



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN  
NICOLÁS DE HIDALGO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**“DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU  
CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL  
ENSAYO DE FLUIDEZ”**

Tesis para obtener el  
**Título de Ingeniero Civil**

Presenta

**Ana Miriam Durán Ramos**

Director de tesis:

**Dr. Marco Antonio Navarrete Seras**

Codirector interno de tesis:

**M.I.T. Victor Hugo Blancas Herrera**

Codirector externo de tesis:

**Dr. Nora Ariadna Pérez Castellanos**

Morelia Mich. Octubre 2021

---



## Resumen

La fluidez es una medida de la consistencia del mortero fresco, esta se mide como porcentaje del diámetro del mortero dispersado respecto al original usando la mesa de fluidez. En esta investigación se muestran los resultados de las pruebas de fluidez de los morteros de uso estructural, así también como sus características físico-mecánicas. Estas mezclas de mortero fueron elaboradas con tres diferentes tipos de agregado pétreo provenientes de la zona de Michoacán, México, la arena de río Huajúmbaro banco “El Cuervo” (R), la arena del banco de material “El Coro” (CH) y la arena del banco de material “Joyitas” (J), para poder analizar de cada una su comportamiento y sus características para posteriormente ser comparado. Se realizaron los ensayos para conocer las características de los cementantes como: el tiempo de fraguado, densidad, consistencia normal en Cemento Portland. Se hicieron 48 mezclas con diferente proporción de arena variando desde 2.25 partes a 4 partes de esta, como se nos indica en las normas NMX-C-486-ONNCCE-2014 y la N-CMT-2-01-004/02. Se realizaron pruebas a las mezclas de mortero en estado fresco como lo es la Fluidez, que en este caso tenían que cumplir con el parámetro de  $110 \pm 5$  a 130 como lo indica la norma NMX-C-486-ONNCCE-2014, cuando estas cumplían se hacía el colado y curado de especímenes de 5 cm x 5 cm x 5 cm, para posteriormente hacer pruebas al mortero en estado endurecido como resistividad eléctrica y resistencia a la compresión simple a la edad de 28 días, correlacionando después los datos obtenidos. En el trabajo se incluyen los resultados obtenidos de las pruebas físico-mecánicas, los cuales nos permiten determinar cuál de los agregados presentó mejores características, en este caso fue el agregado del banco de materiales “El Coro”, dándonos mejores resultados en las mezclas con proporción de arena de 2.5. Además, se obtuvieron resultados de resistencia a compresión simple siendo más altos de los límites mínimos mencionados en la normativa vigente, mientras que su resistividad eléctrica tuvo mejores resultados a comparación de las dos arenas restantes.

Palabras clave: Mortero, fluidez, resistencia a la compresión, resistividad eléctrica, proporción, mezcla.



## Abstract

Flowability is a measure of the consistency of fresh mortar, measured as a percentage of the diameter of the dispersed mortar with respect to the original using the flow table. This research shows the results of the flowability tests of mortars for structural use, as well as their physical-mechanical characteristics. These mortar mixtures were elaborated with three different types of stone aggregate from the area of Michoacán, Mexico, the sand from the Huajúmbaro river bank "El Cuervo" (R), the sand from the quarries "El Coro" (CH), and the sand from the quarries "Joyitas" (J), in order to analyze the behavior and characteristics of each one and then compare them. Tests were carried out to determine the characteristics of the cementitious materials, such as: setting time, density, normal consistency in Portland cement. Forty-eight mixtures were made with different proportions of sand varying from 2.25 parts to 4 parts of sand, as indicated in the standards NMX-C-486-ONNCCE-2014 and N-CMT-2-01-004/02. Tests were performed to the mortar mixtures in fresh state as is the Fluidity, which in this case had to comply with the parameter of  $110 \pm 5$  to 130 as indicated in the standard NMX-C-486-ONNCCE-2014, when these complied the casting and curing of specimens of 5 cm x 5 cm x 5 cm was done, to subsequently test the mortar in hardened state as electrical resistivity and resistance to simple compression at the age of 28 days, then correlating the data obtained. The work includes the results obtained from the physical-mechanical tests, which allow us to determine which of the aggregates presented better characteristics, in this case it was the aggregate from the "El Coro" materials bank, giving us better results in the mixes with a sand proportion of 2.5. In addition, the simple compressive strength results were higher than the minimum limits mentioned in the current regulations, while its electrical resistivity had better results compared to the other two sands.

