....	X	

8. Observaciones

Arena de Río

Gerente técnico: 
Ing. Rommel C. Cuevas Kauffmann

Técnico asignado: 
Eduardo Arce Mena



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

Fecha: 02/09/2014 Técnico asignado: Eduardo Arce Mena Código del ensayo: CIVCO-IT-A2

Código del servicio: _____

Nombre del ensayo: Determinación del peso unitario y porcentaje de vacíos en el agregado

	Sí	No
1. Instrucción		
• El técnico cuenta con una copia del instructivo técnico vigente a mano.....	X	
• El técnico cuenta con preparación de los procedimientos aplicables.....	X	
2. Equipo (Apartado 7)		
• Balanza (Apartado 7.1).....	X	
• Varilla Compactadora (Apartado 7.2).....		X
• Recipiente (Apartado 7.3).....	X	
• Pala o cuchara (Apartado 7.4).....	X	
• Equipo de calibración (Apartado 7.5).....	X	
3. Muestreo (Apartado 8.1).....	X	
4. Muestra de Prueba (Apartado 9.1).....	X	
5. Calibración de la medida (Apartado 10)		
• Los recipientes deben ser calibrados al menos una vez al año, o cuando exista alguna razón que cuestione la precisión de la calibración (Apartado 10.1).....	X	
• Coloque una capa delgada de grasa en el borde del recipiente para prevenir la pérdida de agua (Apartado 10.2).....		
• Determine la masa de la pieza de vidrio y el recipiente vacío con precisión de 0,05 kg. (Apartado 10.3).....		
• Llene el recipiente con agua a temperatura ambiente y cúbralo con la pieza de vidrio plana (Apartado 10.4).....		
• Determine la masa del agua en el recipiente (Apartado 10.5).....		
• Mida la temperatura del agua y determine su densidad (Apartado 10.6).....		
• Calcule el volumen del recipiente (Apartado 10.7).....		
6. Selección de procedimiento (Apartado 11.1).....		
7. Procedimiento Compactado Envarillado (Apartado 12)		
• Llenado de recipiente (Apartado 12.1).....		
• Envarillado (Apartado 12.2).....		
• Determine la masa del recipiente más su contenido (Apartado 12.2).....		
8. Procedimiento por percusión (Apartado 13)		
• Llenado de recipiente (Apartado 13.1).....		
• Determine la masa del recipiente más su contenido, la masa del recipiente vacío,		



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

y registre los valores (Apartado 13.2).....

--	--

9. Procedimiento Suelto (Apartado 14)

- Llenado de recipiente (Apartado 14.1).....
- Determine la masa del recipiente más su contenido, la masa del recipiente vacío, y registre los valores (Apartado 14.2).....

X	
---	--

X	
---	--


10. Cálculos y Reporte (Apartado 15 y 16).....


X	
---	--

11. Observaciones

Arena de Río

La calibración ya se había realizado con anterioridad.

Gerente técnico: 
 Ing. Rommel Cuevas Kauffmann

Técnico asignado: 
 Eduardo Arce Mena



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

Fecha: 08/09/2014 Técnico asignado: Eduardo Arce Mena Código del ensayo: CIVCO-IT-A5

Código del servicio: _____

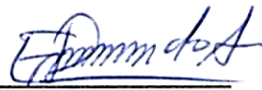
Nombre del ensayo: Determinar la gravedad específica y absorción del agregado fino

	Sí	No
1. Instrucción		
• El técnico cuenta con una copia del instructivo técnico vigente a mano.....	X	
• El técnico cuenta con preparación de los procedimientos aplicables.....	X	
2. Equipo (Apartado 7)		
• Balanza (Apartado 7.1).....	X	
• Picnómetro (Apartado 7.2).....	X	
• Matraz (Apartado 7.3).....		X
• Molde y apisonador (Apartado 7.4).....	X	
• Horno de secado (Apartado 7.5).....	X	
3. Preparación de muestra (Apartado 8.1).....	X	
4. Preparación del espécimen de prueba (Apartado 9)		
• Secado el espécimen de muestra (Apartado 9.1).....	X	
• Decantar el exceso de agua (Apartado 9.2).....	X	
• Prueba de humedad en la superficie (prueba del cono) (Apartado 9.3).....	X	
5. Procedimiento (Apartado 10)		
• Ensayo (Apartado 10.1).....	X	
• Procedimiento gravimétrico (picnómetro) (Apartado 10.2).....	X	
• Procedimiento volumétrico (matraz le Chatelier) (Apartado 10.3).....		X
6. Cálculos y Reporte (Apartado 11y 12).....	X	

7. Observaciones

Arena de Río

Gerente técnico: 
 Ing. Rommel Cuevas Kauffmann

Técnico asignado: 
 Eduardo Arce Mena

6.1.2. Caracterización del material corregido pasando la malla N°4.



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

- Obtiene masas resultantes similares, posterior a la reducción de las muestras (Apartado 7.2.2).....

--	--


Método C: Cuarteo con lona (Apartado 7.2.3)

- Coloca la muestra original sobre una lona (Apartado 7.2.3).....
- Mezcla y homogeniza el material (Apartado 7.2.3).....
- Forma un pequeño apilamiento de forma cónica (Apartado 7.2.3).....
- Extiende el apilamiento hasta nivelar la superficie de manera que se obtenga un espesor y un diámetro uniforme (Apartado 7.2.3).....
- Divide la muestra en cuatro porciones aproximadamente iguales (Apartado 7.2.3).....
- Remueve las porciones correspondientes a las dos secciones opuestas (Apartado 7.2.3).....
- Incluye todo el material fino con una escobilla o una brocha (Apartado 7.2.3).....
- Continúa subdividiendo el material mediante el mismo procedimiento hasta obtener la cantidad requerida (Apartado 7.2.3).....
- Obtiene masas resultantes similares, posterior a la reducción de las muestras (Apartado 7.2.3).....

4. Observaciones

Arena de Tajo

Gerente técnico: 
 Ing. Rommel Cuevas Kauffmann

Técnico asignado: 
 Eduardo Arce Mena

• Si tamiza con agitador mecánico, define un tiempo (menor a 10 min) para realizar el tamizaje (Apartado 6.3, Nota 2).....	X	
• Limita la cantidad de material en un tamiz de modo que todas las partículas tengan la oportunidad de llegar a las aberturas del tamiz varias veces durante la operación de tamizado (Apartado 8.4).....	X	
• Evita una sobrecarga de material en cualquier tamiz individual dividiendo la muestra en dos o más porciones (Apartado 8.5).....	X	
• Continúa el tamizado durante un periodo de tiempo suficiente y de tal manera que después de terminar no más de un 1% por masa del material retenido en cualquier tamiz individual pase ese tamiz durante 1 minuto de tamizado manual continuo (Apartado 8.6).....	X	
• Anota la masa retenida (M_{RET}) en el formulario CIVCO-FT-18 (Apartado 8.9).....	X	
• Después de tamizar todo el material, se asegura que el % de error es menor a 0,30% (Apartado 8.9).....	X	
• Realiza los cálculos adecuadamente y los anota en el formulario CIVCO-FT-18 correctamente (Apartados 10 y 11).....	X	
• En caso de mezclas de agregado grueso y fino, si reduce la porción fina en divisor mecánico, realiza los cálculos apropiados para corregir el porcentaje pasando con respecto a la muestra total (Apartados 8.7.1 y 11).....	X	

5. Lavado por tamiz No. 200 (Apartado 9)


• Obtiene la muestra seca a lavar (Apartado 9.1).....	X	
• Coloca la muestra del ensayo en un recipiente y agrega suficiente agua para cubrirla (Apartado 9.3).....	X	
• Agita la muestra para ocasionar una separación completa de todas las partículas que sean más finas que el tamiz No. 200 de las partículas más gruesas y para llevar el material fino a suspensión (Apartado 9.4).....	X	
• Vierte el agua del lavado sobre los tamices anidados, arreglados con un tamiz No. 16 en la parte de arriba y el tamiz No. 200 en la parte inferior (Apartado 9.5).....	X	
• Repite esta operación hasta que el agua de lavada está clara y el material sea visible a través del agua (Apartado 9.6).....	X	
• Devuelve el material retenido con un chorro de agua hacia el recipiente (Apartado 9.7).....	X	
• Introduce la muestra al horno a una temperatura uniforme de $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ (Apartado 9.7).....	X	
• Determina la masa seca lavada (M_{SL}) (Apartado 9.7).....	X	
• Determina el material pasando el tamiz No. 200 (Apartado 9.8).....	X	

6. Cálculos (Apartado 10 y 11)

• Realiza los cálculos de acuerdo a lo establecido en el CIVCO-IT-08.....	X	
---------------------------------------------------------------------------	---	--

7. Observaciones y comentarios

Arena de Tajo

Gerente técnico: 
 Ing. Rorimel L. Cuevas Kauffmann

Técnico asignado: HEN
 Heiner Navarro Mena



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

- Obtiene masas resultantes similares, posterior a la reducción de las muestras (Apartado 7.2.2).....

--	--


Método C: Cuarteo con lona (Apartado 7.2.3)

- Coloca la muestra original sobre una lona (Apartado 7.2.3).....
- Mezcla y homogeniza el material (Apartado 7.2.3).....
- Forma un pequeño apilamiento de forma cónica (Apartado 7.2.3).....
- Extiende el apilamiento hasta nivelar la superficie de manera que se obtenga un espesor y un diámetro uniforme (Apartado 7.2.3).....
- Divide la muestra en cuatro porciones aproximadamente iguales (Apartado 7.2.3).....
- Remueve las porciones correspondientes a las dos secciones opuestas (Apartado 7.2.3).....
- Incluye todo el material fino con una escobilla o una brocha (Apartado 7.2.3).....
- Continúa sub dividiendo el material mediante el mismo procedimiento hasta obtener la cantidad requerida (Apartado 7.2.3).....
- Obtiene masas resultantes similares, posterior a la reducción de las muestras (Apartado 7.2.3).....

4. Observaciones

Arena de Río

Gerente técnico: 
Ing. Rommel Y. Cuevas Kauffmann

Técnico asignado: 
Eduardo Arce Mena

• Si tamiza con agitador mecánico, define un tiempo (menor a 10 min) para realizar el tamizaje (Apartado 6.3, Nota 2).....	X	
• Limita la cantidad de material en un tamiz de modo que todas las partículas tengan la oportunidad de llegar a las aberturas del tamiz varias veces durante la operación de tamizado (Apartado 8.4).....	X	
• Evita una sobrecarga de material en cualquier tamiz individual dividiendo la muestra en dos o más porciones (Apartado 8.5).....	X	
• Continúa el tamizado durante un periodo de tiempo suficiente y de tal manera que después de terminar no más de un 1% por masa del material retenido en cualquier tamiz individual pase ese tamiz durante 1 minuto de tamizado manual continuo (Apartado 8.6).....	X	
• Anota la masa retenida (M_{RET}) en el formulario CIVCO-FT-18 (Apartado 8.9).....	X	
• Después de tamizar todo el material, se asegura que el % de error es menor a 0,30% (Apartado 8.9).....	X	
• Realiza los cálculos adecuadamente y los anota en el formulario CIVCO-FT-18 correctamente (Apartados 10 y 11).....	X	
• En caso de mezclas de agregado grueso y fino, si reduce la porción fina en divisor mecánico, realiza los cálculos apropiados para corregir el porcentaje pasando con respecto a la muestra total (Apartados 8.7.1 y 11).....	X	

5. Lavado por tamiz No. 200 (Apartado 9)

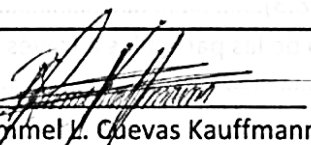
• Obtiene la muestra seca a lavar (Apartado 9.1).....	X	
• Coloca la muestra del ensayo en un recipiente y agrega suficiente agua para cubrirla (Apartado 9.3).....	X	
• Agita la muestra para ocasionar una separación completa de todas las partículas que sean más finas que el tamiz No. 200 de las partículas más gruesas y para llevar el material fino a suspensión (Apartado 9.4).....	X	
• Vierte el agua del lavado sobre los tamices anidados, arreglados con un tamiz No. 16 en la parte de arriba y el tamiz No. 200 en la parte inferior (Apartado 9.5).....	X	
• Repite esta operación hasta que el agua de lavada está clara y el material sea visible a través del agua (Apartado 9.6).....	X	
• Devuelve el material retenido con un chorro de agua hacia el recipiente (Apartado 9.7).....	X	
• Introduce la muestra al horno a una temperatura uniforme de $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ (Apartado 9.7).....	X	
• Determina la masa seca lavada (M_{SL}) (Apartado 9.7).....	X	
• Determina el material pasando el tamiz No. 200 (Apartado 9.8).....	X	

6. Cálculos (Apartado 10 y 11)

• Realiza los cálculos de acuerdo a lo establecido en el CIVCO-IT-08.....	X	
---------------------------------------------------------------------------	---	--

7. Observaciones y comentarios

_____ Arena de Río

Gerente técnico: 
 Ing. Rorimel L. Cuevas Kauffmann

Técnico asignado: HEN
 Heiner Navarro Mena

6.1.3. Caracterización del material corregido pasando la malla N°10.



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

- Obtiene masas resultantes similares, posterior a la reducción de las muestras (Apartado 7.2.2).....


--	--


Método C: Cuarteo con lona (Apartado 7.2.3)

- Coloca la muestra original sobre una lona (Apartado 7.2.3).....
- Mezcla y homogeniza el material (Apartado 7.2.3).....
- Forma un pequeño apilamiento de forma cónica (Apartado 7.2.3).....
- Extiende el apilamiento hasta nivelar la superficie de manera que se obtenga un espesor y un diámetro uniforme (Apartado 7.2.3).....
- Divide la muestra en cuatro porciones aproximadamente iguales (Apartado 7.2.3).....
- Remueve las porciones correspondientes a las dos secciones opuestas (Apartado 7.2.3).....
- Incluye todo el material fino con una escobilla o una brocha (Apartado 7.2.3).....
- Continúa subdividiendo el material mediante el mismo procedimiento hasta obtener la cantidad requerida (Apartado 7.2.3).....
- Obtiene masas resultantes similares, posterior a la reducción de las muestras (Apartado 7.2.3).....

4. Observaciones

Arena de Tajo

Gerente técnico: 
 Ing. Rommel Cuevas Kauffmann

Técnico asignado: 
 Eduardo Arce Mena



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

Fecha: 03/11/2014 Técnico asignado: Eduardo Arce Mena Código del ensayo: CIVCO-IT-A2

Código del servicio: _____

Nombre del ensayo: Determinación del peso unitario y porcentaje de vacíos en el agregado

1. Instrucción	Sí	No
• El técnico cuenta con una copia del instructivo técnico vigente a mano.....	X	
• El técnico cuenta con preparación de los procedimientos aplicables.....	X	
2. Equipo (Apartado 7)		
• Balanza (Apartado 7.1).....	X	
• Varilla Compactadora (Apartado 7.2).....		X
• Recipiente (Apartado 7.3).....	X	
• Pala o cuchara (Apartado 7.4).....	X	
• Equipo de calibración (Apartado 7.5).....	X	
3. Muestreo (Apartado 8.1).....	X	
4. Muestra de Prueba (Apartado 9.1).....	X	
5. Calibración de la medida (Apartado 10)		
• Los recipientes deben ser calibrados al menos una vez al año, o cuando exista alguna razón que cuestione la precisión de la calibración (Apartado 10.1).....	X	
• Coloque una capa delgada de grasa en el borde del recipiente para prevenir la pérdida de agua (Apartado 10.2).....		
• Determine la masa de la pieza de vidrio y el recipiente vacío con precisión de 0,05 kg. (Apartado 10.3).....		
• Llene el recipiente con agua a temperatura ambiente y cúbralo con la pieza de vidrio plana (Apartado 10.4).....		
• Determine la masa del agua en el recipiente (Apartado 10.5).....		
• Mida la temperatura del agua y determine su densidad (Apartado 10.6).....		
• Calcule el volumen del recipiente (Apartado 10.7).....		
6. Selección de procedimiento (Apartado 11.1).....		
7. Procedimiento Compactado Envarillado (Apartado 12)		
• Llenado de recipiente (Apartado 12.1).....		
• Envarillado (Apartado 12.2).....		
• Determine la masa del recipiente más su contenido (Apartado 12.2).....		
8. Procedimiento por percusión (Apartado 13)		
• Llenado de recipiente (Apartado 13.1).....		
• Determine la masa del recipiente más su contenido, la masa del recipiente vacío,		



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

y registre los valores (Apartado 13.2).....

--	--

9. Procedimiento Suelto (Apartado 14)

- Llenado de recipiente (Apartado 14.1).....
- Determine la masa del recipiente más su contenido, la masa del recipiente vacío, y registre los valores (Apartado 14.2).....

X	
---	--

X	
---	--

10. Cálculos y Reporte (Apartado 15 y 16).....

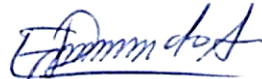
X	
---	--

11. Observaciones

Arena de Tajo

La calibración ya se había realizado con anterioridad.

Gerente técnico: 
 Ing. Rommel Y. Cuevas Kauffmann

Técnico asignado: 
 Eduardo Arce Mena



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

Fecha: 03/11/2014 Técnico asignado: Eduardo Arce Mena Código del ensayo: CIVCO-IT-A3

Código del servicio: _____


Nombre del ensayo: Determinación de impurezas orgánicas en agregados finos para concreto

	Sí	No
1. Instrucción		
• El técnico cuenta con una copia del instructivo técnico vigente a mano.....	X	
• El técnico cuenta con preparación de los procedimientos aplicables.....	X	
2. Equipo (Apartado 5)		
• Botellas de Vidrio (Apartado 5.1).....	X	
• Vidrios de color estándar (Apartado 5.2).....	X	
3. Reactivos y Estándar de Solución de Colores (Apartado 6)		
• Solución Reactiva Hidróxido de Sodio (3%) (Apartado 6.1).....	X	
• Estándar de Solución de Color (Apartado 6.2).....	X	
4. Preparación de la muestra (Apartado 7)		
• Prepare la muestra de agregado de acuerdo con el "Instructivo Técnico de Muestreo de Suelos y Agregados" (CIVCO –IT-00). (Apartado 7.1).....	X	
5. Procedimiento (Apartado 8)		
• Llenar una botella de vidrio al nivel de 130 mL (Apartado 8.1).....	X	
• Agregar la solución de hidróxido de sodio (Apartado 8.2).....	X	
• Tapar el frasco, agitar vigorosamente, y dejar que se asiente por 24 h. (Apartado 8.3).....	X	
6. Determinación del valor del color (Apartado 9)		
• Procedimiento del Estándar de Solución de Color (Apartado 9.1).....		X
• Procedimiento del estándar de vidrio de color (Apartado 9.2).....	X	
7. Análisis (Apartado 10.1).....	X	

8. Observaciones

Arena de Tajo

Gerente técnico: 
Ing. Rommel Cuevas Kauffmann

Técnico asignado: 
Eduardo Arce Mena



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

Fecha: 04/11/2014 Técnico asignado: Eduardo Arce Mena Código del ensayo: CIVCO-IT-A5

Código del servicio: _____

Nombre del ensayo: Determinar la gravedad específica y absorción del agregado fino

1. Instrucción

- El técnico cuenta con una copia del instructivo técnico vigente a mano.....
- El técnico cuenta con preparación de los procedimientos aplicables.....

Sí	No
X	
X	

2. Equipo (Apartado 7)

- Balanza (Apartado 7.1).....
- Picnómetro (Apartado 7.2).....
- Matraz (Apartado 7.3).....
- Molde y apisonador (Apartado 7.4).....
- Horno de secado (Apartado 7.5).....

X	
X	
	X
X	
X	

3. Preparación de muestra (Apartado 8.1).....

X	
---	--

4. Preparación del espécimen de prueba (Apartado 9)

- Secado el espécimen de muestra (Apartado 9.1).....
- Decantar el exceso de agua (Apartado 9.2).....
- Prueba de humedad en la superficie (prueba del cono) (Apartado 9.3).....

X	
X	
X	

5. Procedimiento (Apartado 10)

- Ensayo (Apartado 10.1).....
- Procedimiento gravimétrico (picnómetro) (Apartado 10.2).....
- Procedimiento volumétrico (matraz le Chatelier) (Apartado 10.3).....

X	
X	
	X

6. Cálculos y Reporte (Apartado 11y 12).....

X	
---	--

7. Observaciones

Arena de Tajo

Gerente técnico:
Ing. Rommel Cuevas Kauffmann

Técnico asignado:
Eduardo Arce Mena

• Si tamiza con agitador mecánico, define un tiempo (menor a 10 min) para realizar el tamizaje (Apartado 6.3, Nota 2).....	X	
• Limita la cantidad de material en un tamiz de modo que todas las partículas tengan la oportunidad de llegar a las aberturas del tamiz varias veces durante la operación de tamizado (Apartado 8.4).....	X	
• Evita una sobrecarga de material en cualquier tamiz individual dividiendo la muestra en dos o más porciones (Apartado 8.5).....	X	
• Continúa el tamizado durante un periodo de tiempo suficiente y de tal manera que después de terminar no más de un 1% por masa del material retenido en cualquier tamiz individual pase ese tamiz durante 1 minuto de tamizado manual continuo (Apartado 8.6).....	X	
• Anota la masa retenida (M_{RET}) en el formulario CIVCO-FT-18 (Apartado 8.9).....	X	
• Después de tamizar todo el material, se asegura que el % de error es menor a 0,30% (Apartado 8.9).....	X	
• Realiza los cálculos adecuadamente y los anota en el formulario CIVCO-FT-18 correctamente (Apartados 10 y 11).....	X	
• En caso de mezclas de agregado grueso y fino, si reduce la porción fina en divisor mecánico, realiza los cálculos apropiados para corregir el porcentaje pasando con respecto a la muestra total (Apartados 8.7.1 y 11).....	X	

5. Lavado por tamiz No. 200 (Apartado 9)

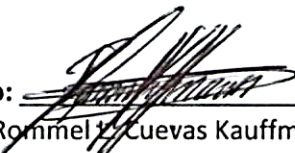
• Obtiene la muestra seca a lavar (Apartado 9.1).....	X	
• Coloca la muestra del ensayo en un recipiente y agrega suficiente agua para cubrirla (Apartado 9.3).....	X	
• Agita la muestra para ocasionar una separación completa de todas las partículas que sean más finas que el tamiz No. 200 de las partículas más gruesas y para llevar el material fino a suspensión (Apartado 9.4).....	X	
• Vierte el agua del lavado sobre los tamices anidados, arreglados con un tamiz No. 16 en la parte de arriba y el tamiz No. 200 en la parte inferior (Apartado 9.5).....	X	
• Repite esta operación hasta que el agua de lavada está clara y el material sea visible a través del agua (Apartado 9.6).....	X	
• Devuelve el material retenido con un chorro de agua hacia el recipiente (Apartado 9.7).....	X	
• Introduce la muestra al horno a una temperatura uniforme de (110 ± 5) °C (Apartado 9.7).....	X	
• Determina la masa seca lavada (M_{SL}) (Apartado 9.7).....	X	
• Determina el material pasando el tamiz No. 200 (Apartado 9.8).....	X	


6. Cálculos (Apartado 10 y 11)

• Realiza los cálculos de acuerdo a lo establecido en el CIVCO-IT-08.....	X	
---------------------------------------------------------------------------	---	--

7. Observaciones y comentarios

Arena de Tajo

Gerente técnico: 
Ing. Rommel Cuevas Kauffmann

Técnico asignado: 
Eduardo Arce Mena



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

- Obtiene masas resultantes similares, posterior a la reducción de las muestras (Apartado 7.2.2).....