Keywords: Mortar, flowability, compressive strength, electrical resistivity, electrical resistivity, proportion, mixture.



## **Dedicatoria**

A mi familia, quienes me han acompañado a lo largo de este viaje; mi hermano Christian quien, a pesar de las peleas sigue estando ahí para apoyarme, mi padre Mario Durán que me dio la oportunidad de elegir mi propio camino; pero, sobre todo, a mi madre María Ramos Ramos quien, a pesar de todas las dificultades y problemas que han llegado, nunca se dio por vencida conmigo, quien siempre me dio su confianza, comprensión y apoyo; gracias por ser mi mejor compañera.

A mi enfermedad por enseñarme a ser una persona muy valiente, porque a pesar de ser de las peores, me enseñó a disfrutar de las pequeñas cosas, por ser mi más íntima compañera.

## **Agradecimientos**

Le doy gracias a mis padres por permitirme y darme la oportunidad de hacer una carrera universitaria, porque a pesar de las adversidades hicieron lo posible por que no me faltara nada, a mi hermano por hacerme reír cuando me siento muy cansada.

A la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y a la Facultad de Ingeniería Civil, por darme todas esas herramientas que yo necesitaba para mi formación como ingeniera. Al Laboratorio de Materiales “Ing. Luis Silva Ruelas”, departamento de Resistencia de Materiales, Corrosión, por abrirme las puertas de una forma muy cordial, así como brindarme esos espacios, instalaciones, equipo y material necesario para que pudiera llevar acabo esta investigación.

A mi asesor de tesis el Dr. Marco Antonio Navarrete Seras por el apoyo brindado para la realización de la investigación. Gracias Doctor por estar presente desde el momento en que se hizo la elección del nombre de mi tema y estar hasta el final. Y porque siempre estuvo en disposición de ayudarme cada vez que tenía duda.

A mi co-asesor de tesis el M.I.T Victor Hugo Blancas Herrera por ese apoyo que me brindó sin conocerme, por estar presente y resolverme esas pequeñas dudas, por contestarme hasta los días domingos que es su día de descanso, también por darme ese



## “DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”



voto de confianza y porque cada vez que estaba intranquila decirme que “No tuviera miedo”.

Al M.I.T Noel Díaz González por darme apoyo en el laboratorio cuando lo necesitaba, por siempre ayudarme a conseguir el material que me hacía falta en el momento, por poner esa confianza en mí desde que ingresé a la carrera.

A la M.I.T Sandra del Carmen Arguello Hernández, por enseñarme cada manera de hacer las pruebas, por tenerme paciencia, aunque no entendiera, por siempre animarme, aunque me sintiera mal. Es una gran persona y un gran ejemplo a seguir.

Al Dr. Wilfrido Martínez Molina, por estar desde que inicié a tener ideas sobre qué hacer de tema de tesis, por darme nuevos aprendizajes y por estar presente. A la Dra. Elia Mercedes Alonso Guzmán por estar en disposición de ayudarme. Al M.I.T Cipriano Bernabé Reyes por siempre brindarnos apoyo y resolverme dudas. Al M.I.T Jorge Alberto Pacheco Segovia por explicarme de una manera agradable los temas que no entendía, por estar al pendiente de cómo iba con mi tesis. A la M.I.T Cindy Lara por ayudarnos siempre, por estar en disponibilidad cuando nos hacía falta material y estar al pendiente.

También agradecer a mis compañeros de Tesis Saul Mondragón Martínez por ser mi compañero en esta parte nueva de nuestras vidas, por ayudarme con la realización de esta tesis, y estar siempre disponible para mis dudas, por volverme a explicar cuando no sabía, por animarme cada vez que me sentía triste y que pensaba que no lo iba a lograr, por esas risas que siempre me hacían sentir más tranquila. Por estar desde el principio y hasta el final, y por compartir cada desayuno de esos días de pruebas en el Laboratorio. Y Andrea Paulina Herrera por ayudarnos a pesar de la distancia y siempre tener esta atención hacia nosotros en cualquier cosa.

Agradecer a todo el personal técnico del laboratorio de materiales Ing. Uriel, Don Chuy, que siempre estuvieron en disposición de ayudarme, así como los del servicio social especialmente a Leslie, Eduardo, Juan Carlos, Paola, por ayudarme en cada momento para cuando hacía las pruebas. A mi compañero Giovanni que también ayudó



## “DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”



para realizar las pruebas, a Daniela, Tonatiuh, Lizeth, Marco y a los demás tesisistas. Al Ing. Goliath, dueño del banco de material “El Coro”, por su disposición para donarnos material del banco.

Al M.U.D Pedro Ángel López Monroy por siempre hablar conmigo, por estar conmigo y ayudarme a crecer desde que entré a la Facultad de Ingeniería Civil, por convertirse en un gran amigo para mí, muchas gracias por siempre estar al pendiente de como estoy. Al M.G.P.T Israel Bocanegra Torres, por escucharme siempre que tenía un momento de tristeza, y por apoyarme siempre que lo necesitaba.

A mis amigos/as de la carrera en especial a Miguel Ángel Cardona Orozco, Jonathan Martínez Chávez, Jessica Torres Rico, Diego Ramos, Cesar Marín por crecer conmigo, por salir de la carrera juntos, por enseñarme más cosas de la vida, y por estar siempre.

A mis mejores amigas Kenia Coss, Dioselin Bibián, Sayuri Milán por apoyarme de manera incondicional, por estar desde mis peores momentos, hasta los más felices, por nunca dejarme sola, las quiero muchísimo.

Así como también a mi pequeña familia del MJVC, por siempre tener una buena forma de animar, por quererme y aceptarme tal cual soy, y ayudarme mucho en mi formación espiritual, por ser quienes son, muchas gracias a todos: Ángel, Vale, Andy, Sarahí, Tory, Abraham, Pau, Paty, Francisco, Kler, Liz, Monse, Oscar, Joshua y todos los demás que me faltan, los quiero mucho.

A todos los demás amigos que se han quedado conmigo al paso de los años, por no irse, por estar, por animarme, y tener esa bonita forma de procurarme, Ileri, Lalo, Mitzi, Alondra, Adriana, Colin, Checo, Carmen, Ceci, Edgar, Abraham, Lluvia, Diana, Ernesto.

Y gracias a todas esas personas que de alguna u otra manera apoyaron para hacer posible esta investigación.

A todos: ¡Gracias por todo!



## **Objetivo general**

Analizar mezclas plásticas aglomerantes a partir del ensayo de fluidez y de las diferentes proporciones en volumen de agregado fino tomando en cuenta la normativa vigente.

## **Objetivos específicos**

- Analizar los diferentes tipos de mezclas plásticas bajo los límites de fluidez según la normativa vigente.
- Estudiar el comportamiento en estado fresco de las mezclas plásticas aglomerantes incorporando tres tipos de agregado fino, de diferente composición y características, siendo una variante importante la fluidez, ya que esta será manejando dependiendo de las cantidades de agregado y cementantes.
- Evaluar los resultados en estado endurecido de las mezclas plásticas aglomerantes, a partir de las pruebas estándar para mortero y cemento, tanto como la resistencia mecánica, así como una prueba empírica para revisar la adherencia de estas mismas.
- Definir el agregado pétreo que obtuvo un mejor comportamiento desde la fluidez, resistividad eléctrica húmeda y resistencia a la compresión.



## Contenido

Resumen .....	i
Abstract .....	ii
Dedicatoria .....	iii
Agradecimientos.....	iii
Objetivo general .....	vi
Objetivos específicos.....	vi
Índice de tablas.....	xi
Índice de ilustraciones .....	xii
1. Introducción .....	1
2. Marco teórico, referencial y conceptual.....	2
2.1. Antecedentes.....	2
2.2. Problemática .....	3
2.2.1. Reglamentos de Construcción de Michoacán.....	4
2.3. Mezclas plásticas aglomerantes .....	4
2.3.1. Agregados pétreos.....	4
2.3.1.1. Origen de los agregados pétreos .....	5
2.3.1.2. Clasificación de los agregados pétreos .....	5
2.3.2. Cemento .....	7
2.3.2.1. Clasificación y tipos de cemento .....	8
2.3.3. Mortero .....	9
2.3.3.1. Mortero estructural .....	10
2.3.3.2. Mortero No estructural .....	11