--	--


Método C: Cuarteo con lona (Apartado 7.2.3)

- Coloca la muestra original sobre una lona (Apartado 7.2.3).....
- Mezcla y homogeniza el material (Apartado 7.2.3).....
- Forma un pequeño apilamiento de forma cónica (Apartado 7.2.3).....
- Extiende el apilamiento hasta nivelar la superficie de manera que se obtenga un espesor y un diámetro uniforme (Apartado 7.2.3).....
- Divide la muestra en cuatro porciones aproximadamente iguales (Apartado 7.2.3).....
- Remueve las porciones correspondientes a las dos secciones opuestas (Apartado 7.2.3).....
- Incluye todo el material fino con una escobilla o una brocha (Apartado 7.2.3).....
- Continúa sub dividiendo el material mediante el mismo procedimiento hasta obtener la cantidad requerida (Apartado 7.2.3).....
- Obtiene masas resultantes similares, posterior a la reducción de las muestras (Apartado 7.2.3).....

4. Observaciones

Arena de Río

Gerente técnico: 
 Ing. Rommel Cuevas Kauffmann

Técnico asignado: 
 Eduardo Arce Mena



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

Fecha: 03/11/2014 Técnico asignado: Eduardo Arce Mena Código del ensayo: CIVCO-IT-A2

Código del servicio: _____

Nombre del ensayo: Determinación del peso unitario y porcentaje de vacíos en el agregado

1. Instrucción	Sí	No
• El técnico cuenta con una copia del instructivo técnico vigente a mano.....	X	
• El técnico cuenta con preparación de los procedimientos aplicables.....	X	
2. Equipo (Apartado 7)		
• Balanza (Apartado 7.1).....	X	
• Varilla Compactadora (Apartado 7.2).....		X
• Recipiente (Apartado 7.3).....	X	
• Pala o cuchara (Apartado 7.4).....	X	
• Equipo de calibración (Apartado 7.5).....	X	
3. Muestreo (Apartado 8.1).....	X	
4. Muestra de Prueba (Apartado 9.1).....	X	
5. Calibración de la medida (Apartado 10)		
• Los recipientes deben ser calibrados al menos una vez al año, o cuando exista alguna razón que cuestione la precisión de la calibración (Apartado 10.1).....	X	
• Coloque una capa delgada de grasa en el borde del recipiente para prevenir la pérdida de agua (Apartado 10.2).....		
• Determine la masa de la pieza de vidrio y el recipiente vacío con precisión de 0,05 kg. (Apartado 10.3).....		
• Llene el recipiente con agua a temperatura ambiente y cúbralo con la pieza de vidrio plana (Apartado 10.4).....		
• Determine la masa del agua en el recipiente (Apartado 10.5).....		
• Mida la temperatura del agua y determine su densidad (Apartado 10.6).....		
• Calcule el volumen del recipiente (Apartado 10.7).....		
6. Selección de procedimiento (Apartado 11.1).....		
7. Procedimiento Compactado Envarillado (Apartado 12)		
• Llenado de recipiente (Apartado 12.1).....		
• Envarillado (Apartado 12.2).....		
• Determine la masa del recipiente más su contenido (Apartado 12.2).....		
8. Procedimiento por percusión (Apartado 13)		
• Llenado de recipiente (Apartado 13.1).....		
• Determine la masa del recipiente más su contenido, la masa del recipiente vacío,		



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

y registre los valores (Apartado 13.2).....

--	--

9. Procedimiento Suelto (Apartado 14)

- Llenado de recipiente (Apartado 14.1).....
- Determine la masa del recipiente más su contenido, la masa del recipiente vacío, y registre los valores (Apartado 14.2).....

X	
---	--

X	
---	--

10. Cálculos y Reporte (Apartado 15 y 16).....


X	
---	--

11. Observaciones

Arena de Río

La calibración ya se había realizado con anterioridad.

Gerente técnico: 
 Ing. Rommel Y. Cuevas Kauffmann

Técnico asignado: 
 Eduardo Arce Mena



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

Fecha: 03/11/2014 Técnico asignado: Eduardo Arce Mena Código del ensayo: CIVCO-IT-A3

Código del servicio: _____


Nombre del ensayo: Determinación de impurezas orgánicas en agregados finos para concreto

	Sí	No
1. Instrucción		
• El técnico cuenta con una copia del instructivo técnico vigente a mano.....	X	
• El técnico cuenta con preparación de los procedimientos aplicables.....	X	
2. Equipo (Apartado 5)		
• Botellas de Vidrio (Apartado 5.1).....	X	
• Vidrios de color estándar (Apartado 5.2).....	X	
3. Reactivos y Estándar de Solución de Colores (Apartado 6)		
• Solución Reactiva Hidróxido de Sodio (3%) (Apartado 6.1).....	X	
• Estándar de Solución de Color (Apartado 6.2).....	X	
4. Preparación de la muestra (Apartado 7)		
• Prepare la muestra de agregado de acuerdo con el "Instructivo Técnico de Muestreo de Suelos y Agregados" (CIVCO –IT-00). (Apartado 7.1).....	X	
5. Procedimiento (Apartado 8)		
• Llenar una botella de vidrio al nivel de 130 mL (Apartado 8.1).....	X	
• Agregar la solución de hidróxido de sodio (Apartado 8.2).....	X	
• Tapar el frasco, agitar vigorosamente, y dejar que se asiente por 24 h. (Apartado 8.3).....	X	
6. Determinación del valor del color (Apartado 9)		
• Procedimiento del Estándar de Solución de Color (Apartado 9.1).....		X
• Procedimiento del estándar de vidrio de color (Apartado 9.2).....	X	
7. Análisis (Apartado 10.1).....	X	

8. Observaciones

Arena de Río

Gerente técnico: 
Ing. Rommel Cuevas Kauffmann

Técnico asignado: 
Eduardo Arce Mena



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

Fecha: 04/11/2014

Técnico asignado: Eduardo Arce Mena

Código del ensayo: CIVCO-IT-A5

Código del servicio: _____

Nombre del ensayo: Determinar la gravedad específica y absorción del agregado fino

1. Instrucción

- El técnico cuenta con una copia del instructivo técnico vigente a mano.....
- El técnico cuenta con preparación de los procedimientos aplicables.....

Sí	No
X	
X	

2. Equipo (Apartado 7)

- Balanza (Apartado 7.1).....
- Picnómetro (Apartado 7.2).....
- Matraz (Apartado 7.3).....
- Molde y apisonador (Apartado 7.4).....
- Horno de secado (Apartado 7.5).....

X	
X	
	X
X	
X	

3. Preparación de muestra (Apartado 8.1).....

X	
---	--

4. Preparación del espécimen de prueba (Apartado 9)

- Secado el espécimen de muestra (Apartado 9.1).....
- Decantar el exceso de agua (Apartado 9.2).....
- Prueba de humedad en la superficie (prueba del cono) (Apartado 9.3).....

X	
X	
X	

5. Procedimiento (Apartado 10)

- Ensayo (Apartado 10.1).....
- Procedimiento gravimétrico (picnómetro) (Apartado 10.2).....
- Procedimiento volumétrico (matraz le Chatelier) (Apartado 10.3).....

X	
X	
	X

6. Cálculos y Reporte (Apartado 11y 12).....

X	
---	--

7. Observaciones

Arena de Río

Gerente técnico:
Ing. Rommel Cuevas Kauffmann

Técnico asignado:
Eduardo Arce Mena

• Si tamiza con agitador mecánico, define un tiempo (menor a 10 min) para realizar el tamizaje (Apartado 6.3, Nota 2).....	X	
• Limita la cantidad de material en un tamiz de modo que todas las partículas tengan la oportunidad de llegar a las aberturas del tamiz varias veces durante la operación de tamizado (Apartado 8.4).....	X	
• Evita una sobrecarga de material en cualquier tamiz individual dividiendo la muestra en dos o más porciones (Apartado 8.5).....	X	
• Continúa el tamizado durante un periodo de tiempo suficiente y de tal manera que después de terminar no más de un 1% por masa del material retenido en cualquier tamiz individual pase ese tamiz durante 1 minuto de tamizado manual continuo (Apartado 8.6).....	X	
• Anota la masa retenida (M_{RET}) en el formulario CIVCO-FT-18 (Apartado 8.9).....	X	
• Después de tamizar todo el material, se asegura que el % de error es menor a 0,30% (Apartado 8.9).....	X	
• Realiza los cálculos adecuadamente y los anota en el formulario CIVCO-FT-18 correctamente (Apartados 10 y 11).....	X	
• En caso de mezclas de agregado grueso y fino, si reduce la porción fina en divisor mecánico, realiza los cálculos apropiados para corregir el porcentaje pasando con respecto a la muestra total (Apartados 8.7.1 y 11).....	X	

5. Lavado por tamiz No. 200 (Apartado 9)

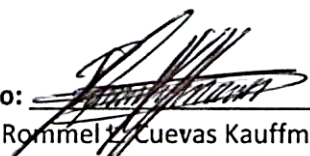
• Obtiene la muestra seca a lavar (Apartado 9.1).....	X	
• Coloca la muestra del ensayo en un recipiente y agrega suficiente agua para cubrirla (Apartado 9.3).....	X	
• Agita la muestra para ocasionar una separación completa de todas las partículas que sean más finas que el tamiz No. 200 de las partículas más gruesas y para llevar el material fino a suspensión (Apartado 9.4).....	X	
• Vierte el agua del lavado sobre los tamices anidados, arreglados con un tamiz No. 16 en la parte de arriba y el tamiz No. 200 en la parte inferior (Apartado 9.5).....	X	
• Repite esta operación hasta que el agua de lavada está clara y el material sea visible a través del agua (Apartado 9.6).....	X	
• Devuelve el material retenido con un chorro de agua hacia el recipiente (Apartado 9.7).....	X	
• Introduce la muestra al horno a una temperatura uniforme de (110 ± 5) °C (Apartado 9.7).....	X	
• Determina la masa seca lavada (M_{SL}) (Apartado 9.7).....	X	
• Determina el material pasando el tamiz No. 200 (Apartado 9.8).....	X	


6. Cálculos (Apartado 10 y 11)

• Realiza los cálculos de acuerdo a lo establecido en el CIVCO-IT-08.....	X	
---------------------------------------------------------------------------	---	--

7. Observaciones y comentarios

 Arena de Río

Gerente técnico: 
 Ing. Rommel Cuevas Kauffmann

Técnico asignado: 
 Eduardo Arce Mena

6.2 Fabricación y falla de cubos de mortero

6.2.1. Mezcla: Marca A-UG con arena de Tajo.




Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

5. Observaciones

Cemento Marca A-UG utilizando arena de tajo.

Gerente técnico: 
Ing. Rommel Cuevas Kauffmann

Técnico asignado: 
Eduardo Arce Mena



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

Fecha: 11/11/2014 Técnico asignado: Eduardo Arce Mena Código del ensayo: CIVCO-IT-B2

Código del servicio: _____

Nombre del ensayo: Determinar el Flujo de mortero de cemento hidráulico

	Sí	No
1. Instrucción		
• El técnico cuenta con una copia del instructivo técnico vigente a mano.....	X	
• El técnico cuenta con preparación de los procedimientos aplicables.....	X	
2. Equipo (Apartado 5)		
• Tabla de flujo, Molde de flujo (Apartado 5.1).....	X	
• Pinza (Apartado 5.2).....	X	
• Compactador (Apartado 5.3).....	X	
• Paleta (Apartado 5.4).....	X	
• Regla (Apartado 5.5)	X	
3. Temperatura y humedad (Apartado 6).....	X	
4. Materiales (Apartado 7)		
• Mortero de cemento hidráulico (Apartado 7.1).....	X	
5. Procedimiento		
Determinación del flujo. (Apartado 8.1)		
• Limpie y seque cuidadosamente la tabla de flujo y coloque el molde de flujo en el centro. (Apartado 8.1.1).....	X	
• Coloque una capa de mortero de 25 mm (1 pulg.) de espesor en el molde y apisone 20 veces con el compactador (Apartado 8.1.1).....	X	
• Llene el molde con mortero y apisone como se especifica para la primera capa (Apartado 8.1.1).....	X	
• Cortar el mortero para obtener una superficie plana con la parte superior del molde (Apartado 8.1.1).....	X	
• Limpiar la superficie de la mesa (Apartado 8.1.1).....	X	
• Levante el molde lejos del mortero 1 min después de completar la operación de mezclado (Apartado 8.1.1).....	X	
• Dejar caer la mesa 25 veces en 15 s (Apartado 8.1.1).....	X	
• Se usa la pinza (Apartado 8.1.2).....	X	
6. Cálculos e Informe (Apartado 9 y 10).....	X	



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

7. Observaciones

Cemento Marca A-UG utilizando arena de tajo.

%Flujo= 115%

Gerente técnico:

Ing. Rommel Cuevas Kauffmann

Técnico asignado:

Eduardo Arce Mena



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

Fecha: 11/11/2014

Técnico asignado: Eduardo Arce Mena

Código del ensayo: CIVCO-IT-B3

Código del servicio: _____

Nombre del ensayo: Determinar la resistencia a compresión de mortero de cemento hidráulico

1. Instrucción

- El técnico cuenta con una copia del instructivo técnico vigente a mano.....
- El técnico cuenta con preparación de los procedimientos aplicables.....

Sí	No
X	
X	

2. Equipo (Apartado 5)

- Pesos y aparatos de pesaje (Apartado 5.1).....
- Vidrio graduados (Apartado 5.2).....
- Recipientes de muestra (Apartado 5.3).....
- Mezclador, tazón y paleta (Apartado 5.4).....
- Banco de flujo y molde de flujo (Apartado 5.5).....
- Un compactador(Apartado 5.6).....
- Paleta (Apartado 5.7).....
- Gabinete húmedo o cámara (Apartado 5.8).....
- Máquina de pruebas (Apartado 5.9).....

X	
X	
X	
X	
X	
X	
X	
X	
X	

3. Materiales

Estándar de arena de granulometría (Apartado 7.1).....

X	
---	--

4. Temperatura y humedad

- Temperatura (Apartado 8.1).....
- Humedad (Apartado 8.2).....

X	
X	

5. Pruebas de muestras (Apartado 9.1).....

X	
---	--

6. Preparación de los moldes de muestra (Apartado 10)

- Aplicar una fina capa de agente antiadherente a las caras interiores del molde y las placas de base no absorbentes (Apartado 10.1).....
- Sellar las superficies en las que las mitades del molde se unen aplicando una capa de grasa ligera tal como vaselina (Apartado 10.2).....
- Selle los moldes hasta la base con un sellador a prueba de agua (Apartado 10.3)....

X	
X	
X	

7. Procedimiento

Composición de mortero (Apartado 11.1)

- Las proporciones de materiales para el mortero estándar (Apartado 11.1.1).....
- Las cantidades de materiales que se mezclan a la vez en el lote de mortero (Apartado 11.1.2).....

X	
X	



Preparación del mortero (Apartado 11.2)

- Mecánicamente mezclado (Apartado 11.2.1).....

X	
---	--

Determinación del flujo (Apartado 11.3)

- Determine el flujo (Apartado 11.3.1).....

X	
---	--

- Para el cemento portland y cemento incorporador de aire portland registre el flujo (Apartado 11.3.2).....

X	
---	--

- En el caso de otros cementos elabore morteros de prueba (Apartado 11.3.3).....

	X
--	---

- Inmediatamente después de la finalización de la prueba de flujo, devolver el mortero de la mesa de flujo al recipiente de mezcla. Raspar rápidamente los lados del tazón y transferir en el lote, el mortero que pueda haber recogido en el lado de la taza y luego re mezclar todo el lote 15 s a velocidad media. Tras la finalización de la mezcla, la paleta de mezcla se agita para eliminar el exceso de mortero en el tazón. (Apartado 11.3.4).....

X	
---	--

- Cuando un lote duplicado ha de hacerse inmediatamente para muestras adicionales, la prueba de flujo puede omitirse y el mortero se deja reposar en el recipiente de mezcla 90 s sin cubierta. Durante los últimos 15 s de este intervalo, raspar rápidamente los lados del tazón, luego transferir en el lote el mortero que pueda haber recogido en el lado de la taza. Vuelva a mezclar durante 15 s a velocidad media (Apartado 11.3.5).....

X	
---	--

Moldeo de muestras de ensayo (Apartado 11.4)

- Completar la consolidación del mortero en los moldes ya sea mediante apisonamiento a mano o mediante un método alternativo calificado (Apartado 11.4.1).....

X	
---	--

- Apisonamiento a mano (Apartado 11.4.2).....

X	
---	--

- Métodos alternativos (Apartado 11.4.3).....

	X
--	---

- Procedimiento de Calificación (Apartado 11.4.4).....

X	
---	--

- Recalificación del método alterno de compactación (Apartado 11.4.5).....

	X
--	---

Almacenamiento de las muestras de ensayo (Apartado 11.5)

- Inmediatamente después de finalizar el moldeo, coloque las muestras en la cámara húmeda o cuarto húmedo.....

X	
---	--

Determinación de la resistencia a la compresión (Apartado 11.6)

- Pruebe las muestras inmediatamente después de removerlas del cuarto húmedo en el caso de las muestras de 24 h, y del almacenamiento de agua en el caso de las otras muestras (Apartado 11.6.1).....

X	
---	--

- Limpie cada muestra a una condición de superficie seca, y elimine los granos de arena sueltos o incrustaciones de las caras que estarán en contacto con los bloques de soporte de las máquinas de pruebas (Apartado 11.6.2).....

X	
---	--

- Aplicar la carga a las caras de la muestra que estuvieron en contacto con las verdaderas superficies planas del molde (Apartado 11.6.3).....

X	
---	--

- 8. Cálculos e Informe (Apartado 12 y 13).....**

X	
---	--



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

9. Observaciones

Cemento Marca A-UG utilizando arena de tajo.

Gerente técnico:

Ing. Rommel J. Cuevas Kauffmann

Handwritten signature of Rommel J. Cuevas Kauffmann in black ink, written over a horizontal line.

Técnico asignado:

Eduardo Arce Mena

Handwritten signature of Eduardo Arce Mena in blue ink, written over a horizontal line.

6.2.2. Mezcla: Marca A-UG con arena de Río.




Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

5. Observaciones

Cemento Marca A-UG utilizando arena de río.

Gerente técnico: 
Ing. Rommel Y. Cuevas Kauffmann

Técnico asignado: 
Eduardo Arce Mena



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

Fecha: 12/11/2014

Técnico asignado: Eduardo Arce Mena

Código del ensayo: CIVCO-IT-B2

Código del servicio: _____

Nombre del ensayo: Determinar el Flujo de mortero de cemento hidráulico

1. Instrucción

- El técnico cuenta con una copia del instructivo técnico vigente a mano.....
- El técnico cuenta con preparación de los procedimientos aplicables.....

Sí	No
X	
X	

2. Equipo (Apartado 5)

- Tabla de flujo, Molde de flujo (Apartado 5.1).....
- Pinza (Apartado 5.2).....
- Compactador (Apartado 5.3).....
- Paleta (Apartado 5.4).....
- Regla (Apartado 5.5)

X	
X	
X	
X	
X	

3. Temperatura y humedad (Apartado 6).....

X	
---	--

4. Materiales (Apartado 7)

- Mortero de cemento hidráulico (Apartado 7.1).....

X	
---	--

5. Procedimiento

Determinación del flujo. (Apartado 8.1)

- Limpie y seque cuidadosamente la tabla de flujo y coloque el molde de flujo en el centro. (Apartado 8.1.1).....
- Coloque una capa de mortero de 25 mm (1 pulg.) de espesor en el molde y apisono 20 veces con el compactador (Apartado 8.1.1).....
- Llene el molde con mortero y apisono como se especifica para la primera capa (Apartado 8.1.1).....
- Cortar el mortero para obtener una superficie plana con la parte superior del molde (Apartado 8.1.1).....
- Limpiar la superficie de la mesa (Apartado 8.1.1).....
- Levante el molde lejos del mortero 1 min después de completar la operación de mezclado (Apartado 8.1.1).....
- Dejar caer la mesa 25 veces en 15 s (Apartado 8.1.1).....
- Se usa la pinza (Apartado 8.1.2).....

X	
X	
X	
X	
X	
X	
X	
X	

6. Cálculos e Informe (Apartado 9 y 10).....

X	
---	--



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

7. Observaciones

Cemento Marca A-UG utilizando arena de río.

%Flujo = 131%

Gerente técnico:


Ing. Rommel Cuevas Kauffmann

Técnico asignado:


Eduardo Arce Mena



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

Fecha: 12/11/2014

Técnico asignado: Eduardo Arce Mena

Código del ensayo: CIVCO-IT-B2

Código del servicio: _____

Nombre del ensayo: Determinar el Flujo de mortero de cemento hidráulico

	Sí	No
1. Instrucción		
• El técnico cuenta con una copia del instructivo técnico vigente a mano.....	X	
• El técnico cuenta con preparación de los procedimientos aplicables.....	X	
2. Equipo (Apartado 5)		
• Tabla de flujo, Molde de flujo (Apartado 5.1).....	X	
• Pinza (Apartado 5.2).....	X	
• Compactador (Apartado 5.3).....	X	
• Paleta (Apartado 5.4).....	X	
• Regla (Apartado 5.5)	X	
3. Temperatura y humedad (Apartado 6).....	X	
4. Materiales (Apartado 7)		
• Mortero de cemento hidráulico (Apartado 7.1).....	X	
5. Procedimiento		
Determinación del flujo. (Apartado 8.1)		
• Limpie y seque cuidadosamente la tabla de flujo y coloque el molde de flujo en el centro. (Apartado 8.1.1).....	X	
• Coloque una capa de mortero de 25 mm (1 pulg.) de espesor en el molde y apisone 20 veces con el compactador (Apartado 8.1.1).....	X	
• Llene el molde con mortero y apisone como se especifica para la primera capa (Apartado 8.1.1).....	X	
• Cortar el mortero para obtener una superficie plana con la parte superior del molde (Apartado 8.1.1).....	X	
• Limpiar la superficie de la mesa (Apartado 8.1.1).....	X	
• Levante el molde lejos del mortero 1 min después de completar la operación de mezclado (Apartado 8.1.1).....	X	
• Dejar caer la mesa 25 veces en 15 s (Apartado 8.1.1).....	X	
• Se usa la pinza (Apartado 8.1.2).....	X	
6. Cálculos e Informe (Apartado 9 y 10).....	X	



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

7. Observaciones

Cemento Marca A-UG utilizando arena de río.

%Flujo = 115%

Gerente técnico: _____

Ing. Rommel Cuevas Kauffmann

Técnico asignado: _____

Eduardo Arce Mena



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

Fecha: 12/11/2014

Técnico asignado: Eduardo Arce Mena

Código del ensayo: CIVCO-IT-B3

Código del servicio: _____

Nombre del ensayo: Determinar la resistencia a compresión de mortero de cemento hidráulico

1. Instrucción

- El técnico cuenta con una copia del instructivo técnico vigente a mano.....
- El técnico cuenta con preparación de los procedimientos aplicables.....

Sí	No
X	
X	

2. Equipo (Apartado 5)

- Pesos y aparatos de pesaje (Apartado 5.1).....
- Vidrio graduados (Apartado 5.2).....
- Recipientes de muestra (Apartado 5.3).....
- Mezclador, tazón y paleta (Apartado 5.4).....
- Banco de flujo y molde de flujo (Apartado 5.5).....
- Un compactador (Apartado 5.6).....
- Paleta (Apartado 5.7).....
- Gabinete húmedo o cámara (Apartado 5.8).....
- Máquina de pruebas (Apartado 5.9).....

X	
X	
X	
X	
X	
X	
X	
X	
X	

3. Materiales

Estándar de arena de granulometría (Apartado 7.1).....

X	
---	--

4. Temperatura y humedad

- Temperatura (Apartado 8.1).....
- Humedad (Apartado 8.2).....

X	
X	

5. Pruebas de muestras (Apartado 9.1).....

X	
---	--

6. Preparación de los moldes de muestra (Apartado 10)

- Aplicar una fina capa de agente antiadherente a las caras interiores del molde y las placas de base no absorbentes (Apartado 10.1).....
- Sellar las superficies en las que las mitades del molde se unen aplicando una capa de grasa ligera tal como vaselina (Apartado 10.2).....
- Selle los moldes hasta la base con un sellador a prueba de agua (Apartado 10.3)....

X	
X	
X	

7. Procedimiento

Composición de mortero (Apartado 11.1)

- Las proporciones de materiales para el mortero estándar (Apartado 11.1.1).....
- Las cantidades de materiales que se mezclan a la vez en el lote de mortero (Apartado 11.1.2).....

X	
X	



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

Preparación del mortero (Apartado 11.2)

- Mecánicamente mezclado (Apartado 11.2.1).....

X	
---	--

Determinación del flujo (Apartado 11.3)

- Determine el flujo (Apartado 11.3.1).....

X	
---	--

- Para el cemento portland y cemento incorporador de aire portland registre el flujo (Apartado 11.3.2).....

X	
---	--

- En el caso de otros cementos elabore morteros de prueba (Apartado 11.3.3).....

	X
--	---

- Inmediatamente después de la finalización de la prueba de flujo, devolver el mortero de la mesa de flujo al recipiente de mezcla. Raspar rápidamente los lados del tazón y transferir en el lote, el mortero que pueda haber recogido en el lado de la taza y luego re mezclar todo el lote 15 s a velocidad media. Tras la finalización de la mezcla, la paleta de mezcla se agita para eliminar el exceso de mortero en el tazón. (Apartado 11.3.4).....

X	
---	--

- Cuando un lote duplicado ha de hacerse inmediatamente para muestras adicionales, la prueba de flujo puede omitirse y el mortero se deja reposar en el recipiente de mezcla 90 s sin cubierta. Durante los últimos 15 s de este intervalo, raspar rápidamente los lados del tazón, luego transferir en el lote el mortero que pueda haber recogido en el lado de la taza. Vuelva a mezclar durante 15 s a velocidad media (Apartado 11.3.5).....

X	
---	--

Moldeo de muestras de ensayo (Apartado 11.4)

- Completar la consolidación del mortero en los moldes ya sea mediante apisonamiento a mano o mediante un método alternativo calificado (Apartado 11.4.1).....

X	
---	--

- Apisonamiento a mano (Apartado 11.4.2).....

X	
---	--

- Métodos alternativos (Apartado 11.4.3).....

	X
--	---

- Procedimiento de Calificación (Apartado 11.4.4).....

X	
---	--

- Recalificación del método alterno de compactación (Apartado 11.4.5).....

	X
--	---

Almacenamiento de las muestras de ensayo (Apartado 11.5)

- Inmediatamente después de finalizar el moldeo, coloque las muestras en la cámara húmeda o cuarto húmedo.....

X	
---	--

Determinación de la resistencia a la compresión (Apartado 11.6)

- Pruebe las muestras inmediatamente después de removerlas del cuarto húmedo en el caso de las muestras de 24 h, y del almacenamiento de agua en el caso de las otras muestras (Apartado 11.6.1).....

X	
---	--

- Limpie cada muestra a una condición de superficie seca, y elimine los granos de arena sueltos o incrustaciones de las caras que estarán en contacto con los bloques de soporte de las máquinas de pruebas (Apartado 11.6.2).....

X	
---	--

- Aplicar la carga a las caras de la muestra que estuvieron en contacto con las verdaderas superficies planas del molde (Apartado 11.6.3).....

X	
---	--

8. Cálculos e Informe (Apartado 12 y 13).....

X	
---	--



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

9. Observaciones

Cemento Marca A-UG utilizando arena de río.

Gerente técnico:


Ing. Rommel Y. Cuevas Kauffmann

Técnico asignado:


Eduardo Arce Mena

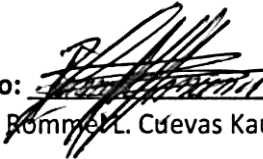
**6.2.3.Mezcla: Marca A- UG-AR
con arena de Tajo.**



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

5. Observaciones

Cemento Marca A-AR utilizando arena de tajo.

Gerente técnico: 
Ing. Rommel L. Cuevas Kauffmann

Técnico asignado: 
Juan Carlos Coto Redondo



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

Fecha: 24/11/2014 Técnico asignado: Juan Carlos Coto Redondo Código del ensayo: CIVCO-IT-B2

Código del servicio: _____

Nombre del ensayo: Determinar el Flujo de mortero de cemento hidráulico

	Sí	No
1. Instrucción		
• El técnico cuenta con una copia del instructivo técnico vigente a mano.....	X	
• El técnico cuenta con preparación de los procedimientos aplicables.....	X	
2. Equipo (Apartado 5)		
• Tabla de flujo, Molde de flujo (Apartado 5.1).....	X	
• Pinza (Apartado 5.2).....	X	
• Compactador (Apartado 5.3).....	X	
• Paleta (Apartado 5.4).....	X	
• Regla (Apartado 5.5)	X	
3. Temperatura y humedad (Apartado 6).....	X	
4. Materiales (Apartado 7)		
• Mortero de cemento hidráulico (Apartado 7.1).....	X	
5. Procedimiento		
Determinación del flujo. (Apartado 8.1)		
• Limpie y seque cuidadosamente la tabla de flujo y coloque el molde de flujo en el centro. (Apartado 8.1.1).....	X	
• Coloque una capa de mortero de 25 mm (1 pulg.) de espesor en el molde y apisone 20 veces con el compactador (Apartado 8.1.1).....	X	
• Llene el molde con mortero y apisone como se especifica para la primera capa (Apartado 8.1.1).....	X	
• Cortar el mortero para obtener una superficie plana con la parte superior del molde (Apartado 8.1.1).....	X	
• Limpiar la superficie de la mesa (Apartado 8.1.1).....	X	
• Levante el molde lejos del mortero 1 min después de completar la operación de mezclado (Apartado 8.1.1).....	X	
• Dejar caer la mesa 25 veces en 15 s (Apartado 8.1.1).....	X	
• Se usa la pinza (Apartado 8.1.2).....	X	
6. Cálculos e Informe (Apartado 9 y 10).....	X	




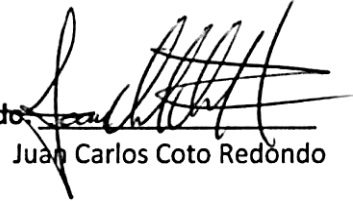
Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

7. Observaciones

Cemento Marca A-AR utilizando arena de tajo.

%Flujo= 115%

Gerente técnico: 
Ing. Rommel L. Cuevas Kauffmann

Técnico asignado: 
Juan Carlos Coto Redondo



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

Fecha: 24/11/2014 Técnico asignado: Juan Carlos Coto Redondo Código del ensayo: CIVCO-IT-B3

Código del servicio: _____

Nombre del ensayo: Determinar la resistencia a compresión de mortero de cemento hidráulico

		Sí	No
1. Instrucción			
• El técnico cuenta con una copia del instructivo técnico vigente a mano.....		X	
• El técnico cuenta con preparación de los procedimientos aplicables.....		X	
2. Equipo (Apartado 5)			
• Pesos y aparatos de pesaje (Apartado 5.1).....		X	
• Vidrio graduados (Apartado 5.2).....		X	
• Recipientes de muestra (Apartado 5.3).....		X	
• Mezclador, tazón y paleta (Apartado 5.4).....		X	
• Banco de flujo y molde de flujo (Apartado 5.5).....		X	
• Un compactador(Apartado 5.6).....		X	
• Paleta (Apartado 5.7).....		X	
• Gabinete húmedo o cámara (Apartado 5.8).....		X	
• Máquina de pruebas (Apartado 5.9).....		X	
3. Materiales			
Estándar de arena de granulometría (Apartado 7.1).....		X	
4. Temperatura y humedad			
• Temperatura (Apartado 8.1).....		X	
• Humedad (Apartado 8.2).....		X	
5. Pruebas de muestras (Apartado 9.1).....			
		X	
6. Preparación de los moldes de muestra (Apartado 10)			
• Aplicar una fina capa de agente antiadherente a las caras interiores del molde y las placas de base no absorbentes (Apartado 10.1).....		X	
• Sellar las superficies en las que las mitades del molde se unen aplicando una capa de grasa ligera tal como vaselina (Apartado 10.2).....		X	
• Selle los moldes hasta la base con un sellador a prueba de agua (Apartado 10.3)....		X	
7. Procedimiento			
Composición de mortero (Apartado 11.1)			
• Las proporciones de materiales para el mortero estándar (Apartado 11.1.1).....		X	
• Las cantidades de materiales que se mezclan a la vez en el lote de mortero (Apartado 11.1.2).....		X	



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

Preparación del mortero (Apartado 11.2)

- Mecánicamente mezclado (Apartado 11.2.1).....

X	
---	--

Determinación del flujo (Apartado 11.3)

- Determine el flujo (Apartado 11.3.1).....

X	
---	--

- Para el cemento portland y cemento incorporador de aire portland registre el flujo (Apartado 11.3.2).....

X	
---	--

- En el caso de otros cementos elabore morteros de prueba (Apartado 11.3.3).....

	X
--	---

- Inmediatamente después de la finalización de la prueba de flujo, devolver el mortero de la mesa de flujo al recipiente de mezcla. Raspar rápidamente los lados del tazón y transferir en el lote, el mortero que pueda haber recogido en el lado de la taza y luego re mezclar todo el lote 15 s a velocidad media. Tras la finalización de la mezcla, la paleta de mezcla se agita para eliminar el exceso de mortero en el tazón. (Apartado 11.3.4).....

X	
---	--

- Cuando un lote duplicado ha de hacerse inmediatamente para muestras adicionales, la prueba de flujo puede omitirse y el mortero se deja reposar en el recipiente de mezcla 90 s sin cubierta. Durante los últimos 15 s de este intervalo, raspar rápidamente los lados del tazón, luego transferir en el lote el mortero que pueda haber recogido en el lado de la taza. Vuelva a mezclar durante 15 s a velocidad media (Apartado 11.3.5).....

X	
---	--

Moldeo de muestras de ensayo (Apartado 11.4)

- Completar la consolidación del mortero en los moldes ya sea mediante apisonamiento a mano o mediante un método alternativo calificado (Apartado 11.4.1).....

X	
---	--

- Apisonamiento a mano (Apartado 11.4.2).....

X	
---	--

- Métodos alternativos (Apartado 11.4.3).....

	X
--	---

- Procedimiento de Calificación (Apartado 11.4.4).....

X	
---	--

- Recalificación del método alterno de compactación (Apartado 11.4.5).....

	X
--	---

Almacenamiento de las muestras de ensayo (Apartado 11.5)

- Inmediatamente después de finalizar el moldeo, coloque las muestras en la cámara húmeda o cuarto húmedo.....

X	
---	--

Determinación de la resistencia a la compresión (Apartado 11.6)

- Pruebe las muestras inmediatamente después de removerlas del cuarto húmedo en el caso de las muestras de 24 h, y del almacenamiento de agua en el caso de las otras muestras (Apartado 11.6.1).....

X	
---	--

- Limpie cada muestra a una condición de superficie seca, y elimine los granos de arena sueltos o incrustaciones de las caras que estarán en contacto con los bloques de soporte de las máquinas de pruebas (Apartado 11.6.2).....

X	
---	--

- Aplicar la carga a las caras de la muestra que estuvieron en contacto con las verdaderas superficies planas del molde (Apartado 11.6.3).....

X	
---	--

- 8. Cálculos e Informe (Apartado 12 y 13).....**

X	
---	--

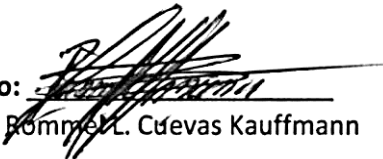


Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos


9. Observaciones

Cemento Marca A-AR utilizando arena de tajo.

Gerente técnico:


Ing. Rommel L. Cuevas Kauffmann

Técnico asignado:


Juan Carlos Coto Redondo

**6.2.4. Mezcla: Marca A- UG-AR
con arena de Río.**



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

5. Observaciones

Cemento Marca A-AR utilizando arena de río.

Gerente técnico:

Ing. Rommel L. Cuevas Kauffmann

A handwritten signature in black ink, appearing to be "R. Cuevas", written over a horizontal line.

Técnico asignado:

Juan Carlos Coto Redondo

A handwritten signature in black ink, appearing to be "Juan Carlos Coto", written over a horizontal line.



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

Fecha: 24/11/2014 Técnico asignado: Juan Carlos Coto Redondo Código del ensayo: CIVCO-IT-B2

Código del servicio: _____

Nombre del ensayo: Determinar el Flujo de mortero de cemento hidráulico

	Sí	No
1. Instrucción		
• El técnico cuenta con una copia del instructivo técnico vigente a mano.....	X	
• El técnico cuenta con preparación de los procedimientos aplicables.....	X	
2. Equipo (Apartado 5)		
• Tabla de flujo, Molde de flujo (Apartado 5.1).....	X	
• Pinza (Apartado 5.2).....	X	
• Compactador (Apartado 5.3).....	X	
• Paleta (Apartado 5.4).....	X	
• Regla (Apartado 5.5)	X	
3. Temperatura y humedad (Apartado 6).....	X	
4. Materiales (Apartado 7)		
• Mortero de cemento hidráulico (Apartado 7.1).....	X	
5. Procedimiento		
Determinación del flujo. (Apartado 8.1)		
• Limpie y seque cuidadosamente la tabla de flujo y coloque el molde de flujo en el centro. (Apartado 8.1.1).....	X	
• Coloque una capa de mortero de 25 mm (1 pulg.) de espesor en el molde y apisone 20 veces con el compactador (Apartado 8.1.1).....	X	
• Llene el molde con mortero y apisone como se especifica para la primera capa (Apartado 8.1.1).....	X	
• Cortar el mortero para obtener una superficie plana con la parte superior del molde (Apartado 8.1.1).....	X	
• Limpiar la superficie de la mesa (Apartado 8.1.1).....	X	
• Levante el molde lejos del mortero 1 min después de completar la operación de mezclado (Apartado 8.1.1).....	X	
• Dejar caer la mesa 25 veces en 15 s (Apartado 8.1.1).....	X	
• Se usa la pinza (Apartado 8.1.2).....	X	
6. Cálculos e Informe (Apartado 9 y 10).....	X	




Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

7. Observaciones

Cemento Marca A-AR utilizando arena de río.

%Flujo= 111%

Gerente técnico: 
Ing. Rommel L. Cúevas Kauffmann

Técnico asignado: 
Juan Carlos Coto Redondo



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

Fecha: 24/11/2014 Técnico asignado: Juan Carlos Coto Redondo Código del ensayo: CIVCO-IT-B3

Código del servicio: _____

Nombre del ensayo: Determinar la resistencia a compresión de mortero de cemento hidráulico

		Sí	No
1. Instrucción			
• El técnico cuenta con una copia del instructivo técnico vigente a mano.....		X	
• El técnico cuenta con preparación de los procedimientos aplicables.....		X	
2. Equipo (Apartado 5)			
• Pesos y aparatos de pesaje (Apartado 5.1).....		X	
• Vidrio graduados (Apartado 5.2).....		X	
• Recipientes de muestra (Apartado 5.3).....		X	
• Mezclador, tazón y paleta (Apartado 5.4).....		X	
• Banco de flujo y molde de flujo (Apartado 5.5).....		X	
• Un compactador(Apartado 5.6).....		X	
• Paleta (Apartado 5.7).....		X	
• Gabinete húmedo o cámara (Apartado 5.8).....		X	
• Máquina de pruebas (Apartado 5.9).....		X	
3. Materiales			
Estándar de arena de granulometría (Apartado 7.1).....		X	
4. Temperatura y humedad			
• Temperatura (Apartado 8.1).....		X	
• Humedad (Apartado 8.2).....		X	
5. Pruebas de muestras (Apartado 9.1).....			
		X	
6. Preparación de los moldes de muestra (Apartado 10)			
• Aplicar una fina capa de agente antiadherente a las caras interiores del molde y las placas de base no absorbentes (Apartado 10.1).....		X	
• Sellar las superficies en las que las mitades del molde se unen aplicando una capa de grasa ligera tal como vaselina (Apartado 10.2).....		X	
• Selle los moldes hasta la base con un sellador a prueba de agua (Apartado 10.3)....		X	
7. Procedimiento			
Composición de mortero (Apartado 11.1)			
• Las proporciones de materiales para el mortero estándar (Apartado 11.1.1).....		X	
• Las cantidades de materiales que se mezclan a la vez en el lote de mortero (Apartado 11.1.2).....		X	



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

Preparación del mortero (Apartado 11.2)

- Mecánicamente mezclado (Apartado 11.2.1).....

X	
---	--

Determinación del flujo (Apartado 11.3)

- Determine el flujo (Apartado 11.3.1).....

X	
---	--

- Para el cemento portland y cemento incorporador de aire portland registre el flujo (Apartado 11.3.2).....

X	
---	--

- En el caso de otros cementos elabore morteros de prueba (Apartado 11.3.3).....

	X
--	---

- Inmediatamente después de la finalización de la prueba de flujo, devolver el mortero de la mesa de flujo al recipiente de mezcla. Raspar rápidamente los lados del tazón y transferir en el lote, el mortero que pueda haber recogido en el lado de la taza y luego re mezclar todo el lote 15 s a velocidad media. Tras la finalización de la mezcla, la paleta de mezcla se agita para eliminar el exceso de mortero en el tazón. (Apartado 11.3.4).....

X	
---	--

- Cuando un lote duplicado ha de hacerse inmediatamente para muestras adicionales, la prueba de flujo puede omitirse y el mortero se deja reposar en el recipiente de mezcla 90 s sin cubierta. Durante los últimos 15 s de este intervalo, raspar rápidamente los lados del tazón, luego transferir en el lote el mortero que pueda haber recogido en el lado de la taza. Vuelva a mezclar durante 15 s a velocidad media (Apartado 11.3.5).....

X	
---	--

Moldeo de muestras de ensayo (Apartado 11.4)

- Completar la consolidación del mortero en los moldes ya sea mediante apisonamiento a mano o mediante un método alternativo calificado (Apartado 11.4.1).....

X	
---	--

- Apisonamiento a mano (Apartado 11.4.2).....

X	
---	--

- Métodos alternativos (Apartado 11.4.3).....

	X
--	---

- Procedimiento de Calificación (Apartado 11.4.4).....

X	
---	--

- Recalificación del método alterno de compactación (Apartado 11.4.5).....

	X
--	---

Almacenamiento de las muestras de ensayo (Apartado 11.5)

- Inmediatamente después de finalizar el moldeo, coloque las muestras en la cámara húmeda o cuarto húmedo.....

X	
---	--

Determinación de la resistencia a la compresión (Apartado 11.6)

- Pruebe las muestras inmediatamente después de removerlas del cuarto húmedo en el caso de las muestras de 24 h, y del almacenamiento de agua en el caso de las otras muestras (Apartado 11.6.1).....

X	
---	--

- Limpie cada muestra a una condición de superficie seca, y elimine los granos de arena sueltos o incrustaciones de las caras que estarán en contacto con los bloques de soporte de las máquinas de pruebas (Apartado 11.6.2).....

X	
---	--

- Aplicar la carga a las caras de la muestra que estuvieron en contacto con las verdaderas superficies planas del molde (Apartado 11.6.3).....

X	
---	--

8. Cálculos e Informe (Apartado 12 y 13).....

X	
---	--

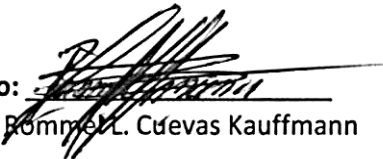


Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

9. Observaciones

Cemento Marca A-AR utilizando arena de río.

Gerente técnico:


Ing. Rommel L. Cuevas Kauffmann

Técnico asignado:


Juan Carlos Coto Redondo

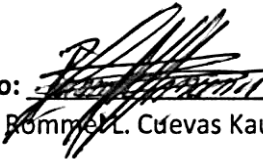
6.2.5. Mezcla: Marca B-UG con arena de Tajo.




Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

5. Observaciones

Cemento Marca B-UG utilizando arena de tajo.

Gerente técnico: 
Ing. Rommel L. Cuevas Kauffmann

Técnico asignado: 
Juan Carlos Coto Redondo



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

Fecha: 25/11/2014 Técnico asignado: Juan Carlos Coto Redondo Código del ensayo: CIVCO-IT-B2

Código del servicio: _____

Nombre del ensayo: Determinar el Flujo de mortero de cemento hidráulico

	Sí	No
1. Instrucción		
• El técnico cuenta con una copia del instructivo técnico vigente a mano.....	X	
• El técnico cuenta con preparación de los procedimientos aplicables.....	X	
2. Equipo (Apartado 5)		
• Tabla de flujo, Molde de flujo (Apartado 5.1).....	X	
• Pinza (Apartado 5.2).....	X	
• Compactador (Apartado 5.3).....	X	
• Paleta (Apartado 5.4).....	X	
• Regla (Apartado 5.5)	X	
3. Temperatura y humedad (Apartado 6).....	X	
4. Materiales (Apartado 7)		
• Mortero de cemento hidráulico (Apartado 7.1).....	X	
5. Procedimiento		
Determinación del flujo. (Apartado 8.1)		
• Limpie y seque cuidadosamente la tabla de flujo y coloque el molde de flujo en el centro. (Apartado 8.1.1).....	X	
• Coloque una capa de mortero de 25 mm (1 pulg.) de espesor en el molde y apisone 20 veces con el compactador (Apartado 8.1.1).....	X	
• Llene el molde con mortero y apisone como se especifica para la primera capa (Apartado 8.1.1).....	X	
• Cortar el mortero para obtener una superficie plana con la parte superior del molde (Apartado 8.1.1).....	X	
• Limpiar la superficie de la mesa (Apartado 8.1.1).....	X	
• Levante el molde lejos del mortero 1 min después de completar la operación de mezclado (Apartado 8.1.1).....	X	
• Dejar caer la mesa 25 veces en 15 s (Apartado 8.1.1).....	X	
• Se usa la pinza (Apartado 8.1.2).....	X	
6. Cálculos e Informe (Apartado 9 y 10).....	X	





Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

7. Observaciones

Cemento Marca B-UG utilizando arena de tajo.

%Flujo= 130%

Gerente técnico: 
Ing. Rommel L. Cuevas Kauffmann

Técnico asignado: 
Juan Carlos Coto Redondo



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

Fecha: 25/11/2014 Técnico asignado: Juan Carlos Coto Redondo Código del ensayo: CIVCO-IT-B2

Código del servicio: _____

Nombre del ensayo: Determinar el Flujo de mortero de cemento hidráulico

	Sí	No
1. Instrucción		
• El técnico cuenta con una copia del instructivo técnico vigente a mano.....	X	
• El técnico cuenta con preparación de los procedimientos aplicables.....	X	
2. Equipo (Apartado 5)		
• Tabla de flujo, Molde de flujo (Apartado 5.1).....	X	
• Pinza (Apartado 5.2).....	X	
• Compactador (Apartado 5.3).....	X	
• Paleta (Apartado 5.4).....	X	
• Regla (Apartado 5.5)	X	
3. Temperatura y humedad (Apartado 6).....	X	
4. Materiales (Apartado 7)		
• Mortero de cemento hidráulico (Apartado 7.1).....	X	
5. Procedimiento		
Determinación del flujo. (Apartado 8.1)		
• Limpie y seque cuidadosamente la tabla de flujo y coloque el molde de flujo en el centro. (Apartado 8.1.1).....	X	
• Coloque una capa de mortero de 25 mm (1 pulg.) de espesor en el molde y apisone 20 veces con el compactador (Apartado 8.1.1).....	X	
• Llene el molde con mortero y apisone como se especifica para la primera capa (Apartado 8.1.1).....	X	
• Cortar el mortero para obtener una superficie plana con la parte superior del molde (Apartado 8.1.1).....	X	
• Limpiar la superficie de la mesa (Apartado 8.1.1).....	X	
• Levante el molde lejos del mortero 1 min después de completar la operación de mezclado (Apartado 8.1.1).....	X	
• Dejar caer la mesa 25 veces en 15 s (Apartado 8.1.1).....	X	
• Se usa la pinza (Apartado 8.1.2).....	X	
6. Cálculos e Informe (Apartado 9 y 10).....	X	



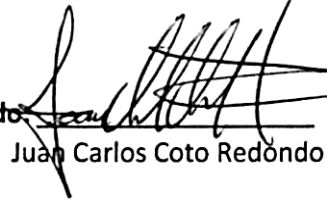
Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

7. Observaciones

Cemento Marca B-UG utilizando arena de tajo.