## “DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”



2.3.3.3.	Tipos de mortero .....	11
2.3.4.	Hidróxido de Calcio .....	12
2.3.5.	Cemento para la investigación .....	13
2.3.6.	Mortero para la investigación.....	13
2.3.7.	Cal para la investigación .....	14
2.4.	Propiedades de los agregados .....	15
2.4.1.	Propiedades físicas .....	15
2.4.2.	Propiedades mecánicas.....	16
2.4.3.	Propiedades químicas.....	16
2.4.4.	Trabajabilidad .....	17
2.4.5.	Adherencia .....	18
2.4.6.	Agregados utilizados para la investigación .....	18
2.4.6.1.	Agregado Banco “El Cuervo”.....	18
2.4.6.2.	Agregado Banco “El Coro” .....	19
2.4.6.3.	Agregado Banco “Joyitas”.....	20
2.4.7.	Agua.....	21
2.4.7.1.	Características del agua .....	21
2.4.7.2.	Agua en el uso de morteros .....	22
2.4.7.3.	Agua utilizada para la investigación .....	23
3.	Desarrollo experimental .....	26
3.1.	Caracterización de los agregados finos .....	26
3.1.1.	Muestreo .....	26
3.1.2.	Cuarteo.....	27



## “DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”



3.1.3.	Análisis granulométrico .....	31
3.1.4.	Humedad de absorción y Densidad en arenas.....	34
3.1.5.	Masa volumétrica seca suelta (MVSS).....	39
3.1.6.	Masa volumétrica seca varillada (MVSV).....	41
3.2.	Caracterización de cementantes .....	44
3.2.1.	Cemento .....	44
3.2.1.1.	Densidad.....	44
3.2.1.2.	Consistencia normal .....	47
3.2.1.3.	Tiempo de fraguado.....	50
3.2.2.	Mortero .....	52
3.2.2.1.	Masa volumétrica seca y suelta (MVSS) .....	52
3.2.3.	Cal.....	54
3.2.3.1.	Densidad.....	54
3.2.3.2.	Masa volumétrica seca y suelta (MVSS) .....	56
3.3.	Análisis de mezclas plásticas aglomerantes en estado fresco .....	58
3.3.1.	Fluidez .....	62
3.4.	Elaboración de especímenes .....	64
3.4.1.	Elaboración de cubos .....	65
3.5.	Curado de especímenes.....	66
3.6.	Evaluación de mortero endurecido.....	67
3.6.1.	Resistividad Eléctrica Húmeda (REH) .....	67
3.6.2.	Resistencia a la Compresión Simple .....	69
3.6.3.	Adherencia .....	71



## “DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”



4.	Resultados y discusiones .....	73
4.1.	Agregado pétreo .....	73
4.1.1.	Análisis granulométrico .....	73
4.1.2.	Humedad de Absorción y Densidad .....	76
4.1.3.	Masa volumétrica seca y suelta (MVSS).....	79
4.1.4.	Masa volumétrica seca varillada (MVSV).....	80
4.2.	Cementantes .....	81
4.2.1.	Cemento .....	81
4.2.1.1.	Densidad.....	81
4.2.1.2.	Consistencia normal .....	81
4.2.1.3.	Tiempo de fraguado.....	82
4.2.2.	Mortero .....	82
4.2.2.1.	Masa volumétrica seca y suelta (MVSS) .....	82
4.2.3.	Cal.....	83
4.2.3.1.	Densidad.....	83
4.2.3.2.	Masa volumétrica seca y suelta (MVSV).....	84
4.3.	Análisis de mezclas plásticas aglomerantes en estado endurecido .....	84
4.3.1.	Fluidez .....	84
4.3.2.	Resistividad Eléctrica Húmeda (REH) .....	90
4.3.3.	Resistencia .....	98
4.3.3.1.	Resistencia vs Resistividad.....	104
5.	Conclusiones .....	108
6.	Bibliografía .....	110