%Flujo= 123%

Gerente técnico: 
Ing. Rommel L. Cuevas Kauffmann

Técnico asignado: 
Juan Carlos Coto Redondo



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

Fecha: 25/11/2014 Técnico asignado: Juan Carlos Coto Redondo Código del ensayo: CIVCO-IT-B2

Código del servicio: _____

Nombre del ensayo: Determinar el Flujo de mortero de cemento hidráulico

	Sí	No
1. Instrucción		
• El técnico cuenta con una copia del instructivo técnico vigente a mano.....	X	
• El técnico cuenta con preparación de los procedimientos aplicables.....	X	
2. Equipo (Apartado 5)		
• Tabla de flujo, Molde de flujo (Apartado 5.1).....	X	
• Pinza (Apartado 5.2).....	X	
• Compactador (Apartado 5.3).....	X	
• Paleta (Apartado 5.4).....	X	
• Regla (Apartado 5.5)	X	
3. Temperatura y humedad (Apartado 6).....	X	
4. Materiales (Apartado 7)		
• Mortero de cemento hidráulico (Apartado 7.1).....	X	
5. Procedimiento		
Determinación del flujo. (Apartado 8.1)		
• Limpie y seque cuidadosamente la tabla de flujo y coloque el molde de flujo en el centro. (Apartado 8.1.1).....	X	
• Coloque una capa de mortero de 25 mm (1 pulg.) de espesor en el molde y apisone 20 veces con el compactador (Apartado 8.1.1).....	X	
• Llene el molde con mortero y apisone como se especifica para la primera capa (Apartado 8.1.1).....	X	
• Cortar el mortero para obtener una superficie plana con la parte superior del molde (Apartado 8.1.1).....	X	
• Limpiar la superficie de la mesa (Apartado 8.1.1).....	X	
• Levante el molde lejos del mortero 1 min después de completar la operación de mezclado (Apartado 8.1.1).....	X	
• Dejar caer la mesa 25 veces en 15 s (Apartado 8.1.1).....	X	
• Se usa la pinza (Apartado 8.1.2).....	X	
6. Cálculos e Informe (Apartado 9 y 10).....	X	



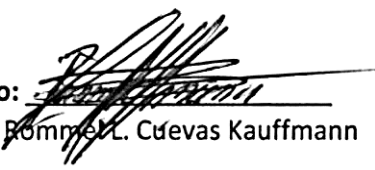
Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

7. Observaciones

Cemento Marca B-UG utilizando arena de tajo.

%Flujo= 109%

Gerente técnico:


Ing. Rommel L. Cuevas Kauffmann

Técnico asignado:


Juan Carlos Coto Redondo



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

Fecha: 25/11/2014 Técnico asignado: Juan Carlos Coto Redondo Código del ensayo: CIVCO-IT-B3

Código del servicio: _____

Nombre del ensayo: Determinar la resistencia a compresión de mortero de cemento hidráulico

1. Instrucción

- El técnico cuenta con una copia del instructivo técnico vigente a mano.....
- El técnico cuenta con preparación de los procedimientos aplicables.....

Sí	No
X	
X	

2. Equipo (Apartado 5)

- Pesos y aparatos de pesaje (Apartado 5.1).....
- Vidrio graduados (Apartado 5.2).....
- Recipientes de muestra (Apartado 5.3).....
- Mezclador, tazón y paleta (Apartado 5.4).....
- Banco de flujo y molde de flujo (Apartado 5.5).....
- Un compactador(Apartado 5.6).....
- Paleta (Apartado 5.7).....
- Gabinete húmedo o cámara (Apartado 5.8).....
- Máquina de pruebas (Apartado 5.9).....

X	
X	
X	
X	
X	
X	
X	
X	
X	

3. Materiales

Estándar de arena de granulometría (Apartado 7.1).....

X	
---	--

4. Temperatura y humedad

- Temperatura (Apartado 8.1).....
- Humedad (Apartado 8.2).....

X	
X	

5. Pruebas de muestras (Apartado 9.1).....

X	
---	--

6. Preparación de los moldes de muestra (Apartado 10)

- Aplicar una fina capa de agente antiadherente a las caras interiores del molde y las placas de base no absorbentes (Apartado 10.1).....
- Sellar las superficies en las que las mitades del molde se unen aplicando una capa de grasa ligera tal como vaselina (Apartado 10.2).....
- Selle los moldes hasta la base con un sellador a prueba de agua (Apartado 10.3)....

X	
X	
X	

7. Procedimiento

Composición de mortero (Apartado 11.1)

- Las proporciones de materiales para el mortero estándar (Apartado 11.1.1).....
- Las cantidades de materiales que se mezclan a la vez en el lote de mortero (Apartado 11.1.2).....

X	
X	



Preparación del mortero (Apartado 11.2)

- Mecánicamente mezclado (Apartado 11.2.1).....

X	
---	--

Determinación del flujo (Apartado 11.3)

- Determine el flujo (Apartado 11.3.1).....

X	
---	--
- Para el cemento portland y cemento incorporador de aire portland registre el flujo (Apartado 11.3.2).....

X	
---	--
- En el caso de otros cementos elabore morteros de prueba (Apartado 11.3.3).....

	X
--	---
- Inmediatamente después de la finalización de la prueba de flujo, devolver el mortero de la mesa de flujo al recipiente de mezcla. Raspar rápidamente los lados del tazón y transferir en el lote, el mortero que pueda haber recogido en el lado de la taza y luego re mezclar todo el lote 15 s a velocidad media. Tras la finalización de la mezcla, la paleta de mezcla se agita para eliminar el exceso de mortero en el tazón. (Apartado 11.3.4).....

X	
---	--
- Cuando un lote duplicado ha de hacerse inmediatamente para muestras adicionales, la prueba de flujo puede omitirse y el mortero se deja reposar en el recipiente de mezcla 90 s sin cubierta. Durante los últimos 15 s de este intervalo, raspar rápidamente los lados del tazón, luego transferir en el lote el mortero que pueda haber recogido en el lado de la taza. Vuelva a mezclar durante 15 s a velocidad media (Apartado 11.3.5).....

X	
---	--

Moldeo de muestras de ensayo (Apartado 11.4)

- Completar la consolidación del mortero en los moldes ya sea mediante apisonamiento a mano o mediante un método alternativo calificado (Apartado 11.4.1).....

X	
---	--
- Apisonamiento a mano (Apartado 11.4.2).....

X	
---	--
- Métodos alternativos (Apartado 11.4.3).....

	X
--	---
- Procedimiento de Calificación (Apartado 11.4.4).....

X	
---	--
- Recalificación del método alterno de compactación (Apartado 11.4.5).....

	X
--	---

Almacenamiento de las muestras de ensayo (Apartado 11.5)

- Inmediatamente después de finalizar el moldeo, coloque las muestras en la cámara húmeda o cuarto húmedo.....

X	
---	--

Determinación de la resistencia a la compresión (Apartado 11.6)

- Pruebe las muestras inmediatamente después de removerlas del cuarto húmedo en el caso de las muestras de 24 h, y del almacenamiento de agua en el caso de las otras muestras (Apartado 11.6.1).....

X	
---	--
- Limpie cada muestra a una condición de superficie seca, y elimine los granos de arena sueltos o incrustaciones de las caras que estarán en contacto con los bloques de soporte de las máquinas de pruebas (Apartado 11.6.2).....

X	
---	--
- Aplicar la carga a las caras de la muestra que estuvieron en contacto con las verdaderas superficies planas del molde (Apartado 11.6.3).....

X	
---	--

8. Cálculos e Informe (Apartado 12 y 13).....

X	
---	--



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

9. Observaciones

Cemento Marca B-UG utilizando arena de tajo.

Gerente técnico:

Ing. Rommel L. Cuevas Kauffmann

A handwritten signature in black ink, appearing to read "R. Cuevas", written over a horizontal line.

Técnico asignado:

Juan Carlos Coto Redondo

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Juan Carlos Coto", written over a horizontal line.

6.2.6.Mezcla: Marca B-UG con arena de Río.

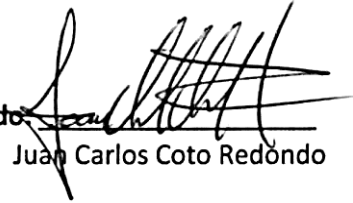


Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

5. Observaciones

Cemento Marca B-UG utilizando arena de río.

Gerente técnico: 
Ing. Rommel L. Cuevas Kauffmann

Técnico asignado: 
Juan Carlos Coto Redondo



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

Fecha: 25/11/2014 Técnico asignado: Juan Carlos Coto Redondo Código del ensayo: CIVCO-IT-B2

Código del servicio: _____

Nombre del ensayo: Determinar el Flujo de mortero de cemento hidráulico

	Sí	No
1. Instrucción		
• El técnico cuenta con una copia del instructivo técnico vigente a mano.....	X	
• El técnico cuenta con preparación de los procedimientos aplicables.....	X	
2. Equipo (Apartado 5)		
• Tabla de flujo, Molde de flujo (Apartado 5.1).....	X	
• Pinza (Apartado 5.2).....	X	
• Compactador (Apartado 5.3).....	X	
• Paleta (Apartado 5.4).....	X	
• Regla (Apartado 5.5)	X	
3. Temperatura y humedad (Apartado 6).....	X	
4. Materiales (Apartado 7)		
• Mortero de cemento hidráulico (Apartado 7.1).....	X	
5. Procedimiento		
Determinación del flujo. (Apartado 8.1)		
• Limpie y seque cuidadosamente la tabla de flujo y coloque el molde de flujo en el centro. (Apartado 8.1.1).....	X	
• Coloque una capa de mortero de 25 mm (1 pulg.) de espesor en el molde y apisone 20 veces con el compactador (Apartado 8.1.1).....	X	
• Llene el molde con mortero y apisone como se especifica para la primera capa (Apartado 8.1.1).....	X	
• Cortar el mortero para obtener una superficie plana con la parte superior del molde (Apartado 8.1.1).....	X	
• Limpiar la superficie de la mesa (Apartado 8.1.1).....	X	
• Levante el molde lejos del mortero 1 min después de completar la operación de mezclado (Apartado 8.1.1).....	X	
• Dejar caer la mesa 25 veces en 15 s (Apartado 8.1.1).....	X	
• Se usa la pinza (Apartado 8.1.2).....	X	
6. Cálculos e Informe (Apartado 9 y 10).....	X	



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

7. Observaciones

Cemento Marca B-UG utilizando arena de río.

%Flujo= 93%

Gerente técnico: 
Ing. Rommel L. Cuevas Kauffmann

Técnico asignado: 
Juan Carlos Coto Redondo



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

Fecha: 25/11/2014 Técnico asignado: Juan Carlos Coto Redondo Código del ensayo: CIVCO-IT-B2

Código del servicio: _____

Nombre del ensayo: Determinar el Flujo de mortero de cemento hidráulico

	Sí	No
1. Instrucción		
• El técnico cuenta con una copia del instructivo técnico vigente a mano.....	X	
• El técnico cuenta con preparación de los procedimientos aplicables.....	X	
2. Equipo (Apartado 5)		
• Tabla de flujo, Molde de flujo (Apartado 5.1).....	X	
• Pinza (Apartado 5.2).....	X	
• Compactador (Apartado 5.3).....	X	
• Paleta (Apartado 5.4).....	X	
• Regla (Apartado 5.5)	X	
3. Temperatura y humedad (Apartado 6).....	X	
4. Materiales (Apartado 7)		
• Mortero de cemento hidráulico (Apartado 7.1).....	X	
5. Procedimiento		
Determinación del flujo. (Apartado 8.1)		
• Limpie y seque cuidadosamente la tabla de flujo y coloque el molde de flujo en el centro. (Apartado 8.1.1).....	X	
• Coloque una capa de mortero de 25 mm (1 pulg.) de espesor en el molde y apisone 20 veces con el compactador (Apartado 8.1.1).....	X	
• Llene el molde con mortero y apisone como se especifica para la primera capa (Apartado 8.1.1).....	X	
• Cortar el mortero para obtener una superficie plana con la parte superior del molde (Apartado 8.1.1).....	X	
• Limpiar la superficie de la mesa (Apartado 8.1.1).....	X	
• Levante el molde lejos del mortero 1 min después de completar la operación de mezclado (Apartado 8.1.1).....	X	
• Dejar caer la mesa 25 veces en 15 s (Apartado 8.1.1).....	X	
• Se usa la pinza (Apartado 8.1.2).....	X	
6. Cálculos e Informe (Apartado 9 y 10).....	X	



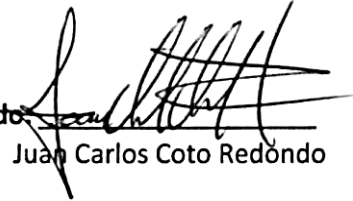
Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

7. Observaciones

Cemento Marca B-UG utilizando arena de río.

%Flujo= 111%

Gerente técnico: 
Ing. Rommel L. Cuevas Kauffmann

Técnico asignado: 
Juan Carlos Coto Redondo



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

Fecha: 25/11/2014 Técnico asignado: Juan Carlos Coto Redondo Código del ensayo: CIVCO-IT-B3

Código del servicio: _____

Nombre del ensayo: Determinar la resistencia a compresión de mortero de cemento hidráulico

		Sí	No
1. Instrucción			
	• El técnico cuenta con una copia del instructivo técnico vigente a mano.....	X	
	• El técnico cuenta con preparación de los procedimientos aplicables.....	X	
2. Equipo (Apartado 5)		X	
	• Pesos y aparatos de pesaje (Apartado 5.1).....	X	
	• Vidrio graduados (Apartado 5.2).....	X	
	• Recipientes de muestra (Apartado 5.3).....	X	
	• Mezclador, tazón y paleta (Apartado 5.4).....	X	
	• Banco de flujo y molde de flujo (Apartado 5.5).....	X	
	• Un compactador(Apartado 5.6).....	X	
	• Paleta (Apartado 5.7).....	X	
	• Gabinete húmedo o cámara (Apartado 5.8).....	X	
	• Máquina de pruebas (Apartado 5.9).....	X	
3. Materiales			
	Estándar de arena de granulometría (Apartado 7.1).....	X	
4. Temperatura y humedad			
	• Temperatura (Apartado 8.1).....	X	
	• Humedad (Apartado 8.2).....	X	
5. Pruebas de muestras (Apartado 9.1).....		X	
6. Preparación de los moldes de muestra (Apartado 10)			
	• Aplicar una fina capa de agente antiadherente a las caras interiores del molde y las placas de base no absorbentes (Apartado 10.1).....	X	
	• Sellar las superficies en las que las mitades del molde se unen aplicando una capa de grasa ligera tal como vaselina (Apartado 10.2).....	X	
	• Selle los moldes hasta la base con un sellador a prueba de agua (Apartado 10.3)....	X	
7. Procedimiento			
Composición de mortero (Apartado 11.1)			
	• Las proporciones de materiales para el mortero estándar (Apartado 11.1.1).....	X	
	• Las cantidades de materiales que se mezclan a la vez en el lote de mortero (Apartado 11.1.2).....	X	



Preparación del mortero (Apartado 11.2)

- Mecánicamente mezclado (Apartado 11.2.1).....

X	
---	--

Determinación del flujo (Apartado 11.3)

- Determine el flujo (Apartado 11.3.1).....

X	
---	--

- Para el cemento portland y cemento incorporador de aire portland registre el flujo (Apartado 11.3.2).....

X	
---	--

- En el caso de otros cementos elabore morteros de prueba (Apartado 11.3.3).....

	X
--	---

- Inmediatamente después de la finalización de la prueba de flujo, devolver el mortero de la mesa de flujo al recipiente de mezcla. Raspar rápidamente los lados del tazón y transferir en el lote, el mortero que pueda haber recogido en el lado de la taza y luego re mezclar todo el lote 15 s a velocidad media. Tras la finalización de la mezcla, la paleta de mezcla se agita para eliminar el exceso de mortero en el tazón. (Apartado 11.3.4).....

X	
---	--

- Cuando un lote duplicado ha de hacerse inmediatamente para muestras adicionales, la prueba de flujo puede omitirse y el mortero se deja reposar en el recipiente de mezcla 90 s sin cubierta. Durante los últimos 15 s de este intervalo, raspar rápidamente los lados del tazón, luego transferir en el lote el mortero que pueda haber recogido en el lado de la taza. Vuelva a mezclar durante 15 s a velocidad media (Apartado 11.3.5).....

X	
---	--

Moldeo de muestras de ensayo (Apartado 11.4)

- Completar la consolidación del mortero en los moldes ya sea mediante apisonamiento a mano o mediante un método alternativo calificado (Apartado 11.4.1).....

X	
---	--

- Apisonamiento a mano (Apartado 11.4.2).....

X	
---	--

- Métodos alternativos (Apartado 11.4.3).....

	X
--	---

- Procedimiento de Calificación (Apartado 11.4.4).....

X	
---	--

- Recalificación del método alterno de compactación (Apartado 11.4.5).....

	X
--	---

Almacenamiento de las muestras de ensayo (Apartado 11.5)

- Inmediatamente después de finalizar el moldeo, coloque las muestras en la cámara húmeda o cuarto húmedo.....

X	
---	--

Determinación de la resistencia a la compresión (Apartado 11.6)

- Pruebe las muestras inmediatamente después de removerlas del cuarto húmedo en el caso de las muestras de 24 h, y del almacenamiento de agua en el caso de las otras muestras (Apartado 11.6.1).....

X	
---	--

- Limpie cada muestra a una condición de superficie seca, y elimine los granos de arena sueltos o incrustaciones de las caras que estarán en contacto con los bloques de soporte de las máquinas de pruebas (Apartado 11.6.2).....

X	
---	--

- Aplicar la carga a las caras de la muestra que estuvieron en contacto con las verdaderas superficies planas del molde (Apartado 11.6.3).....

X	
---	--

8. Cálculos e Informe (Apartado 12 y 13).....

X	
---	--

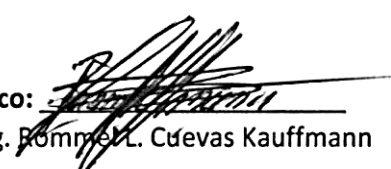


Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

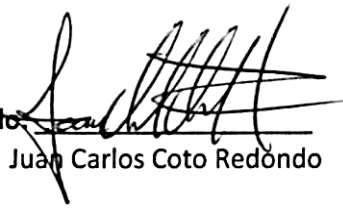
9. Observaciones

Cemento Marca B-UG utilizando arena de río.

Gerente técnico:


Ing. Rommel L. Cuevas Kauffmann

Técnico asignado:


Juan Carlos Coto Redondo

**6.2.7. Mezcla: Marca B- UG-AR
con arena de Tajo.**

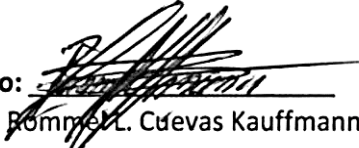


Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

5. Observaciones

Cemento Marca B-AR utilizando arena de tajo.

Gerente técnico:


Ing. Rommel L. Cuevas Kauffmann

Técnico asignado:


Juan Carlos Coto Redondo



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

Fecha: 26/11/2014 Técnico asignado: Juan Carlos Coto Redondo Código del ensayo: CIVCO-IT-B2

Código del servicio: _____

Nombre del ensayo: Determinar el Flujo de mortero de cemento hidráulico

	Sí	No
1. Instrucción		
• El técnico cuenta con una copia del instructivo técnico vigente a mano.....	X	
• El técnico cuenta con preparación de los procedimientos aplicables.....	X	
2. Equipo (Apartado 5)		
• Tabla de flujo, Molde de flujo (Apartado 5.1).....	X	
• Pinza (Apartado 5.2).....	X	
• Compactador (Apartado 5.3).....	X	
• Paleta (Apartado 5.4).....	X	
• Regla (Apartado 5.5)	X	
3. Temperatura y humedad (Apartado 6).....	X	
4. Materiales (Apartado 7)		
• Mortero de cemento hidráulico (Apartado 7.1).....	X	
5. Procedimiento		
Determinación del flujo. (Apartado 8.1)		
• Limpie y seque cuidadosamente la tabla de flujo y coloque el molde de flujo en el centro. (Apartado 8.1.1).....	X	
• Coloque una capa de mortero de 25 mm (1 pulg.) de espesor en el molde y apisone 20 veces con el compactador (Apartado 8.1.1).....	X	
• Llene el molde con mortero y apisone como se especifica para la primera capa (Apartado 8.1.1).....	X	
• Cortar el mortero para obtener una superficie plana con la parte superior del molde (Apartado 8.1.1).....	X	
• Limpiar la superficie de la mesa (Apartado 8.1.1).....	X	
• Levante el molde lejos del mortero 1 min después de completar la operación de mezclado (Apartado 8.1.1).....	X	
• Dejar caer la mesa 25 veces en 15 s (Apartado 8.1.1).....	X	
• Se usa la pinza (Apartado 8.1.2).....	X	
6. Cálculos e Informe (Apartado 9 y 10).....	X	



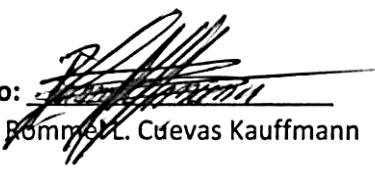
Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

7. Observaciones


Cemento Marca B- AR utilizando arena de tajo.

%Flujo= 84%

Gerente técnico:


Ing. Rommel L. Cuevas Kauffmann

Técnico asignado:


Juan Carlos Coto Redondo



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

Fecha: 26/11/2014 Técnico asignado: Juan Carlos Coto Redondo Código del ensayo: CIVCO-IT-B2

Código del servicio: _____

Nombre del ensayo: Determinar el Flujo de mortero de cemento hidráulico

	Sí	No
1. Instrucción		
• El técnico cuenta con una copia del instructivo técnico vigente a mano.....	X	
• El técnico cuenta con preparación de los procedimientos aplicables.....	X	
2. Equipo (Apartado 5)		
• Tabla de flujo, Molde de flujo (Apartado 5.1).....	X	
• Pinza (Apartado 5.2).....	X	
• Compactador (Apartado 5.3).....	X	
• Paleta (Apartado 5.4).....	X	
• Regla (Apartado 5.5)	X	
3. Temperatura y humedad (Apartado 6).....	X	
4. Materiales (Apartado 7)		
• Mortero de cemento hidráulico (Apartado 7.1).....	X	
5. Procedimiento		
Determinación del flujo. (Apartado 8.1)		
• Limpie y seque cuidadosamente la tabla de flujo y coloque el molde de flujo en el centro. (Apartado 8.1.1).....	X	
• Coloque una capa de mortero de 25 mm (1 pulg.) de espesor en el molde y apisone 20 veces con el compactador (Apartado 8.1.1).....	X	
• Llene el molde con mortero y apisone como se especifica para la primera capa (Apartado 8.1.1).....	X	
• Cortar el mortero para obtener una superficie plana con la parte superior del molde (Apartado 8.1.1).....	X	
• Limpiar la superficie de la mesa (Apartado 8.1.1).....	X	
• Levante el molde lejos del mortero 1 min después de completar la operación de mezclado (Apartado 8.1.1).....	X	
• Dejar caer la mesa 25 veces en 15 s (Apartado 8.1.1).....	X	
• Se usa la pinza (Apartado 8.1.2).....	X	
6. Cálculos e Informe (Apartado 9 y 10).....	X	



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

7. Observaciones

Cemento Marca B- AR utilizando arena de tajo.

%Flujo= 103%

Gerente técnico:

Ing. Rommel L. Cuevas Kauffmann

Técnico asignado:

Juan Carlos Coto Redondo



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

Fecha: 26/11/2014 Técnico asignado: Juan Carlos Coto Redondo Código del ensayo: CIVCO-IT-B2

Código del servicio: _____

Nombre del ensayo: Determinar el Flujo de mortero de cemento hidráulico

1. Instrucción

- El técnico cuenta con una copia del instructivo técnico vigente a mano.....
- El técnico cuenta con preparación de los procedimientos aplicables.....

Sí	No
X	
X	

2. Equipo (Apartado 5)

- Tabla de flujo, Molde de flujo (Apartado 5.1).....
- Pinza (Apartado 5.2).....
- Compactador (Apartado 5.3).....
- Paleta (Apartado 5.4).....
- Regla (Apartado 5.5)

X	
X	
X	
X	
X	

3. Temperatura y humedad (Apartado 6).....

X	
---	--

4. Materiales (Apartado 7)

- Mortero de cemento hidráulico (Apartado 7.1).....

X	
---	--

5. Procedimiento

Determinación del flujo. (Apartado 8.1)

- Limpie y seque cuidadosamente la tabla de flujo y coloque el molde de flujo en el centro. (Apartado 8.1.1).....
- Coloque una capa de mortero de 25 mm (1 pulg.) de espesor en el molde y apise 20 veces con el compactador (Apartado 8.1.1).....
- Llene el molde con mortero y apise como se especifica para la primera capa (Apartado 8.1.1).....
- Cortar el mortero para obtener una superficie plana con la parte superior del molde (Apartado 8.1.1).....
- Limpiar la superficie de la mesa (Apartado 8.1.1).....
- Levante el molde lejos del mortero 1 min después de completar la operación de mezclado (Apartado 8.1.1).....
- Dejar caer la mesa 25 veces en 15 s (Apartado 8.1.1).....
- Se usa la pinza (Apartado 8.1.2).....

X	
X	
X	
X	
X	
X	
X	
X	

6. Cálculos e Informe (Apartado 9 y 10).....

X	
---	--



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

7. Observaciones

Cemento Marca B- AR utilizando arena de tajo.

%Flujo= 100%

Gerente técnico:

Ing. Rommel L. Cuevas Kauffmann

Técnico asignado:

Juan Carlos Coto Redondo



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

Fecha: 26/11/2014 Técnico asignado: Juan Carlos Coto Redondo Código del ensayo: CIVCO-IT-B2

Código del servicio: _____

Nombre del ensayo: Determinar el Flujo de mortero de cemento hidráulico

	Sí	No
1. Instrucción		
• El técnico cuenta con una copia del instructivo técnico vigente a mano.....	X	
• El técnico cuenta con preparación de los procedimientos aplicables.....	X	
2. Equipo (Apartado 5)		
• Tabla de flujo, Molde de flujo (Apartado 5.1).....	X	
• Pinza (Apartado 5.2).....	X	
• Compactador (Apartado 5.3).....	X	
• Paleta (Apartado 5.4).....	X	
• Regla (Apartado 5.5)	X	
3. Temperatura y humedad (Apartado 6).....	X	
4. Materiales (Apartado 7)		
• Mortero de cemento hidráulico (Apartado 7.1).....	X	
5. Procedimiento		
Determinación del flujo. (Apartado 8.1)		
• Limpie y seque cuidadosamente la tabla de flujo y coloque el molde de flujo en el centro. (Apartado 8.1.1).....	X	
• Coloque una capa de mortero de 25 mm (1 pulg.) de espesor en el molde y apisone 20 veces con el compactador (Apartado 8.1.1).....	X	
• Llene el molde con mortero y apisone como se especifica para la primera capa (Apartado 8.1.1).....	X	
• Cortar el mortero para obtener una superficie plana con la parte superior del molde (Apartado 8.1.1).....	X	
• Limpiar la superficie de la mesa (Apartado 8.1.1).....	X	
• Levante el molde lejos del mortero 1 min después de completar la operación de mezclado (Apartado 8.1.1).....	X	
• Dejar caer la mesa 25 veces en 15 s (Apartado 8.1.1).....	X	
• Se usa la pinza (Apartado 8.1.2).....	X	
6. Cálculos e Informe (Apartado 9 y 10).....	X	



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

7. Observaciones

Cemento Marca B- AR utilizando arena de tajo.

%Flujo= 105%

Gerente técnico:

Ing. Rommel L. Cuevas Kauffmann

Técnico asignado:

Juan Carlos Coto Redondo



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

Fecha: 26/11/2014 Técnico asignado: Juan Carlos Coto Redondo Código del ensayo: CIVCO-IT-B3

Código del servicio: _____

Nombre del ensayo: Determinar la resistencia a compresión de mortero de cemento hidráulico

		Sí	No
1. Instrucción			
	• El técnico cuenta con una copia del instructivo técnico vigente a mano.....	X	
	• El técnico cuenta con preparación de los procedimientos aplicables.....	X	
2. Equipo (Apartado 5)		X	
	• Pesos y aparatos de pesaje (Apartado 5.1).....	X	
	• Vidrio graduados (Apartado 5.2).....	X	
	• Recipientes de muestra (Apartado 5.3).....	X	
	• Mezclador, tazón y paleta (Apartado 5.4).....	X	
	• Banco de flujo y molde de flujo (Apartado 5.5).....	X	
	• Un compactador(Apartado 5.6).....	X	
	• Paleta (Apartado 5.7).....	X	
	• Gabinete húmedo o cámara (Apartado 5.8).....	X	
	• Máquina de pruebas (Apartado 5.9).....	X	
3. Materiales			
	Estándar de arena de granulometría (Apartado 7.1).....	X	
4. Temperatura y humedad			
	• Temperatura (Apartado 8.1).....	X	
	• Humedad (Apartado 8.2).....	X	
5. Pruebas de muestras (Apartado 9.1).....		X	
6. Preparación de los moldes de muestra (Apartado 10)			
	• Aplicar una fina capa de agente antiadherente a las caras interiores del molde y las placas de base no absorbentes (Apartado 10.1).....	X	
	• Sellar las superficies en las que las mitades del molde se unen aplicando una capa de grasa ligera tal como vaselina (Apartado 10.2).....	X	
	• Selle los moldes hasta la base con un sellador a prueba de agua (Apartado 10.3)....	X	
7. Procedimiento			
	Composición de mortero (Apartado 11.1)		
	• Las proporciones de materiales para el mortero estándar (Apartado 11.1.1).....	X	
	• Las cantidades de materiales que se mezclan a la vez en el lote de mortero (Apartado 11.1.2).....	X	



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

Preparación del mortero (Apartado 11.2)

- Mecánicamente mezclado (Apartado 11.2.1).....

X	
---	--

Determinación del flujo (Apartado 11.3)

- Determine el flujo (Apartado 11.3.1).....

X	
---	--

- Para el cemento portland y cemento incorporador de aire portland registre el flujo (Apartado 11.3.2).....

X	
---	--

- En el caso de otros cementos elabore morteros de prueba (Apartado 11.3.3).....

	X
--	---

- Inmediatamente después de la finalización de la prueba de flujo, devolver el mortero de la mesa de flujo al recipiente de mezcla. Raspar rápidamente los lados del tazón y transferir en el lote, el mortero que pueda haber recogido en el lado de la taza y luego re mezclar todo el lote 15 s a velocidad media. Tras la finalización de la mezcla, la paleta de mezcla se agita para eliminar el exceso de mortero en el tazón. (Apartado 11.3.4).....

X	
---	--

- Cuando un lote duplicado ha de hacerse inmediatamente para muestras adicionales, la prueba de flujo puede omitirse y el mortero se deja reposar en el recipiente de mezcla 90 s sin cubierta. Durante los últimos 15 s de este intervalo, raspar rápidamente los lados del tazón, luego transferir en el lote el mortero que pueda haber recogido en el lado de la taza. Vuelva a mezclar durante 15 s a velocidad media (Apartado 11.3.5).....

X	
---	--

Moldeo de muestras de ensayo (Apartado 11.4)

- Completar la consolidación del mortero en los moldes ya sea mediante apisonamiento a mano o mediante un método alternativo calificado (Apartado 11.4.1).....

X	
---	--

- Apisonamiento a mano (Apartado 11.4.2).....

X	
---	--

- Métodos alternativos (Apartado 11.4.3).....

	X
--	---

- Procedimiento de Calificación (Apartado 11.4.4).....

X	
---	--

- Recalificación del método alterno de compactación (Apartado 11.4.5).....

	X
--	---

Almacenamiento de las muestras de ensayo (Apartado 11.5)

- Inmediatamente después de finalizar el moldeo, coloque las muestras en la cámara húmeda o cuarto húmedo.....

X	
---	--

Determinación de la resistencia a la compresión (Apartado 11.6)

- Pruebe las muestras inmediatamente después de removerlas del cuarto húmedo en el caso de las muestras de 24 h, y del almacenamiento de agua en el caso de las otras muestras (Apartado 11.6.1).....

X	
---	--

- Limpie cada muestra a una condición de superficie seca, y elimine los granos de arena sueltos o incrustaciones de las caras que estarán en contacto con los bloques de soporte de las máquinas de pruebas (Apartado 11.6.2).....

X	
---	--

- Aplicar la carga a las caras de la muestra que estuvieron en contacto con las verdaderas superficies planas del molde (Apartado 11.6.3).....

X	
---	--

- 8. Cálculos e Informe (Apartado 12 y 13).....**

X	
---	--

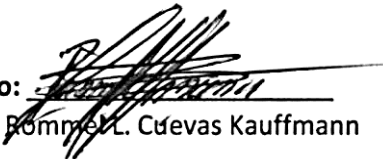


Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

9. Observaciones

Cemento Marca B- AR utilizando arena de tajo.

Gerente técnico:


Ing. Rommel L. Cuevas Kauffmann

Técnico asignado:


Juan Carlos Coto Redondo

**6.2.8.Mezcla: Marca B- UG-AR
con arena de Río.**




Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

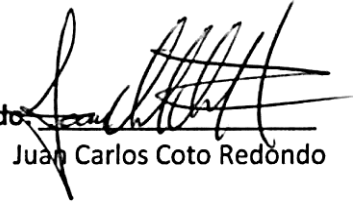
5. Observaciones

Cemento Marca B-AR utilizando arena de río.

Gerente técnico:


Ing. Rommel L. Cuevas Kauffmann

Técnico asignado:


Juan Carlos Coto Redondo



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

Fecha: 26/11/2014 Técnico asignado: Juan Carlos Coto Redondo Código del ensayo: CIVCO-IT-B2

Código del servicio: _____

Nombre del ensayo: Determinar el Flujo de mortero de cemento hidráulico

	Sí	No
1. Instrucción		
• El técnico cuenta con una copia del instructivo técnico vigente a mano.....	X	
• El técnico cuenta con preparación de los procedimientos aplicables.....	X	
2. Equipo (Apartado 5)		
• Tabla de flujo, Molde de flujo (Apartado 5.1).....	X	
• Pinza (Apartado 5.2).....	X	
• Compactador (Apartado 5.3).....	X	
• Paleta (Apartado 5.4).....	X	
• Regla (Apartado 5.5)	X	
3. Temperatura y humedad (Apartado 6).....	X	
4. Materiales (Apartado 7)		
• Mortero de cemento hidráulico (Apartado 7.1).....	X	
5. Procedimiento		
Determinación del flujo. (Apartado 8.1)		
• Limpie y seque cuidadosamente la tabla de flujo y coloque el molde de flujo en el centro. (Apartado 8.1.1).....	X	
• Coloque una capa de mortero de 25 mm (1 pulg.) de espesor en el molde y apisone 20 veces con el compactador (Apartado 8.1.1).....	X	
• Llene el molde con mortero y apisone como se especifica para la primera capa (Apartado 8.1.1).....	X	
• Cortar el mortero para obtener una superficie plana con la parte superior del molde (Apartado 8.1.1).....	X	
• Limpiar la superficie de la mesa (Apartado 8.1.1).....	X	
• Levante el molde lejos del mortero 1 min después de completar la operación de mezclado (Apartado 8.1.1).....	X	
• Dejar caer la mesa 25 veces en 15 s (Apartado 8.1.1).....	X	
• Se usa la pinza (Apartado 8.1.2).....	X	
6. Cálculos e Informe (Apartado 9 y 10).....	X	



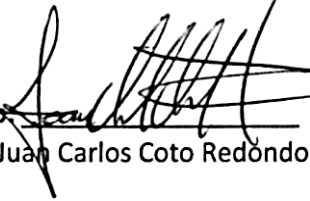
Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

7. Observaciones

Cemento Marca B- AR utilizando arena de río.

%Flujo= 122%

Gerente técnico: 
Ing. Rommel L. Cuevas Kauffmann

Técnico asignado: 
Juan Carlos Coto Redondo



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

Fecha: 26/11/2014 Técnico asignado: Juan Carlos Coto Redondo Código del ensayo: CIVCO-IT-B2

Código del servicio: _____

Nombre del ensayo: Determinar el Flujo de mortero de cemento hidráulico

	Sí	No
1. Instrucción		
• El técnico cuenta con una copia del instructivo técnico vigente a mano.....	X	
• El técnico cuenta con preparación de los procedimientos aplicables.....	X	
2. Equipo (Apartado 5)		
• Tabla de flujo, Molde de flujo (Apartado 5.1).....	X	
• Pinza (Apartado 5.2).....	X	
• Compactador (Apartado 5.3).....	X	
• Paleta (Apartado 5.4).....	X	
• Regla (Apartado 5.5)	X	
3. Temperatura y humedad (Apartado 6).....	X	
4. Materiales (Apartado 7)		
• Mortero de cemento hidráulico (Apartado 7.1).....	X	
5. Procedimiento		
Determinación del flujo. (Apartado 8.1)		
• Limpie y seque cuidadosamente la tabla de flujo y coloque el molde de flujo en el centro. (Apartado 8.1.1).....	X	
• Coloque una capa de mortero de 25 mm (1 pulg.) de espesor en el molde y apisone 20 veces con el compactador (Apartado 8.1.1).....	X	
• Llene el molde con mortero y apisone como se especifica para la primera capa (Apartado 8.1.1).....	X	
• Cortar el mortero para obtener una superficie plana con la parte superior del molde (Apartado 8.1.1).....	X	
• Limpiar la superficie de la mesa (Apartado 8.1.1).....	X	
• Levante el molde lejos del mortero 1 min después de completar la operación de mezclado (Apartado 8.1.1).....	X	
• Dejar caer la mesa 25 veces en 15 s (Apartado 8.1.1).....	X	
• Se usa la pinza (Apartado 8.1.2).....	X	
6. Cálculos e Informe (Apartado 9 y 10).....	X	



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

7. Observaciones

Cemento Marca B- AR utilizando arena de río.

%Flujo= 108%

Gerente técnico: 
Ing. Rommel L. Cuevas Kauffmann

Técnico asignado: 
Juan Carlos Coto Redondo



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

Fecha: 26/11/2014 Técnico asignado: Juan Carlos Coto Redondo Código del ensayo: CIVCO-IT-B3

Código del servicio: _____

Nombre del ensayo: Determinar la resistencia a compresión de mortero de cemento hidráulico

	Sí	No
1. Instrucción		
• El técnico cuenta con una copia del instructivo técnico vigente a mano.....	X	
• El técnico cuenta con preparación de los procedimientos aplicables.....	X	
2. Equipo (Apartado 5)	X	
• Pesos y aparatos de pesaje (Apartado 5.1).....	X	
• Vidrio graduados (Apartado 5.2).....	X	
• Recipientes de muestra (Apartado 5.3).....	X	
• Mezclador, tazón y paleta (Apartado 5.4).....	X	
• Banco de flujo y molde de flujo (Apartado 5.5).....	X	
• Un compactador(Apartado 5.6).....	X	
• Paleta (Apartado 5.7).....	X	
• Gabinete húmedo o cámara (Apartado 5.8).....	X	
• Máquina de pruebas (Apartado 5.9).....	X	
3. Materiales		
Estándar de arena de granulometría (Apartado 7.1).....	X	
4. Temperatura y humedad		
• Temperatura (Apartado 8.1).....	X	
• Humedad (Apartado 8.2).....	X	
5. Pruebas de muestras (Apartado 9.1).....	X	
6. Preparación de los moldes de muestra (Apartado 10)		
• Aplicar una fina capa de agente antiadherente a las caras interiores del molde y las placas de base no absorbentes (Apartado 10.1).....	X	
• Sellar las superficies en las que las mitades del molde se unen aplicando una capa de grasa ligera tal como vaselina (Apartado 10.2).....	X	
• Selle los moldes hasta la base con un sellador a prueba de agua (Apartado 10.3)....	X	
7. Procedimiento		
Composición de mortero (Apartado 11.1)		
• Las proporciones de materiales para el mortero estándar (Apartado 11.1.1).....	X	
• Las cantidades de materiales que se mezclan a la vez en el lote de mortero (Apartado 11.1.2).....	X	



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

Preparación del mortero (Apartado 11.2)

- Mecánicamente mezclado (Apartado 11.2.1).....

X	
---	--

Determinación del flujo (Apartado 11.3)

- Determine el flujo (Apartado 11.3.1).....

X	
---	--

- Para el cemento portland y cemento incorporador de aire portland registre el flujo (Apartado 11.3.2).....

X	
---	--

- En el caso de otros cementos elabore morteros de prueba (Apartado 11.3.3).....

	X
--	---

- Inmediatamente después de la finalización de la prueba de flujo, devolver el mortero de la mesa de flujo al recipiente de mezcla. Raspar rápidamente los lados del tazón y transferir en el lote, el mortero que pueda haber recogido en el lado de la taza y luego re mezclar todo el lote 15 s a velocidad media. Tras la finalización de la mezcla, la paleta de mezcla se agita para eliminar el exceso de mortero en el tazón. (Apartado 11.3.4).....

X	
---	--

- Cuando un lote duplicado ha de hacerse inmediatamente para muestras adicionales, la prueba de flujo puede omitirse y el mortero se deja reposar en el recipiente de mezcla 90 s sin cubierta. Durante los últimos 15 s de este intervalo, raspar rápidamente los lados del tazón, luego transferir en el lote el mortero que pueda haber recogido en el lado de la taza. Vuelva a mezclar durante 15 s a velocidad media (Apartado 11.3.5).....

X	
---	--

Moldeo de muestras de ensayo (Apartado 11.4)

- Completar la consolidación del mortero en los moldes ya sea mediante apisonamiento a mano o mediante un método alternativo calificado (Apartado 11.4.1).....

X	
---	--

- Apisonamiento a mano (Apartado 11.4.2).....

X	
---	--

- Métodos alternativos (Apartado 11.4.3).....

	X
--	---

- Procedimiento de Calificación (Apartado 11.4.4).....

X	
---	--

- Recalificación del método alterno de compactación (Apartado 11.4.5).....

	X
--	---

Almacenamiento de las muestras de ensayo (Apartado 11.5)

- Inmediatamente después de finalizar el moldeo, coloque las muestras en la cámara húmeda o cuarto húmedo.....

X	
---	--

Determinación de la resistencia a la compresión (Apartado 11.6)

- Pruebe las muestras inmediatamente después de removerlas del cuarto húmedo en el caso de las muestras de 24 h, y del almacenamiento de agua en el caso de las otras muestras (Apartado 11.6.1).....

X	
---	--

- Limpie cada muestra a una condición de superficie seca, y elimine los granos de arena sueltos o incrustaciones de las caras que estarán en contacto con los bloques de soporte de las máquinas de pruebas (Apartado 11.6.2).....

X	
---	--

- Aplicar la carga a las caras de la muestra que estuvieron en contacto con las verdaderas superficies planas del molde (Apartado 11.6.3).....

X	
---	--

8. Cálculos e Informe (Apartado 12 y 13).....

X	
---	--

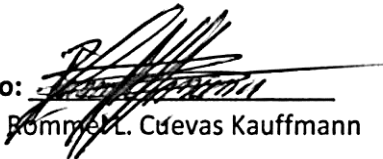


Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

9. Observaciones

Cemento Marca B- AR utilizando arena de río.

Gerente técnico:


Ing. Rommel L. Cuevas Kauffmann

Técnico asignado:


Juan Carlos Coto Redondo

6.2.9. Mezcla: Marca B-MP con arena de Tajo.

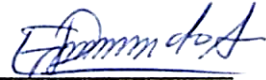


Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

5. Observaciones

Cemento Marca B-MP utilizando arena de tajo.

Gerente técnico: 
Ing. Rommel Cuevas Kauffmann

Técnico asignado: 
Eduardo Arce Mena



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

Fecha: 27/11/2014

Técnico asignado: Eduardo Arce Mena

Código del ensayo: CIVCO-IT-B2

Código del servicio: _____

Nombre del ensayo: Determinar el Flujo de mortero de cemento hidráulico

1. Instrucción

- El técnico cuenta con una copia del instructivo técnico vigente a mano.....
- El técnico cuenta con preparación de los procedimientos aplicables.....

Sí	No
X	
X	

2. Equipo (Apartado 5)

- Tabla de flujo, Molde de flujo (Apartado 5.1).....
- Pinza (Apartado 5.2).....
- Compactador (Apartado 5.3).....
- Paleta (Apartado 5.4).....
- Regla (Apartado 5.5)

X	
X	
X	
X	
X	

3. Temperatura y humedad (Apartado 6).....

X	
---	--

4. Materiales (Apartado 7)

- Mortero de cemento hidráulico (Apartado 7.1).....

X	
---	--

5. Procedimiento

Determinación del flujo. (Apartado 8.1)

- Limpie y seque cuidadosamente la tabla de flujo y coloque el molde de flujo en el centro. (Apartado 8.1.1).....
- Coloque una capa de mortero de 25 mm (1 pulg.) de espesor en el molde y apisono 20 veces con el compactador (Apartado 8.1.1).....
- Llene el molde con mortero y apisono como se especifica para la primera capa (Apartado 8.1.1).....
- Cortar el mortero para obtener una superficie plana con la parte superior del molde (Apartado 8.1.1).....
- Limpiar la superficie de la mesa (Apartado 8.1.1).....
- Levante el molde lejos del mortero 1 min después de completar la operación de mezclado (Apartado 8.1.1).....
- Dejar caer la mesa 25 veces en 15 s (Apartado 8.1.1).....
- Se usa la pinza (Apartado 8.1.2).....

X	
X	
X	
X	
X	
X	
X	
X	

6. Cálculos e Informe (Apartado 9 y 10).....

X	
---	--



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

7. Observaciones

Cemento Marca B-MP utilizando arena de tajo.

%Flujo= 120%

Gerente técnico:


Ing. Rommel C. Cuevas Kauffmann

Técnico asignado:


Eduardo Arce Mena



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

Fecha: 27/11/2014

Técnico asignado: Eduardo Arce Mena

Código del ensayo: CIVCO-IT-B2

Código del servicio: _____

Nombre del ensayo: Determinar el Flujo de mortero de cemento hidráulico

1. Instrucción

- El técnico cuenta con una copia del instructivo técnico vigente a mano.....
- El técnico cuenta con preparación de los procedimientos aplicables.....

Sí	No
X	
X	

2. Equipo (Apartado 5)

- Tabla de flujo, Molde de flujo (Apartado 5.1).....
- Pinza (Apartado 5.2).....
- Compactador (Apartado 5.3).....
- Paleta (Apartado 5.4).....
- Regla (Apartado 5.5)

X	
X	
X	
X	
X	

3. Temperatura y humedad (Apartado 6).....

X	
---	--

4. Materiales (Apartado 7)

- Mortero de cemento hidráulico (Apartado 7.1).....