## Índice de tablas

<i>Tabla 1. Tipos de cemento. (Fuente: NMX-C-414-ONNCCE-2014)</i>	8
<i>Tabla 2. Tipos de morteros (Fuente: N-CMT-2-01-004/02).</i>	11
<i>Tabla 3. Resultados del análisis de una muestra de agua potable emitido por el Laboratorio de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería Civil. (Fuente: Lab. De Ingeniería Ambiental, UMSNH)</i>	23
<i>Tabla 4. Normativa para pruebas en cemento. (Fuente: Elaboración Propia.)</i>	44
<i>Tabla 5. Proporciones para mezclas de mortero Tipo I. (Fuente: N-CMT-2-01-004/02)</i>	59
<i>Tabla 6. Proporciones para mezclas de mortero Tipo II. (Fuente: N-CMT-2-01-004/02)</i>	60
<i>Tabla 7. Proporciones para mezclas de mortero Tipo III. (Fuente: N-CMT-2-01-004/02)</i>	61
<i>Tabla 8. Resultados del Análisis Granulométrico para el agregado del Banco "El Cuervo." (Fuente: Elaboración Propia.)</i>	73
<i>Tabla 9. Resultados del Análisis Granulométrico para el agregado del Banco "El Coro." (Fuente: Elaboración Propia.)</i>	74
<i>Tabla 10. Resultados del Análisis Granulométrico para el agregado del Banco "Joyitas." (Fuente: Elaboración Propia.)</i>	75
<i>Tabla 11. Resultados de la prueba "Humedad de Absorción" en agregados pétreos. (Fuente: Elaboración Propia.)</i>	77
<i>Tabla 12. Resultados de la prueba "Densidad" en agregados pétreos. (Fuente: Elaboración Propia.)</i>	78
<i>Tabla 13. Resultados de la prueba MVSS en agregados pétreos. (Fuente: Elaboración Propia.)</i>	79
<i>Tabla 14. Resultados de la prueba MVSV en agregados pétreos. (Fuente: Elaboración Propia.)</i>	80
<i>Tabla 15. Resultados de Densidad en cemento CPC 30R RS. (Fuente: Elaboración Propia.)</i>	81
<i>Tabla 16. Consistencia Normal del Cemento Portland CPC 30R RS. (Fuente: Elaboración Propia.)</i>	82
<i>Tabla 17.. Tiempos de Fraguado del Cemento Portland CPC 30R RS.</i>	82
<i>Tabla 18. Resultado de la prueba "MVSS" en morteros. (Fuente: Elaboración Propia.)</i>	83
<i>Tabla 19. Resultados de la prueba "Densidad" en cal. (Fuente: Elaboración Propia.)</i>	83
<i>Tabla 20. Resultados de la prueba "MVSS" en cal. (Fuente: Elaboración Propia.)</i>	84



**“DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”**



Tabla 21. Criterio de evaluación de resistividad eléctrica real de especímenes de concreto. (Fuente: NMX-521-ONNCCE-2016.) \_\_\_\_\_ 90

Tabla 22. Tipos de Mortero y resistencia de diseño a la compresión. (Fuente: NMX-481-ONNCCE-2014) \_\_\_\_\_ 98

## Índice de ilustraciones

<i>Ilustración 1. Cemento CPC 30R RS. (Fuente: CEMEX. URL: <a href="https://www.cemex.com/documents/27057941/45887874/ficha-digital-CPC-30R-RS.pdf/85067743-f419-b55d-68b6-990f57ef4119">https://www.cemex.com/documents/27057941/45887874/ficha-digital-CPC-30R-RS.pdf/85067743-f419-b55d-68b6-990f57ef4119</a>)</i>	13
<i>Ilustración 2. Mortero marca Holcim para investigación. (Fuente: Holcim. URL: <a href="https://www.holcim.com.mx/sites/mexico/files/atoms/files/holcim_maestro.pdf">https://www.holcim.com.mx/sites/mexico/files/atoms/files/holcim_maestro.pdf</a>)</i>	14
<i>Ilustración 3. Cal marca calidra. (Fuente: Calidra. URL: <a href="https://calidra.com/productos/construccion/">https://calidra.com/productos/construccion/</a>)</i>	14
<i>Ilustración 4. Ubicación de banco de material "El Cuervo" (Fuente: Google Earth.)</i>	19
<i>Ilustración 5. Ubicación del banco de material "El coro". (Fuente: Google Earth.)</i>	19
<i>Ilustración 6. Ubicación del banco de material "Joyitas". (Fuente: Google Earth.)</i>	20
<i>Ilustración 7. Secado de la arena, haciendo uso del patio del Laboratorio de la Facultad. (Fuente: Elaboración Propia.)</i>	27
<i>Ilustración 8. Colocación del material en una parte limpia del suelo. (Fuente: Elaboración Propia.)</i>	28
<i>Ilustración 9. Movimiento del material con ayuda de la pala. (Fuente: Elaboración Propia.)</i>	28
<i>Ilustración 10. División del material en 4 partes. (Fuente: Elaboración Propia.)</i>	29
<i>Ilustración 11. División de la muestra en dos partes iguales. (Fuente: Elaboración Propia.)</i>	30
<i>Ilustración 12. Agregado del material al cuarteador mecánico. (Fuente: Elaboración Propia.)</i>	30
<i>Ilustración 13. Reducción del tamaño de la muestra. (Fuente: Elaboración Propia.)</i>	31
<i>Ilustración 14. Obtención de los 500 g de arena seca. (Fuente: Elaboración Propia.)</i>	32
<i>Ilustración 15. Colocación del material y ordenado de mallas. (Fuente: Elaboración Propia.)</i>	32
<i>Ilustración 16. Acomodo y colocación del Raf-Tap. (Fuente: Elaboración Propia.)</i>	33
<i>Ilustración 17. Retenido del material en cada número de malla. (Fuente: propia.)</i>	33
<i>Ilustración 18. Secado superficial y uso del molde troncocónico. (Fuente: Elaboración Propia.)</i>	35