X	
---	--

5. Procedimiento

Determinación del flujo. (Apartado 8.1)

- Limpie y seque cuidadosamente la tabla de flujo y coloque el molde de flujo en el centro. (Apartado 8.1.1).....
- Coloque una capa de mortero de 25 mm (1 pulg.) de espesor en el molde y apisone 20 veces con el compactador (Apartado 8.1.1).....
- Llene el molde con mortero y apisone como se especifica para la primera capa (Apartado 8.1.1).....
- Cortar el mortero para obtener una superficie plana con la parte superior del molde (Apartado 8.1.1).....
- Limpiar la superficie de la mesa (Apartado 8.1.1).....
- Levante el molde lejos del mortero 1 min después de completar la operación de mezclado (Apartado 8.1.1).....
- Dejar caer la mesa 25 veces en 15 s (Apartado 8.1.1).....
- Se usa la pinza (Apartado 8.1.2).....

X	
X	
X	
X	
X	
X	
X	
X	

6. Cálculos e Informe (Apartado 9 y 10).....

X	
---	--



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

7. Observaciones

Cemento Marca B-MP utilizando arena de tajo.

%Flujo= 103%

Gerente técnico:


Ing. Rommel Cuevas Kauffmann

Técnico asignado:


Eduardo Arce Mena



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

Fecha: 27/11/2014

Técnico asignado: Eduardo Arce Mena

Código del ensayo: CIVCO-IT-B2

Código del servicio: _____

Nombre del ensayo: Determinar el Flujo de mortero de cemento hidráulico

1. Instrucción

- El técnico cuenta con una copia del instructivo técnico vigente a mano.....
- El técnico cuenta con preparación de los procedimientos aplicables.....

Sí	No
X	
X	

2. Equipo (Apartado 5)

- Tabla de flujo, Molde de flujo (Apartado 5.1).....
- Pinza (Apartado 5.2).....
- Compactador (Apartado 5.3).....
- Paleta (Apartado 5.4).....
- Regla (Apartado 5.5)

X	
X	
X	
X	
X	

3. Temperatura y humedad (Apartado 6).....

X	
---	--

4. Materiales (Apartado 7)

- Mortero de cemento hidráulico (Apartado 7.1).....

X	
---	--

5. Procedimiento

Determinación del flujo. (Apartado 8.1)

- Limpie y seque cuidadosamente la tabla de flujo y coloque el molde de flujo en el centro. (Apartado 8.1.1).....
- Coloque una capa de mortero de 25 mm (1 pulg.) de espesor en el molde y apisono 20 veces con el compactador (Apartado 8.1.1).....
- Llene el molde con mortero y apisono como se especifica para la primera capa (Apartado 8.1.1).....
- Cortar el mortero para obtener una superficie plana con la parte superior del molde (Apartado 8.1.1).....
- Limpiar la superficie de la mesa (Apartado 8.1.1).....
- Levante el molde lejos del mortero 1 min después de completar la operación de mezclado (Apartado 8.1.1).....
- Dejar caer la mesa 25 veces en 15 s (Apartado 8.1.1).....
- Se usa la pinza (Apartado 8.1.2).....

X	
X	
X	
X	
X	
X	
X	
X	

6. Cálculos e Informe (Apartado 9 y 10).....

X	
---	--




Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

7. Observaciones

Cemento Marca B-MP utilizando arena de tajo.

%Flujo= 111%

Gerente técnico: 
Ing. Rommel Cuevas Kauffmann

Técnico asignado: 
Eduardo Arce Mena



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

Fecha: 27/11/2014

Técnico asignado: Eduardo Arce Mena

Código del ensayo: CIVCO-IT-B3

Código del servicio: _____

Nombre del ensayo: Determinar la resistencia a compresión de mortero de cemento hidráulico

1. Instrucción

- El técnico cuenta con una copia del instructivo técnico vigente a mano.....
- El técnico cuenta con preparación de los procedimientos aplicables.....

Sí	No
X	
X	

2. Equipo (Apartado 5)

- Pesos y aparatos de pesaje (Apartado 5.1).....
- Vidrio graduados (Apartado 5.2).....
- Recipientes de muestra (Apartado 5.3).....
- Mezclador, tazón y paleta (Apartado 5.4).....
- Banco de flujo y molde de flujo (Apartado 5.5).....
- Un compactador(Apartado 5.6).....
- Paleta (Apartado 5.7).....
- Gabinete húmedo o cámara (Apartado 5.8).....
- Máquina de pruebas (Apartado 5.9).....

X	
X	
X	
X	
X	
X	
X	
X	
X	

3. Materiales

Estándar de arena de granulometría (Apartado 7.1).....

X	
---	--

4. Temperatura y humedad

- Temperatura (Apartado 8.1).....
- Humedad (Apartado 8.2).....

X	
X	

5. Pruebas de muestras (Apartado 9.1).....

X	
---	--

6. Preparación de los moldes de muestra (Apartado 10)

- Aplicar una fina capa de agente antiadherente a las caras interiores del molde y las placas de base no absorbentes (Apartado 10.1).....
- Sellar las superficies en las que las mitades del molde se unen aplicando una capa de grasa ligera tal como vaselina (Apartado 10.2).....
- Selle los moldes hasta la base con un sellador a prueba de agua (Apartado 10.3)....

X	
X	
X	

7. Procedimiento

Composición de mortero (Apartado 11.1)

- Las proporciones de materiales para el mortero estándar (Apartado 11.1.1).....
- Las cantidades de materiales que se mezclan a la vez en el lote de mortero (Apartado 11.1.2).....

X	
X	



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

Preparación del mortero (Apartado 11.2)

- Mecánicamente mezclado (Apartado 11.2.1).....

X	
---	--

Determinación del flujo (Apartado 11.3)

- Determine el flujo (Apartado 11.3.1).....

X	
---	--

- Para el cemento portland y cemento incorporador de aire portland registre el flujo (Apartado 11.3.2).....

X	
---	--

- En el caso de otros cementos elabore morteros de prueba (Apartado 11.3.3).....

	X
--	---

- Inmediatamente después de la finalización de la prueba de flujo, devolver el mortero de la mesa de flujo al recipiente de mezcla. Raspar rápidamente los lados del tazón y transferir en el lote, el mortero que pueda haber recogido en el lado de la taza y luego re mezclar todo el lote 15 s a velocidad media. Tras la finalización de la mezcla, la paleta de mezcla se agita para eliminar el exceso de mortero en el tazón. (Apartado 11.3.4).....

X	
---	--

- Cuando un lote duplicado ha de hacerse inmediatamente para muestras adicionales, la prueba de flujo puede omitirse y el mortero se deja reposar en el recipiente de mezcla 90 s sin cubierta. Durante los últimos 15 s de este intervalo, raspar rápidamente los lados del tazón, luego transferir en el lote el mortero que pueda haber recogido en el lado de la taza. Vuelva a mezclar durante 15 s a velocidad media (Apartado 11.3.5).....

X	
---	--

Moldeo de muestras de ensayo (Apartado 11.4)

- Completar la consolidación del mortero en los moldes ya sea mediante apisonamiento a mano o mediante un método alternativo calificado (Apartado 11.4.1).....

X	
---	--

- Apisonamiento a mano (Apartado 11.4.2).....

X	
---	--

- Métodos alternativos (Apartado 11.4.3).....

	X
--	---

- Procedimiento de Calificación (Apartado 11.4.4).....

X	
---	--

- Recalificación del método alterno de compactación (Apartado 11.4.5).....

	X
--	---

Almacenamiento de las muestras de ensayo (Apartado 11.5)

- Inmediatamente después de finalizar el moldeo, coloque las muestras en la cámara húmeda o cuarto húmedo.....

X	
---	--

Determinación de la resistencia a la compresión (Apartado 11.6)

- Pruebe las muestras inmediatamente después de removerlas del cuarto húmedo en el caso de las muestras de 24 h, y del almacenamiento de agua en el caso de las otras muestras (Apartado 11.6.1).....

X	
---	--

- Limpie cada muestra a una condición de superficie seca, y elimine los granos de arena sueltos o incrustaciones de las caras que estarán en contacto con los bloques de soporte de las máquinas de pruebas (Apartado 11.6.2).....

X	
---	--

- Aplicar la carga a las caras de la muestra que estuvieron en contacto con las verdaderas superficies planas del molde (Apartado 11.6.3).....

X	
---	--

8. Cálculos e Informe (Apartado 12 y 13).....

X	
---	--



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

9. Observaciones

Cemento Marca B-MP utilizando arena de tajo.

Gerente técnico:

Ing. Rommel Y. Cuevas Kauffmann

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Rommel Y. Cuevas Kauffmann", written over a horizontal line.

Técnico asignado:

Eduardo Arce Mena

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Eduardo Arce Mena", written over a horizontal line.

**6.2.10. Mezcla: Marca B-MP
con arena de Río.**

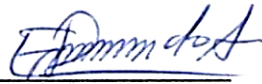


Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

5. Observaciones

Cemento Marca B-MP utilizando arena de río.

Gerente técnico: 
Ing. Rommel Cuevas Kauffmann

Técnico asignado: 
Eduardo Arce Mena



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

Fecha: 27/11/2014 Técnico asignado: Eduardo Arce Mena Código del ensayo: CIVCO-IT-B2

Código del servicio: _____

Nombre del ensayo: Determinar el Flujo de mortero de cemento hidráulico

	Sí	No
1. Instrucción		
• El técnico cuenta con una copia del instructivo técnico vigente a mano.....	X	
• El técnico cuenta con preparación de los procedimientos aplicables.....	X	
2. Equipo (Apartado 5)		
• Tabla de flujo, Molde de flujo (Apartado 5.1).....	X	
• Pinza (Apartado 5.2).....	X	
• Compactador (Apartado 5.3).....	X	
• Paleta (Apartado 5.4).....	X	
• Regla (Apartado 5.5)	X	
3. Temperatura y humedad (Apartado 6).....	X	
4. Materiales (Apartado 7)		
• Mortero de cemento hidráulico (Apartado 7.1).....	X	
5. Procedimiento		
Determinación del flujo. (Apartado 8.1)		
• Limpie y seque cuidadosamente la tabla de flujo y coloque el molde de flujo en el centro. (Apartado 8.1.1).....	X	
• Coloque una capa de mortero de 25 mm (1 pulg.) de espesor en el molde y apisone 20 veces con el compactador (Apartado 8.1.1).....	X	
• Llene el molde con mortero y apisone como se especifica para la primera capa (Apartado 8.1.1).....	X	
• Cortar el mortero para obtener una superficie plana con la parte superior del molde (Apartado 8.1.1).....	X	
• Limpiar la superficie de la mesa (Apartado 8.1.1).....	X	
• Levante el molde lejos del mortero 1 min después de completar la operación de mezclado (Apartado 8.1.1).....	X	
• Dejar caer la mesa 25 veces en 15 s (Apartado 8.1.1).....	X	
• Se usa la pinza (Apartado 8.1.2).....	X	
6. Cálculos e Informe (Apartado 9 y 10).....	X	



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

7. Observaciones

Cemento Marca B-MP utilizando arena de río.

%Flujo= 106%

Gerente técnico:


Ing. Rommel Cuevas Kauffmann

Técnico asignado:


Eduardo Arce Mena



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

Fecha: 27/11/2014

Técnico asignado: Eduardo Arce Mena

Código del ensayo: CIVCO-IT-B3

Código del servicio: _____

Nombre del ensayo: Determinar la resistencia a compresión de mortero de cemento hidráulico

1. Instrucción

- El técnico cuenta con una copia del instructivo técnico vigente a mano.....
- El técnico cuenta con preparación de los procedimientos aplicables.....

Sí	No
X	
X	

2. Equipo (Apartado 5)

- Pesos y aparatos de pesaje (Apartado 5.1).....
- Vidrio graduados (Apartado 5.2).....
- Recipientes de muestra (Apartado 5.3).....
- Mezclador, tazón y paleta (Apartado 5.4).....
- Banco de flujo y molde de flujo (Apartado 5.5).....
- Un compactador(Apartado 5.6).....
- Paleta (Apartado 5.7).....
- Gabinete húmedo o cámara (Apartado 5.8).....
- Máquina de pruebas (Apartado 5.9).....

X	
X	
X	
X	
X	
X	
X	
X	
X	

3. Materiales

Estándar de arena de granulometría (Apartado 7.1).....

X	
---	--

4. Temperatura y humedad

- Temperatura (Apartado 8.1).....
- Humedad (Apartado 8.2).....

X	
X	

5. Pruebas de muestras (Apartado 9.1).....

X	
---	--

6. Preparación de los moldes de muestra (Apartado 10)

- Aplicar una fina capa de agente antiadherente a las caras interiores del molde y las placas de base no absorbentes (Apartado 10.1).....
- Sellar las superficies en las que las mitades del molde se unen aplicando una capa de grasa ligera tal como vaselina (Apartado 10.2).....
- Selle los moldes hasta la base con un sellador a prueba de agua (Apartado 10.3)....

X	
X	
X	

7. Procedimiento

Composición de mortero (Apartado 11.1)

- Las proporciones de materiales para el mortero estándar (Apartado 11.1.1).....
- Las cantidades de materiales que se mezclan a la vez en el lote de mortero (Apartado 11.1.2).....

X	
X	



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

Preparación del mortero (Apartado 11.2)

- Mecánicamente mezclado (Apartado 11.2.1).....

X	
---	--

Determinación del flujo (Apartado 11.3)

- Determine el flujo (Apartado 11.3.1).....

X	
---	--

- Para el cemento portland y cemento incorporador de aire portland registre el flujo (Apartado 11.3.2).....

X	
---	--

- En el caso de otros cementos elabore morteros de prueba (Apartado 11.3.3).....

	X
--	---

- Inmediatamente después de la finalización de la prueba de flujo, devolver el mortero de la mesa de flujo al recipiente de mezcla. Raspar rápidamente los lados del tazón y transferir en el lote, el mortero que pueda haber recogido en el lado de la taza y luego re mezclar todo el lote 15 s a velocidad media. Tras la finalización de la mezcla, la paleta de mezcla se agita para eliminar el exceso de mortero en el tazón. (Apartado 11.3.4).....

X	
---	--

- Cuando un lote duplicado ha de hacerse inmediatamente para muestras adicionales, la prueba de flujo puede omitirse y el mortero se deja reposar en el recipiente de mezcla 90 s sin cubierta. Durante los últimos 15 s de este intervalo, raspar rápidamente los lados del tazón, luego transferir en el lote el mortero que pueda haber recogido en el lado de la taza. Vuelva a mezclar durante 15 s a velocidad media (Apartado 11.3.5).....

X	
---	--

Moldeo de muestras de ensayo (Apartado 11.4)

- Completar la consolidación del mortero en los moldes ya sea mediante apisonamiento a mano o mediante un método alternativo calificado (Apartado 11.4.1).....

X	
---	--

- Apisonamiento a mano (Apartado 11.4.2).....

X	
---	--

- Métodos alternativos (Apartado 11.4.3).....

	X
--	---

- Procedimiento de Calificación (Apartado 11.4.4).....

X	
---	--

- Recalificación del método alterno de compactación (Apartado 11.4.5).....

	X
--	---

Almacenamiento de las muestras de ensayo (Apartado 11.5)

- Inmediatamente después de finalizar el moldeo, coloque las muestras en la cámara húmeda o cuarto húmedo.....

X	
---	--

Determinación de la resistencia a la compresión (Apartado 11.6)

- Pruebe las muestras inmediatamente después de removerlas del cuarto húmedo en el caso de las muestras de 24 h, y del almacenamiento de agua en el caso de las otras muestras (Apartado 11.6.1).....

X	
---	--

- Limpie cada muestra a una condición de superficie seca, y elimine los granos de arena sueltos o incrustaciones de las caras que estarán en contacto con los bloques de soporte de las máquinas de pruebas (Apartado 11.6.2).....

X	
---	--

- Aplicar la carga a las caras de la muestra que estuvieron en contacto con las verdaderas superficies planas del molde (Apartado 11.6.3).....

X	
---	--

8. Cálculos e Informe (Apartado 12 y 13).....

X	
---	--



Lista de verificación para ejecución y supervisión de ensayos

9. Observaciones

Cemento Marca B-MP utilizando arena de río.

Gerente técnico:


Ing. Rommel Cuevas Kauffmann

Técnico asignado:


Eduardo Arce Mena

Anexos

- 1. RTCR 383:2004 Cementos hidráulicos.
Especificaciones**
- 2. Ficha técnica de los cementos tipo UG, UG-AR y MP.**

N° 32253-MEIC
EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA
Y EL MINISTRO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMERCIO

En uso de las atribuciones que les confieren el artículo 140, incisos 3) y 18), artículo 146 de la Constitución Política; los artículos 27 y 28 2b de la Ley General de Administración Pública, N° 6227 del 2 de mayo de 1978; la Ley del Sistema Internacional de Unidades, N° 5292 del 9 de agosto de 1973; la Ley de la Promoción de la Competencia y Defensa Efectiva del Consumidor, N° 7472 del 20 de diciembre de 1994; la Ley de Aprobación del Acta Final en que se incorporan los Resultados de la Ronda de Uruguay de Negociaciones Comerciales Multilaterales, N° 7475 del 20 de diciembre de 1994; la Ley Orgánica del Ministerio de Economía, Industria y Comercio, N° 6054 del 14 de junio de 1977 y sus reformas.

Considerando:

- 1°—Que es función esencial del Estado velar por la protección del consumidor.
- 2.—Que el proceso de apertura comercial que está experimentando el país tiende a lograr una mayor competencia entre los productos que se ofrecen en el mercado tanto de fabricación nacional como importado.
- 3°—Que dentro del contexto de la apertura comercial que está experimentando el país es necesario proteger al consumidor contra las prácticas que puedan inducirlo a error o engaño.
- 4°—Que dentro de las actividades que el Estado debe realizar para alcanzar el logro del objetivo citado se encuentra el garantizar a la población el acceso a productos industriales que cumplan con las características físicas, químicas y adecuadas para uso del ser humano, máxime en aquellos casos en que se trate de productos que de no contar con la calidad mínima deseable podrían poner en riesgo a las personas, los animales y los bienes.
- 5°—Que el Gobierno de la República de Costa Rica ha debido atender solicitudes de revisión del Reglamento Técnico de Cementos Hidráulicos con el fin de actualizarlo a la realidad nacional. **Por tanto,**

DECRETAN:

Artículo 1°—Aprobar el siguiente reglamento técnico:

RTCR 383: 2004 CEMENTOS
HIDRÁULICOS. ESPECIFICACIONES

1. OBJETIVO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN.

El presente reglamento tiene por objeto establecer los parámetros y especificaciones de calidad de los cementos hidráulicos y de los componentes de éstos, que normalmente se usan en el territorio nacional, sean producidos localmente o importados. Así como establecer la clasificación de dichos cementos por tipos, con sus respectivas especificaciones.

El presente reglamento no es aplicable al cemento blanco definido en el punto 3.9.4.

2. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

2.1 Annual Book of ASTM STANDARD 2002. Volumen 04. Cement; Lime; Gypsum. 2002. (Libro Anual de Normas ASTM, 2002).

2.2 ASTM C-109M-01 Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or 50- mm Cube Specimens). (Método estándar de la prueba para la fuerza comprensiva de los morteros de cemento hidráulico).

2.3 ASTM C-114-03 Standard Test Methods for Chemical Analysis of Hydraulic Cement. (Método de Análisis Químico para el Cemento Hidráulico).

2.4 ASTM C-151-00 Standard Test Method for Autoclave Expansion of Portland Cement. (Método de Prueba para la Expansión en el autoclave del Cemento Pórtland).

2.5 ASTM C-183-02 Standard Practice for Sampling and the Amount of Testing of Hydraulic Cement. (Práctica para muestreo y la cantidad de pruebas del Cemento Hidráulico).

2.6 ASTM C-185-02 Standard Test Method for Air Content of Hydraulic Cement Mortar. (Método de Prueba para contenido de aire en el Mortero con Cemento Hidráulico).

2.7 ASTM C-191-03 Standard Test Method for Time of Setting of Hydraulic Cement by Vicat Needle. (Método de Prueba para el tiempo de fragua por aguja VICAT).

2.8 ASTM C-204-00 Standard Test Method for Fineness of Hydraulic Cement by Air Permeability Apparatus. (Método de Prueba para la determinación de la finura por medio de aparato permeabilímetro).

2.9 ASTM C-465-99 Standard Specification for Processing Additions for Use in the Manufacture of Hydraulic Cements.

(Especificaciones para el procesamiento de aditivos en el uso de la manufactura de cementos hidráulicos).

2.10 ASTM C-150: C150-02ae1 Standard Specification for Portland Cement. (Especificaciones Estándar para Cemento Portland).

2.11 ASTM C-187-98 Standard Test Method for Normal Consistency of Hydraulic Cement. (Método de Prueba para la Consistencia Normal del Cemento Hidráulico).

2.12 ASTM C-188-95(2003) Standard Test Method for Density of Hydraulic Cement. (Método de Prueba para Determinar la 2.13 **ASTM C-219-03 Standard Terminology Relating to Hydraulic Cement.** (Terminología relacionada con Cementos Hidráulicos).

2.14 ASTM C-430-96(2003) Standard Test Method for Fineness of Hydraulic Cement by the 45- μ m (N° 325) Sieve. (Método de prueba para determinar la finura de cemento hidráulico utilizando la malla de 45 micras (N° 325).

2.15 ASTM C-1157-02 Standard Performance Specification for Hydraulic Cement. (Especificaciones de desempeño para cementos hidráulicos mezclados).

2.16 ASTM C-595-03 Standard Specification for Blended Hydraulic Cements. (Especificaciones estándar para cementos mezclados).

2.17 **ASTM E-380 (Prácticas para el uso del sistema internacional de Unidades).**

2.18 **NMX-C-414-ONNCCE-1999 Norma Mexicana “Industria de la Construcción- Cementos Hidráulicos- Especificaciones y Métodos de Prueba.** (Building Industry- Hydraulic Cement- Specifications and Testing Methods).

2.19 **UNE-EN 17-1-2000 para cementos comunes.** España. Instituto Español de Normalización. Madrid: junio 2002.

2.20 **Bhatty, Javed I.** Role of minor elements in cement manufacture and use. PCA Research and Development bulletin RD109T, Skokie, Illinois, USA. 1995.

3. DEFINICIONES:

3.1 **aditivos:** material que es molido o mezclado en cantidades limitadas con un cemento hidráulico durante su manufactura, ya sea como una “adición de proceso” si se utiliza como ayuda en la fabricación o manejo del cemento, o como una “adición funcional” si modifica el comportamiento del producto terminado (producto mezcla de concreto).

3.2 **clinker:** (denominado también clinker de cemento Portland) mineral artificial, producido por la sinterización de óxidos de calcio y sílice, compuesto por silicatos de calcio el cual es hidráulicamente reactivo.

3.3 **cemento hidráulico:** material artificial de naturaleza inorgánica y mineral, que finamente molido y convenientemente amasado con agua forma una pasta que fragua y endurece a causa de las reacciones de hidrólisis e hidratación de sus constituyentes, dando lugar a productos hidratados mecánicamente resistentes y estables, tanto al aire como bajo agua.

3.4 **componentes minerales:** minerales naturales o artificiales empleados para la sustitución de clinker en la producción de un cemento hidráulico o como adición de molienda, estos son los descritos a continuación y deben cumplir con las características de la Tabla N° 4:

3.4.1 **caliza:** Mineral compuesto principalmente por carbonato de calcio en forma de calcita el cual en proporciones limitadas puede llegar a afectar favorablemente las propiedades de un cemento hidráulico. Para efecto de esta norma, no debería contener menos del 85 % en masa de carbonato de calcio (CaCO_3).

3.4.2 **puzolana natural:** mineral compuesto principalmente por o de rocas tobáceas, volcánicas vítreas de naturaleza traquítica alcalina o pumítica. También son puzolanas naturales las harinas fósiles de naturaleza silíceas, como la diatomita. Estos minerales son capaces de combinarse con el hidróxido de calcio (Ca(OH)_2) a temperatura ambiente y en presencia de agua, para formar compuestos con propiedades hidráulicas semejantes a los originados en la hidratación de los constituyentes del clinker.

3.4.3 puzolanas artificiales: son determinados subproductos silíceos vítreos, como las cenizas volantes. También pueden serlo ciertas arcillas térmicamente activadas y determinadas escorias metalúrgicas.

3.4.4 cenizas volantes: minerales silíceos de la familia de las puzolanas artificiales. Son los residuos sólidos que se recogen por precipitación electrostática, o por captación mecánica de los polvos que acompañan a los gases de combustión de los quemadores de centrales termoeléctricas alimentadas con carbón pulverizados.

3.4.5 escoria granulada de alto horno: Producto no metálico, que consiste esencialmente en silicatos y aluminosilicatos de calcio y otras bases. Producido en altos hornos durante la fase de fundición del hierro y de forma simultánea a este elemento.

3.4.6 humo de sílice: material puzolánico muy fino, compuesto principalmente por sílice amorfa que es un subproducto de la fabricación de silicio o aleaciones de ferrosilicio por arco eléctrico (también conocido como humo de sílice condensado o microsílíce).

3.5 cemento portland: (también denominado como cemento tipo 1-RTCR, y que cumple con las especificaciones físicas de la norma ASTM C150 para el cemento tipo 1) cemento hidráulico producido al pulverizar clinker y una o más formas de sulfato de calcio como adición de molienda.

3.6 cemento hidráulico modificado con puzolana; cemento tipo

MP-RTCR: cemento hidráulico que consiste en una mezcla homogénea de clinker, yeso y puzolana (y otros componentes minoritarios), producido por molienda conjunta o separada cuya proporción de componentes está indicada en la Tabla N°1.

3.7 cemento hidráulico modificado con escoria; cemento MS-RTCR: cemento hidráulico que consiste en una mezcla homogénea de clinker, yeso y escoria granulada de alto horno (y otros componentes minoritarios), producido por molienda conjunta o separada cuya proporción de componentes está indicada en la Tabla N° 1.

3.8 cemento hidráulico de uso general; cemento tipo UG-RTCR:

cemento hidráulico que consiste en una mezcla homogénea de clinker, yeso y otros componentes minerales producido por molienda conjunta o separada, cuya proporción de componentes está indicada en la Tabla N° 1.

3.9 modificaciones: Los cementos indicados en esta norma, pueden incluir las siguientes modificaciones, opcionales, las cuales deberán ser indicadas en su empaque respectivo:

3.9.1 A: cemento hidráulico con resistencia al congelamiento (mediante dispersión de burbujas de aire en el concreto producido).

3.9.2 AR: cemento hidráulico de alta resistencia inicial.

3.9.3 AS: cemento hidráulico de alta resistencia a los sulfatos.

3.9.4 **BL**: cemento blanco. Aquel cemento que cumpla con un índice de blancura superior a 85 en el parámetro *L, de acuerdo a la norma UNE 80305:2001 (establecida por las coordenadas CIELAB).

3.9.5 **BH**: cemento hidráulico de bajo calor de hidratación (en caso de requerirse una mayor cantidad de puzolana debe estar adecuadamente indicada, así como debe existir una especificación aprobada por el cliente).

3.9.6 **BR**: cemento hidráulico de baja reactividad a los agregados reactivos a los álcalis (deben cumplir con los parámetros para baja reactividad a los agregados reactivos a los álcalis).

3.9.7 **MH**: cemento hidráulico de moderado calor de hidratación.

3.9.8 **MS**: cemento hidráulico de resistencia moderada a los sulfatos.

3.10 **cemento de albañilería; cemento para mortero**: cemento hidráulico, usado principalmente en albañilería o en preparación de mortero el cual consiste en una mezcla de cemento hidráulico o tipo Portland y un material que le otorga plasticidad (como caliza, cal hidráulica o hidratada) junto a otros materiales introducidos para aumentar una o más propiedades, tales como el tiempo de fraguado, trabajabilidad, retención de agua y durabilidad. Este cemento debe cumplir con la norma ASTM C-91 (cemento de albañilería) y ASTM C-1329 (cemento para mortero) en su última versión.

3.11 **reguladores de fraguado**: son materiales naturales o productos artificiales que añadidos al clinker y a otros constituyentes eventuales de los cementos, en proporciones adecuadas y molidos conjuntamente con ellos, proporcionan cementos que cumplan con los requisitos de esta norma. El regulador de fraguado más usual es el sulfato de calcio.

3.11.1 **sulfato de calcio**: mineral que puede ser de origen natural el cual está compuesto esencialmente por Sulfato de Calcio en forma de Anhidrita (CaSO_4) o Yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

3.12 **producto a granel**: se considera toda aquella que se encuentre en unidades mayores a los 50 kg.

4. PROPIEDADES FÍSICAS Y COMPOSICIÓN QUÍMICA

4.1 Los cementos hidráulicos descritos anteriormente deben cumplir con las especificaciones físicas establecidas en la Tabla N° 1.

4.2 Los cementos hidráulicos descritos anteriormente deben cumplir las especificaciones de composición química establecidas en la Tabla N° 2 y Tabla N° 3 para el contenido de metales pesados.

5. TOMA DE MUESTRAS

5.1 Cuando el cemento sea analizado para verificar el cumplimiento de esta especificación, la recolección de la muestra, debe efectuarse según lo establece el método ASTM C183-97 o sus próximas revisiones.

5.2 El método ASTM C183-97 no está diseñado para el control de calidad del fabricante del cemento, por lo que no lo requiere el fabricante para la emisión de su certificado.

6. MÉTODOS DE ANÁLISIS

6.1 Los análisis para los cementos hidráulicos se rigen por la última versión del Annual Book of ASTM STANDARD Volumen 04.01 Cement; Lime; Gypsum, y el Volumen 04.02 Concrete and Aggregate.

7. DE LA VERIFICACIÓN O CONTROL DE LA CALIDAD

7.1 Los productores deberán contar con un laboratorio de control de calidad para asegurarse que los cementos producidos cumplan con los valores indicados en el presente reglamento técnico.

7.2 Deberán contar con archivos y registros que indiquen los valores obtenidos en las pruebas realizadas.

7.3 En caso de cementos producidos con características especiales requeridas por parte del cliente, que no estén especificadas en este reglamento técnico o difieran de aquellas que si lo estén, se debe entregar a la Unidad de Estudios Económicos del Ministerio de Economía, Industria y Comercio, la certificación correspondiente que indique el cumplimiento de dichas características.

7.4 La inspección y verificación de los productos, debe ejecutarse de conformidad con el Reglamento de Procedimiento para la Verificación y Control de Calidad de Cementos Hidráulicos, establecido en el respectivo decreto ejecutivo.

7.5 Todo importador de cementos hidráulicos y componentes regulados en este decreto, deberá adjuntar al embarque un certificado de análisis oficial, extendido por la autoridad competente del país de origen, el cual haga constar en idioma español, el resultado de los análisis químicos y físicos descritos en el presente decreto ejecutivo.

8. EMPAQUE

8.1 El empaque del cemento debe cumplir con las siguientes disposiciones:

8.1.1 El cemento debe estar seco y ser empaquetado en bolsas o sacos en presentaciones que no excedan los 50 kg, por razones ergonómicas y de salud ocupacional. Los empaques deben estar hechos de papel Kraft u otro material adecuado, que tengan las indicaciones señaladas en el presente reglamento técnico.

9. ETIQUETADO

9.1 El etiquetado en el empaque del cemento debe cumplir con las siguientes disposiciones:

9.1.1 El empaque debe indicar:

A. El nombre "CEMENTO".

B. El tipo de cemento y la modificación en alguno de sus componentes si hubiere. (Tipo I-RTCR, MPRTCR, UG-RTCR, MS-RTCR, TIPO I-RTCR/AR, MP-RTCR/AR)

C. La resistencia 28 días en Mpa. De ser un cemento de alta resistencia inicial "AR" se indica la resistencia a un día.

D. La aplicación recomendada.

9.1.2 Se debe especificar la lista de componentes por orden decreciente. La cual debe ir encabezada o precedida por un título que incluya o consista de la palabra "Componente".

9.1.3 La etiqueta debe portar una indicación del contenido neto del producto y deberá declararse en unidades del S.I. (Sistema Internacional de Unidades).

9.1.4 Deberá indicarse el nombre y la dirección del fabricante. Cuando el producto es importado se deberá incluir adicional a los datos del fabricante, el nombre y la dirección del importador y el número de registro que se le asigne en el Registro de Importadores y Productores.

9.1.5 Deberá indicarse el país de origen. Cuando el producto se someta en un segundo país a una elaboración que cambie su naturaleza, el país en el que se efectúe la elaboración deberá considerarse como país de origen para los fines del etiquetado.

9.1.6 El cemento deberá ser comercializado dentro de los 45 días después de la fecha de empaque; por ello deberá llevar grabada o marcada de cualquier modo, pero de forma indeleble, la fecha de empaque y envasado.

9.1.7 Los datos que deben aparecer en la etiqueta, en virtud de este reglamento técnico, deberán indicarse con caracteres claros, ostensiblemente visibles, indelebles y fáciles de leer por el consumidor en circunstancias normales de compra y uso. El nombre y contenido neto del producto deberán aparecer en un lugar prominente y en el mismo campo o espacio de visión.

9.1.8 La etiqueta deberá redactarse en idioma español. Cuando el idioma en que esté redactada no sea el español, deberá emplearse una etiqueta complementaria, que contenga la información obligatoria en éste idioma. 9.1.9 Las declaraciones de propiedades deben ser verificables y no suscitar dudas sobre la inocuidad de productos similares o causar el miedo del consumidor. Las declaraciones de propiedades sin significado, los comparativos y superlativos, inducen a error, por lo que no deben utilizarse.

9.1.10 Cuando se trate de producto importado, debe indicar el número de registro que se le asigne, de acuerdo al decreto ejecutivo correspondiente. El número de registro se deberá indicar en el plazo establecido en el artículo 6°, Transitorio II de este reglamento.

9.2 Etiquetado de la presentación a granel.

9.2.1 Las indicaciones arriba mencionadas deberán especificarse en un documento de referencia que se le entregue al cliente junto con la factura.

9.2.2 El granel no tiene empaque, por lo que la fecha de comercialización no debe exceder la fecha de producción, que se deberá hacer constar en una declaración jurada de producción emitida por el productor o importador y deberá contener lo establecido en el numeral 8 de este reglamento. Esta declaración jurada aplica tanto para la producción nacional como para la importación del producto.

10. BIBLIOGRAFÍA

- 10.1 Brasil. ABNT. EB 758 Cimiento Portland pozolánico. Brasil, 1974.
- 10.2 Costa Rica. Ministerio de Economía, Industria y Comercio. Norma oficial para cemento Portland Tipo I. San José, Costa Rica: Imprenta Nacional, 1979.
- 10.3 España. Instituto Español de Normalización. UNE 80-301-02 CEMENTOS. Definiciones, clasificación y especificaciones. Madrid, 2002.
- 10.4 España. Instituto Español de Normalización. UNE 80-305- 01 CEMENTO BLANCO. Definiciones, clasificación y especificaciones. Madrid, 2001.
- 10.5 Francia. L' ASSOCIATION FRANCAISE DE NORMALISATION (AFNOR). NF P 15-301, Liants hydrauliques. Definitions, classification et specifications des ciments. Paris, 1978.
- 10.6 Reino Unido. British Standards Institution. BS 12:1978 Ordinary and rapid-hardening Portland cement. Londres, 1978.
- 10.7 U.S.A. American Society for Testing and Materials. Annual Book of ASTM Standards. Section 4.Cement; lime; gypsum. Easton MD, 2002.

11. TABLAS

- 11.1 Las condiciones de cumplimiento obligatorio fijadas por este Reglamento para los análisis físicos de los cementos aquí descritos son las indicadas en la Tabla N° 1.
- 11.2 Las condiciones de cumplimiento obligatorio fijadas por esta Norma para los análisis químicos de los cementos aquí descritos son las indicadas en la Tabla N° 2.
- 11.3 La Tabla N° 3 indica los valores máximos de metales pesados que puede contener el cemento para ser comercializado y empleado en el país.
- 11.4 Las condiciones de cumplimiento obligatorio fijadas por este Reglamento para los análisis físicos y químicos de los componentes minerales empleados en la fabricación de los cementos aquí descritos son las indicadas en la Tabla N° 4.
- 11.5 La tabla N° 5 viene una indicación de los usos recomendados por cada tipo de cemento.

Tabla 1. Requerimientos Físicos

Tipo de Cemento	Prueba ASTM Aplicable	MP-RTCR	UG – RTCR	MS – RTCR	TIPO I-RTCR	TIPO I-RTCR /AR	MP – RTCR /AR
Superficie específica, m ² /kg (min)	C204	(1)	(1)	(1)	280	---	(1)
Finura pasante en malla 0.045 m/m (≅325) min. %	C430	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
Cambio de longitud – Autoclave, max %	C151	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Tiempo de fragua, Prueba Vicat ⁽²⁾	C191						
Inicial no menor del min.		45	45	45	45	45	45
Inicial no más de min.		420	420	420	375	375	420
Contenido de aire en el volumen del mortero maz % ⁽³⁾	C185	12	12	12	12	12	12
Resistencia a la compresión, min., Mpa	C109						
1 día		---	---	---	---	12	10
3 días		13	10	10	12	24	17
7 días		20	17	17	19	---	---
28 días		25	28 ⁽⁴⁾	28 ⁽⁴⁾	28 ⁽⁴⁾		
Calor de hidratación ⁽⁵⁾	C186						
7 días, max, kl/kg		290	250	250	---	---	---
28 días, max, kl/kg		330	290	290	---	---	---
Expansión del mortero ⁽⁶⁾	C227						
14 días, max %		0.02	0.02	0.02	---	---	0.02
56 días, max %		0.06	0.06	0.06	---	---	---
Resistencia a los sulfatos	C1012						
Expansión 180 días Max % ⁽⁷⁾		---	0.10	.010	---	---	---
Componentes principales de los Cementos % en masa							
Clinker + yeso		50-90	50-95	20-34	95-100	95-100	50-90
Caliza		---	6-35	---	---	---	---
Minerales puzolánicos ⁽⁸⁾		6-50	6-35	---	---	---	6-50
Escoria granulada de alto horno		---	6-35	66-80	---	---	---
Humo de sílice		---	0-10	---	---	---	---
Otros ⁽⁹⁾		0-5	0-5	0-5	0-5	0-5	0-5

NOTAS:

(1) En todos los certificados de análisis de los resultados de pruebas requeridos al fabricante, deben ser reportados los valores de los porcentajes retenidos en la malla de 0,045 mm y en m²/kg de superficie específica obtenido por permeabilímetro (análisis de Blaine).

(2) Tiempo de fragua, se refiere a la fragua inicial según el método ASTM C191. En los cementos que contengan aceleradores o retardadores de fragua, los resultados obtenidos deberán ser indicados aún cuando no coincidan con los expuestos en la tabla.

(3) El cumplimiento de este requisito es opcional y no asegura necesariamente que se obtenga el contenido de aire deseado en el concreto.

(4) Esta prueba es opcional, y será aplicada bajo requisito del cliente.

(5) Esta prueba se aplica solo cuando se trate de un cemento modificado MH o BH. En estos casos, los requerimientos para la resistencia serán un 80 % de los indicados en la tabla.

(6) Esta prueba es opcional, y será aplicada bajo requisito del cliente bajo la condición de que el cemento se emplee con agregados reactivos a los álcalis.

(7) Esta prueba es opcional, y será aplicada bajo requisito del cliente.

(8) Los materiales puzolánicos incluyen: puzolanas naturales, artificiales, y cenizas volantes.

(9) Los componentes minoritarios deben ser uno o más de los componentes principales representados en la tabla.

Tabla 2. Requerimientos químicos

Tipo de Cemento	MS-RTCR	MP-RTC R	UG – RTC R	TIPO I-RTCR	TIPO I/AR-RTCR	MP/AR-RTCR
Oxido de magnesio (MgO) max%	-	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
Azufre (SO ₃), max%	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Residuo insoluble, max%	-	-	-	5.0	5.0	-
Pérdida de ignición, max%	-	-	-	5.0	5.0	-

Tabla 3. Requerimientos químicos para cementos hidráulicos

Prueba requerida	Valor máximo Mg/kg
Contenido de Ag	20.0
Contenido de As	30.0
Contenido de B	3.0
Contenido de Ba	400
Contenido de Be	3.0
Contenido de Cd	3.0
Contenido de Co	---
Contenido de Cr	50.0
Contenido de Cu	---
Contenido de Hg	0.01
Contenido de Mo	---
Contenido de Ni	70
Contenido de Pb	20.0
Contenido de Sb	5.0
Contenido de Se	3.0
Contenido de Sn	---
Contenido de Tl	7.0
Contenido de V	---
Contenido de Zn	---

Tabla 4. Requisitos de los componentes minerales

Componente mineral	Índice de actividad con cemento tipo I-28 a 28 días %(mínimo) ⁽¹⁾	Carbonatos totales (% mínimo) ⁽²⁾
Escoria granulada de alto horno	75	---
Materiales puzolánicos	75	---
Humo de sílice	100	---
Caliza	---	75

Notas:

- ⁽¹⁾ La actividad hidráulica se verifica de acuerdo a la prueba descrita en la normas ASTM C311
- ⁽²⁾ El contenido de carbonatos totales se verifica de acuerdo a la prueba descrita en la norma ASTM c25

Tabla 5. Principales aplicaciones recomendadas

Tipo de cemento	Aplicaciones en concretos y morteros
I	Concretos de usos generales.
I-AR	Concretos de alta resistencia inicial
MP-AR	Concretos de alta resistencia inicial con moderada resistencia a los sulfatos y moderado calor de hidratación
MP	Concretos y morteros de uso general que no demanden alta resistencia inicial y con resistencia a los sulfatos, agua de mar, y de bajo calor de hidratación.
GU, MS	Concretos y morteros de uso general que no demanden alta resistencia inicial, concretos de uso masivo, con requerimientos de alta resistencia a los sulfatos, o al agua de mar y de bajo calor de hidratación.
Albañilería	No se recomienda para fabricación de concretos de uso estructural. Se recomienda sólo para fabricación de morteros.

Artículo 2º—Este decreto deroga el Decreto Ejecutivo N° 19872-MEIC de 27 de agosto de 1990, publicado en *La Gaceta* N° 167 de 5 de setiembre de 1990.

Artículo 3º—Quien incumpla el presente reglamento será sancionado, según su gravedad de conformidad con lo dispuesto en la Ley de la Promoción de la Competencia y Defensa Efectiva del Consumidor, N° 7472 de 20 de diciembre de 1994; y en el Código Penal vigente. Se faculta al Ministerio de Economía, Industria y Comercio, así como a las otras instituciones del Estado, a través de sus instancias técnicas competentes, para que ejecuten las acciones necesarias que garanticen el cumplimiento de lo dispuesto en este reglamento.

Artículo 4º—Las instancias técnicas competentes del Ministerio de Economía, Industria y Comercio, o aquellas que cuenten con la investidura oficial respectiva para ello, con fundamento en los artículos 3, 6, 36, 38 de la Ley de la Promoción de la Competencia y Defensa Efectiva del Consumidor N° 7472, procederán a ejecutar las medidas técnicas correspondientes, según se trate de un incumplimiento que origine consecuencias en la salud humana, en la salud animal, en la sanidad vegetal, en el medio ambiente, en la seguridad nacional, o bien, incumplimiento de los estándares de calidad y etiquetado, regulados en el presente reglamento. Medidas que pueden consistir, según sea el caso, en: retención, reacondicionamiento, decomiso, secuestro, destrucción, reexportación, redestino, notificación a la autoridad oficial respectiva del país de origen, notificación al importador o al exportador, suspensión o revocación de los permisos, licencias o autorizaciones ya otorgadas y denuncia.

Artículo 5º—Rige a partir de su publicación.

Artículo 6º—Transitorios:

Transitorio I.—El Ministerio de Economía, Industria y Comercio, tendrá un plazo de seis meses a partir de la entrada en vigencia de este reglamento, para la redacción y publicación del Procedimiento para la Verificación y Control de la Calidad de Cementos Hidráulicos.

Transitorio II.—Se concederá un plazo de seis meses, a partir de la vigencia de este Reglamento, para que el etiquetado de los productos se ajuste a las disposiciones contenidas en el artículo 1º, aparte 9 de este Reglamento.

Dado en la Presidencia de la República.—San José, el día primero del mes de octubre del dos mil cuatro.

Publíquese.—ABEL PACHECO DE LA ESPRIELLA.—El Ministro de Economía, Industria y Comercio, Gilberto Barrantes Rodríguez.—1 vez.—(Solicitud N° 35269).—C-220285.—(D32253-18303).



Cemento UG-RTCR 383:2004

Cemento para Uso General

Vigencia de ficha técnica: abril, 2014

Cemento Construcción General Tipo RTCR 383:2004 / 28 MPa

Normas:
RTCR 383:2004 (Reglamento Técnico de Costa Rica)

Producido en:
Holcim Costa Rica, Aguacaliente de Cartago

Presentación:
Bolsas 25 kg, bolsas 50 kg, granel



Producto Certificado por INTECO para el Uso de la Marca de Conformidad de Producto INTECO, con las normas de producto ASTM C1157:2008, así como el Reglamento Nacional de Costa Rica RTCR 383.2004.

Planta de Cemento Cartago con un sistema de gestión certificado según normas ISO 9001:2008 Gestión de Calidad e ISO 14001:2004 Gestión Ambiental.

Definición

El Cemento Holcim Tipo UG-28 cumple con la norma nacional vigente Reglamento Técnico de Costa Rica (La Gaceta # 49 del 10 de marzo del 2005) como cemento tipo UG-RTCR 383:2004 (denominado en adelante como UG-28). Asimismo puede llegar a cumplir con la norma ASTM C 1157-03 para el cemento Tipo GU.

El Cemento Holcim Tipo UG-28 es obtenido por la molienda conjunta y uniforme de Clinker tipo Portland, y minerales naturales (Caliza de alta ley y Puzolana), en proporciones que van del 20% al 40% en peso del cemento.

El Cemento Holcim Tipo UG-28 es el recomendado para preparar concretos y morteros de uso general, que no requieran alta resistencia inicial. Su contenido controlado de C3A no mayor al 8% provee un moderado calor de hidratación lo cual favorece la disminución de agrietamiento superficial por contracción plástica, cuando se controlan adecuadamente los parámetros de curado.

La inclusión de Puzolana Holcim en el Cemento Holcim Tipo UG-28, genera concretos más densos y de mayor durabilidad, cuyas características los hacen moderadamente resistentes a la acción de los sulfatos.

La inclusión de Caliza Holcim de alta ley, le confiere mejores atributos en cuanto a plasticidad en estado fresco de las mezclas y reduce el requerimiento de agua para alcanzar los parámetros requeridos de trabajabilidad.

La Puzolana Holcim utilizada en el Cemento Holcim Tipo UG-28 es natural; clasificación N según norma ASTM C 618. La Puzolana Holcim, es de origen volcánico, con un alto contenido de sílice ($\text{SiO}_2 > 80\%$) ideal para producir la reacción puzolánica donde el sílice reacciona con la cal Ca(OH)_2 producto de la hidratación del cemento, generando más silicatos responsables del desarrollo sostenido de resistencias.

La Puzolana Holcim es importante por varias razones:

- Su reacción química consume la cal sobrante del proceso de hidratación. Esta cal es vulnerable a disolverse y reaccionar en presencia de agua y ácidos, de tal forma que reduciendo este residuo de cal se obtiene un efecto positivo en la resistencia y durabilidad del concreto.
- Los silicatos de calcio resultantes de la reacción puzolánica actúan como relleno de los poros capilares, generando concretos poco permeables, lo que acentúa su durabilidad y resistencia ante el ataque de sustancias nocivas para el concreto.

Especificaciones técnicas

Tabla 1: Análisis químicos del cemento

	Cemento Holcim Tipo UG-28	RTCR 383:2004 UG	Referencia ASTM C1157 GU
% Óxido de magnesio (MgO)	3.0	6.0	6.0
% Trióxido de azufre (SO ₃)	3.0	4.0	4.0



Tabla 2: Componentes principales del cemento % en masa

	Cemento Holcim Tipo UG-28	RTCR 383:2004 UG
Clínker y yeso	55 - 80	50 - 90
Adiciones minerales	20 - 40	6 - 35*
Otros	0 - 5	0 - 5

*Máximo para cada componente en forma individual.

Tabla 3: Análisis físicos del cemento

	Cemento Holcim Tipo UG-28	RTCR 383:2004 UG	Referencia ASTM C1157 GU
Contenido de aire, ASTM C 185 (máx. %)	10.0	12.0	12.0
Finura (superficie específica) ASTM C204 (min. cm ² /g)	3500	-	-
Finura retenido en malla 0.045 mm (No. 325), ASTM C 430 (máx. %)	5.0	-	-
Resistencia a la compresión ASTM C 109 (mín. MPa)	3 días	13.0	10
	7 días	17.0	17
	28 días	28.0	28
Fragua Vicat ASTM C 191	Inicial (máximo minutos)	100	45
	Final (máximo minutos)	260	420
Cambio al autoclave, ASTM C 151	Expansión (máx. %)	0.20	0.80
	Contracción (máx. %)	0.20	-

Fuente: Reporte de Laboratorio de Holcim.

Tabla 4: Requisitos de los componentes minerales

	Puzolana Holcim	Requisitos según ASTM C 618
Contenido de minerales reactivos (SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃) mínimo %	80.0	70.0
% Trióxido de azufre (SO ₃) máximo %	2.0	4.0
Contenido de humedad (máximo %)	2.0	3.0
Pérdida a la ignición (máximo %)	10.0	10.0
Índice de actividad a 7 o 28 días (mínimo %)	75	75



Preparación del cemento

El Cemento Holcim Tipo UG-28 es un cemento con adición de minerales, que desarrolla altas resistencias finales y mejores desempeños de trabajabilidad, apto para construcciones en general.

El Cemento Holcim Tipo UG-28, se debe dosificar como todos los cementos, de acuerdo con un diseño de mezcla del concreto en el cual se considere la calidad de los agregados, generando concretos con mayor desarrollo de resistencias a largo plazo. El rendimiento en el concreto será acorde al diseño de mezcla del mismo.

El Cemento Holcim Tipo UG-28 es un cemento para uso generalizado en la construcción, de tal manera que puede ser utilizado para la confección de concretos de uso estructural o para sellos, concretos y morteros con menores requisitos de resistencia.

La incorporación de Puzolana Holcim genera resistencias moderadas al ataque de sulfatos.

Recomendaciones

- Mantener un curado uniforme y sostenido
- Realizar el diseño de mezcla del concreto o del mortero que corresponda.
- Mantener buenas técnicas de aplicación y procesos constructivos adecuados.
- Mantener condiciones de almacenamiento adecuadas para el cemento, según lo indicado en los documentos de la PCA, ACI International Cap. 2 y ACI 304 sección 2.3.

Usos recomendados

Este cemento se considera apto para:

- Concretos de tipo estructural: vigas, columnas, cimientos
- Sellos, losas, aceras
- Reparaciones y remodelaciones
- Repellos de paredes
- Concretos de relleno de celdas
- Producción de elementos de mampostería
- Concretos premezclados
- Morteros y concretos secos pre-ensacados
- Lechadas de inyección
- Estructuras en presencia del ataque de sulfatos



Fecha de vigencia de ficha técnica:
Abril del 2014

Hoja técnica UG/AR-RTCR 383:2004

Cemento de Alta Resistencia Inicial

Cemento Alta Resistencia Inicial Tipo UG RTCR 383:2004/AR		
Norma: RTCR (Reglamento Técnico de Costa Rica) 383:2004	Producido en: Holcim, Aguacaliente de Cartago	Presentación: Bolsas 25 kg Bolsas 50 kg Granel



Producto Certificado por INTECO para el Uso de la marca de Conformidad de Producto INTECO, con las normas de producto ASTM C1157:2008, así como el Reglamento Nacional de Costa Rica RTCR 383:2004.

Planta de cemento Cartago con un sistema de gestión certificado según normas:
ISO 9001:2008 Gestión de Calidad
ISO 14001:2004 Gestión Ambiental

DEFINICIÓN:

El Cemento Holcim Tipo UG-AR cumple con la norma nacional vigente Reglamento Técnico de Costa Rica (La Gaceta # 49 del 10 de marzo del 2005) como cemento tipo UG-RTCR 383:2004/AR (denominado en adelante como UG-AR). Asimismo puede llegar a cumplir con la norma ASTM C 1157 para el cemento Tipo HE (cumpliendo resistencias a las 24 horas).

El Cemento Holcim Tipo UG-AR es obtenido por la molienda conjunta y uniforme de Clinker tipo Portland y Minerales Naturales (Caliza de alta ley) este último en proporciones que van del 6% al 12% en peso del cemento.

El Cemento Holcim Tipo UG-AR es el recomendado para preparar concretos y morteros de uso general, que demanden altas resistencias iniciales. Su contenido controlado de C₃A no mayor al 8% provee un moderado calor de hidratación lo

cual favorece la disminución de agrietamiento superficial por contracción plástica, cuando se controlan adecuadamente los parámetros de curado.

DOSIFICACIONES SUGERIDAS:

El Cemento Holcim Tipo UG-AR es de uso generalizado en la construcción, de tal manera que puede ser utilizado para la confección de concretos de uso estructural, concreto premezclado, vigas, o columnas.

El Cemento Holcim Tipo UG-AR, se debe dosificar como todos los cementos, de acuerdo con un diseño de mezcla en el cual se considere la calidad de los agregados, generando concretos con mayor desarrollo de resistencias a largo plazo.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:

Tabla 1. Análisis químicos del cemento:

	Cemento Holcim Tipo UG-AR	RTCR 383:2004 UG	Referencia ASTM C1157 HE
Oxido de magnesio (MgO) máximo %	4.0	6.0	-
Trióxido de Azufre (SO ₃) máximo %	4.0	4.0	-

Tabla 2. Análisis físicos del cemento:

	Cemento Holcim Tipo UG-AR	RTCR 383:2004 UG	Referencia ASTM C1157 HE
Contenido de aire, ASTM C 185 (max. %)	10.00	12	-
Finura (superficie específica) ASTM C204 (min. cm ² /g)	3200	-	-
Finura retenido en malla 0.045 mm (No. 325), ASTM C 430 (max. %)	3	-	-
Resistencia a la compresión, ASTM C109 (min. MPa)	1 día	14.0	12.0
	3 días	24.0	24.0
	28 días	38.0	-
Fragua Vicat ASTM C191	inicial (min. minutos)	100	45
	final (máx. minutos)	260	420
Cambio al autoclave, ASTM C 151	Expansión (máx. %)	0.20	0.80
	Contracción (máx. %)	0.20	0.80

Fuente: Reporte del laboratorio de Holcim.



Tabla 3. Componentes principales del cemento % en masa

Componentes (% masa)	Cemento Holcim Tipo UG-AR	RTCR 383:2004 UG
Clinker y yeso	83 – 94	50 – 95
Adiciones minerales	6 – 12	6 - 35
Otros	0 – 5	0 – 5

PREPARACIÓN DEL CONCRETO:

El Cemento Holcim Tipo UG-AR es un cemento que desarrolla altas resistencias iniciales. Su empleo se recomienda en todos los proyectos en donde se requiere eliminar rápidamente las formaletas o en donde los elementos necesitan de muy alta resistencia inicial y final.

El Cemento Holcim Tipo UG-AR, se debe dosificar como todos los cementos, de acuerdo con un diseño de mezcla del concreto en el cual se considere la calidad de los agregados, generando concretos con mayor desarrollo de resistencias a corto y largo plazo. El rendimiento en el concreto será acorde al diseño de mezcla del mismo.

El Cemento Holcim Tipo UG-AR es un cemento para uso en concretos especiales y que requieran de altas resistencias iniciales.

USOS RECOMENDADOS:

Este cemento se considera apto para:

- Concretos de tipo estructural.
- Morteros pre-ensacados.
- Concretos utilizados en procesos industriales, como la elaboración de elementos prefabricados.
- Estructuras prefabricadas y pretensadas.
- Concretos premezclados.
- Producción de bloques y elementos prefabricados.
- Lechadas de inyección.

RECOMENDACIONES:

- El cemento es una materia prima para la elaboración de concreto y mortero, por lo que la calidad del mismo dependerá de la calidad y cantidad de los agregados, agua y aditivos.
- Mantener un curado uniforme y sostenido.
- Realizar el diseño de mezcla correspondiente.
- Mantener buenas técnicas de aplicación o procesos constructivos adecuados.
- Mantener condiciones de almacenamiento adecuadas para el cemento, según lo indicado en los documentos de la PCA, ACI internacional cap.2, y ACI 304 sección 2.3





¿Tiene preguntas? ¡Nosotros respuestas!

Llámenos: (506) 2205-2900

Nuestro Centro de Servicio al Cliente ahora le ofrece e-chat y Formulario de Servicio al Cliente. Ingrese a ellos a través de nuestros sitios en internet.

www.holcim.cr

El mejor cemento para un país en construcción.





Fecha de vigencia de ficha técnica:
Abril del 2014

Hoja técnica MP RTCR 383:2004

Cemento para construcción general de mayor durabilidad

Cemento tipo MP RTCR 383:2004 Construcción General Mayor durabilidad

Norma: RTCR
(Reglamento Técnico de
Costa Rica)
383:2004

Producido en:
Holcim, Aguacaliente de
Cartago

Presentación:
Bolsas 25 kg
Bolsas 50 kg
Granel



Producto Certificado por INTECO para el Uso de la marca de Conformidad de Producto INTECO, con las normas de producto ASTM C595:2008, así como el Reglamento Nacional de Costa Rica RTCR 383:2004.

Laboratorio acreditado por ECA según norma ISO 17025:2005 Competencia de Laboratorios
Planta de cemento de Cartago con un Sistema de Gestión certificado según normas:
ISO 9001:2008 Gestión de Calidad
ISO 14001:2004 Gestión Ambiental

Construcción especial alta durabilidad

Cemento para construcción General Mayor resistencia y durabilidad

Definición

El Cemento Holcim Tipo MP cumple con el Reglamento Técnico de Costa Rica (La Gaceta # 49 del 10 de marzo del 2005) vigente a la fecha, como cemento tipo MP-RTCR 383:2004 (denominado en adelante como MP).

El Cemento Holcim Tipo MP es obtenido por la molienda conjunta y uniforme de Clinker tipo Portland y Puzolana, esta última en proporciones que van del 20% al 30% en peso del cemento.

El Cemento Holcim Tipo MP es el recomendado para preparar concretos y morteros de uso general, que no demanden alta resistencia inicial.

Su contenido controlado de C_3A menor al 8% favorece la resistencia a los sulfatos y provee un moderado calor de hidratación lo cual favorece la disminución de agrietamiento superficial por contracción plástica, cuando se controlan adecuadamente los parámetros de curado.

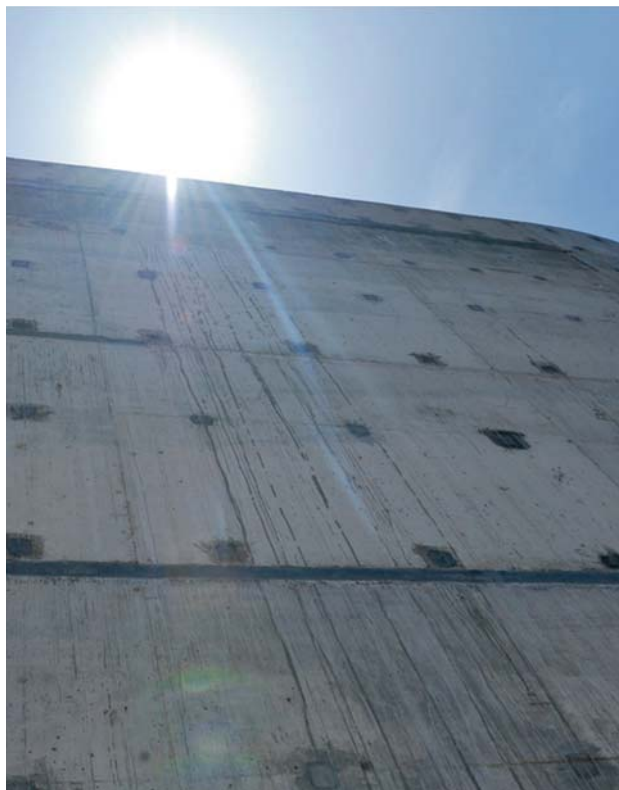
La inclusión de la Puzolana Holcim en el Cemento Holcim Tipo MP, genera concretos más densos y de mayor durabilidad, cuyas características los hacen resistentes a la acción de medios agresivos, presencia de sulfatos, cloruros y agua de mar.

El Cemento Holcim Tipo MP, por sus características de durabilidad es un sustituto adecuado al Cemento Pórtland tipo V (ASTM C150) de alta resistencia a los sulfatos. Cemento Pórtland modificado IP(HS) (ASTM C595) y al Cemento hidráulico HS (ASTM C1157).

La Puzolana Holcim utilizada en el Cemento Holcim Tipo MP es natural; clasificación N según norma ASTM C 618. La Puzolana Holcim, es de origen volcánico, con un alto contenido de sílice (ver tabla 4) ideal para producir la reacción puzolánica donde el sílice reacciona con la cal: $Ca(OH)_2$ producto de la hidratación del cemento; generando más silicatos responsables del desarrollo sostenido de resistencias.

La Puzolana Holcim es importante por varias razones:

- **Su reacción química consume la cal sobrante del proceso de hidratación. Esta cal es vulnerable a disolverse y reaccionar en presencia de agua y ácidos, de tal forma que reduciendo este residuo de cal se obtiene un efecto positivo en la resistencia y durabilidad del concreto.**
- **Los silicatos de calcio resultantes de la reacción puzolánica actúan como relleno de los poros capilares, generando concretos poco permeables, lo que acentúa su durabilidad y resistencia ante el ataque de sustancias nocivas para el concreto.**



La entrega del cemento se realiza en sacos de 25kg y 50kg. Los primeros cumpliendo con parámetros ergonómicos internacionales. Asimismo la entrega del cemento se puede realizar en camiones graneleros de diferente volumen.

Para el almacenaje del cemento, se recomienda seguir los lineamientos dados por Holcim (Costa Rica) en la documentación correspondiente. No hay que olvidar que el cemento es un material que reacciona fácilmente con agua y para su conservación debe mantenerse seco en todo momento

Especificaciones técnicas

Tabla 1a: Requerimientos físicos del cemento Holcim tipo MP

Fuente: Reporte del laboratorio de Holcim.

*Valor de referencia;

**Valor estimado.

Dato a 3 meses 0,00%. *** Análisis

solo para cementos

Portland sin adiciones.

Para cementos puzolánicos se emplea la ASTM C1012 indicada previamente.

		Cemento Holcim tipo MP	RTCR 383:2004 MP	ASTM C150 TIPO V	ASTM C595 IP(HS)	ASTM C1157 HS
Superficie específica, ASTM C204	(min. m ² /kg)	350	-	260	-	-
	(min. cm ² /g)	3500*	-	-	-	-
Finura en malla 0.045 mm (No. 325), ASTM C 430	Pasante (min, %)	95	-	-	-	-
	Retenido (máx. %)	5*	-	-	-	-
Cambio en longitud – autoclave, ASTM C 151	Expansión (máx. %)	0,20	0,80	0,80	0,80	0,80
	Contracción (máx. %)			-	0,20	
Fragua Vicat ASTM C191	inicial (min, minutos)	45	45	45	45	45
	final (máx, minutos)	375	420	375	420	420
Contenido de aire en el volumen del mortero ASTM C185, (máx. %)		12	12	12	12	12
Resistencia a la compresión, ASTM C109 (min. MPa)	1 día	7,0*	-	-	-	-
	3 días	13,0	13,0	8,0	11,0	11,0
	7 días	20,0	20,0	15,0	18,0	18,0
	28 días	25,0	25,0	21,0	25,0	25,0
Calor de hidratación, ASTM C 186 (máx. kJ/kg)	7 días	290	290	-	290	-
	28 días	330	330	-	330	-
Expansión del mortero, ASTM C 227, (máx. %)	14 días	0,02	0,02	-	0,020	0,020
	56 días	0,06	0,06	-	0,060	0,060
Expansión por Sulfatos ASTM C1012 (máx.%) **	6 meses	0,05	-	-	0,05	0,05
	1 año	0,10	-	-	0,10	0,10
Resistencia a los sulfatos, 14 días C452, (máx. % expansión)		-	-	0,040***	-	-

Fuente: Reporte del laboratorio de Holcim.

*Contenido de Clinker y yeso

Tabla 1b: Componentes principales del cemento Holcim tipo MP (% en masa)

Componentes (% masa) ⁰	1Cemento Holcim Tipo MP	RTCR 383:2004 MP
Clinker	59 – 76	50 – 90*
Yeso	4 – 6	
Minerales Puzolánicos	20 – 30	6 – 50
Otros	0 – 5	0 – 5

Tabla 2: Análisis químicos del cemento Holcim tipo MP

	Cemento Holcim Tipo MP	RTCR 383:2004 MP
Óxido de magnesio (MgO), máx.%	6,00	6,00
Trióxido de Azufre (SO ₃), máx.%	2,95*	4,00
Pérdida a la ignición, máx.%	5,00**	-
Aluminato Tricálcico (C ₃ A), máx. %	8,00***	-

Fuente: Reporte del laboratorio de Holcim.

* El valor del SO₃ indicado, cumple con la norma europea EN197 para los cementos resistentes a los sulfatos, la cual regula un máximo de un 3,50% para cementos adicionados con puzolanas naturales.

** El valor de pérdida a la ignición es un valor de referencia para asegurar que se cumpla el requisito de la adición de otros componentes minerales al cemento tipo MP de acuerdo al RTCR 383:2004.

*** El valor del C₃A es un valor de referencia para asegurar cumplimiento con norma europea EN197 para los cementos resistentes a los sulfatos, la cual regula un máximo de un 9,00% para cementos adicionados con puzolanas naturales.

Tabla 3: Requerimientos químicos para cementos hidráulicos

Fuente: Reporte del laboratorio de Holcim.

Prueba requerida (contenido de)	Cemento Holcim Tipo MP	RTCR 383:2004 MP
Ag	20,0	20,0
As	30,0	30,0
B	3,0	3,0
Ba	400	400
Be	3,0	3,0
Cd	3,0	3,0
Co	---	---
Cr	50,0	50,0
Cu	---	---
Hg	0,01	0,01
Mo	---	---
Ni	70	70
Pb	20,0	20,0
Sb	5,0	5,0
Se	3,0	3,0
Sn	---	---
Tl	7,0	7,0
V	---	---
Zn	---	---

Tabla 4: Requisitos de los componentes minerales (Puzolana)

Fuente: Reporte del laboratorio de Holcim.

Característica	Puzolana Holcim tipo N	Requisitos según ASTM C 618
Contenido de minerales reactivos (SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃) (mín.) %	70.0	70.0
Trióxido de azufre (SO ₃) (máx.) %	4.0	4.0
Contenido de humedad (máx.) %	3.0	3.0
Pérdida a la ignición (máx.) %	10.0	10.0
Finura, retenido en 45 um (malla N°325), % máx.	34	34
Índice de actividad con cemento tipo I a 7 o 28 días (mín.) %	75	75
Requerimiento de agua (% de control, máx.)	115	115
Expansión/Contracción al autoclave (máx. %)	0,8	0,8
Densidad (máx. Variación del porcentaje)	5	5
Retenido en 45 um (máx. Variación puntos porcentuales del promedio)	5	5

Preparación del concreto y mortero

El Cemento Holcim Tipo MP es un cemento con adición de puzolana, que desarrolla buenas resistencias a 28 días y a edades posteriores.

El Cemento Holcim Tipo MP, se debe dosificar como todos los cementos, de acuerdo con un diseño de mezcla del concreto y mortero en el cual se considere la calidad de los agregados, generando concreto y morteros con mayor desarrollo de resistencias a largo plazo. El rendimiento en el concreto y mortero será acorde al diseño de mezcla del mismo.

El Cemento Holcim Tipo MP es un cemento para uso generalizado en la construcción, de tal manera que puede ser utilizado para la confección de concreto y morteros. La incorporación de Puzolana Holcim genera resistencias a la agresión química, aguas y suelos ácidos y condiciones marinas (presencia de aguas saladas y con sulfatos).

Además, reduce el calor de hidratación, sin que se vean afectadas las resistencias iniciales.



Aplicaciones

Tabla 5: Principales aplicaciones recomendadas

Tipo de cemento	Aplicaciones en concretos y mortero según RTCR 383:2004
MP	Concretos y morteros de uso general que no demanden alta resistencia inicial y con resistencia a los sulfatos, agua de mar, y de bajo calor de hidratación.

Recomendaciones

- Mantener un curado uniforme y sostenido.
- Realizar el diseño de mezcla del concreto o del mortero que corresponda.
- Mantener buenas técnicas de aplicación y procesos constructivos adecuados.
- Mantener condiciones de almacenamiento adecuadas para el cemento, según lo indicado en los documentos de la PCA, ACI International cap.2, y ACI 304 sección 2.3

Correspondencia con la normativa internacional

Holcim (Costa Rica) ofrece a sus clientes una amplia variedad de cementos hidráulicos preparados para diferentes aplicaciones en mezclas de concreto, de acuerdo a los requisitos de sus clientes.

Dichos cementos están diseñados para cumplir con los requisitos de la legislación de Costa Rica, el Reglamento Técnico Nacional RTCR 383:2004. En la tabla 6 se identifican dichos cementos, y su correspondencia tanto con el RTCR 383:2004 así como a otras normas internacionales: de los Estados Unidos de Norteamérica y de Europa.

Tabla 6: Matriz de referencia del cemento tipo MP-AR producido por Holcim (Costa Rica) y las principales normas de referencia.

Norma	Tipo	Cemento Holcim Tipo MP
ASTM C150	II**	X
	V**	X
ASTM C595	MS	
	MP *	X
ASTM C1157	GU	
	HE	
	MS **	X
	HS	X
	MH	X
EN197	LH	
	CEM II/B-P ***	X
	CEM II/B-M ***	X
RTCR 383	CEM IV/A ***	X
	MP	X
	UG	
	MS	
	TIPO I	
	TIPO I-AR	
	MP-AR	

(*) Cementos similares de acuerdo a composición química, física, adición mineral incluida en su formulación, y desempeño.

(**)Cementos similares de acuerdo a su desempeño, y pruebas físicas.

(***) Cementos similares de acuerdo a composición química y adición mineral incluida en su formulación (parámetros físicos y mecánicos de durabilidad no evaluados de según normativa europea).



¿Tiene preguntas? ¡Nosotros respuestas!

Llámenos: (506) 2205-2900

Nuestro Centro de Servicio al Cliente ahora le ofrece e-chat y Formulario de Servicio al Cliente. Ingrese a ellos a través de nuestros sitios en internet.

www.holcim.cr

El mejor cemento para un país en construcción.