## “DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”



<i>Ilustración 19. Colocación del cristal a la muestra completamente seca. (Fuente: Elaboración Propia.)</i>	36
<i>Ilustración 20. Colocación de un volumen de agua conocido. (Fuente: Elaboración Propia.)</i>	38
<i>Ilustración 21. Llenado del frasco de Chapman con el agregado pétreo. (Fuente: Elaboración Propia.)</i>	38
<i>Ilustración 22. Toma de medida de peso del frasco de Chapman junto con el agregado pétreo. (Fuente: Elaboración Propia.)</i>	39
<i>Ilustración 23. Vaciado del material a 5 cm de la altura del recipiente. (Fuente: Elaboración Propia.)</i>	40
<i>Ilustración 24. Enrasado y pesado del material pétreo MVSS. (Fuente: Elaboración Propia.)</i>	41
<i>Ilustración 25. Golpes al material con la varilla punta de bala. (Fuente: Elaboración Propia.)</i>	42
<i>Ilustración 26. Enrasado y pesado del material MVSV. (Fuente: Elaboración Propia.)</i>	43
<i>Ilustración 27. Lectura inicial del líquido. (Fuente: Elaboración Propia.)</i>	45
<i>Ilustración 28. Colocación del cemento CPC 30R RS, dentro del frasco Le Chatelier. (Fuente: Elaboración Propia.)</i>	46
<i>Ilustración 29. Lectura final de densidad del cemento. (Fuente: Elaboración Propia.)</i>	46
<i>Ilustración 30. Realización de cráter para hacer el vertido del agua. (Fuente: Elaboración Propia.)</i>	48
<i>Ilustración 31. Colocación de la masa en el anillo del aparato de Vicat. (Fuente: Elaboración Propia.)</i>	49
<i>Ilustración 32. Medición de la penetración a la masa del cemento. (Fuente: Elaboración Propia.)</i>	50
<i>Ilustración 33. Colocación de la masa de cemento en el cuarto húmedo. (Fuente: Elaboración Propia.)</i>	51
<i>Ilustración 34. Lectura del fraguado final. (Fuente: Elaboración Propia.)</i>	51
<i>Ilustración 35. Enrasado de mortero para la MVSS. (Fuente: Elaboración Propia.)</i>	53
<i>Ilustración 36. Vaciado de la cal en el frasco de Le Chatelier. (Fuente: Elaboración Propia.)</i>	55
<i>Ilustración 37. Toma de lectura final, para la Densidad de la cal. (Fuente: Elaboración Propia.)</i>	55
<i>Ilustración 38. Llenado de recipiente de MVSS, con altura de 5 cm a partir de la arista superior. (Fuente: Elaboración Propia.)</i>	57
<i>Ilustración 39. Enrasado de la cal para sacar la MVSS. (Fuente: Elaboración Propia.)</i>	57



## “DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”



<i>Ilustración 40. Método de mezclado por medio del uso del taladro. (Fuente: Elaboración Propia.) ..</i>	<i>63</i>
<i>Ilustración 41.a) Llenado de molde, b) Medición de radio de expansión de la muestra. (Fuente: Elaboración Propia.) .....</i>	<i>64</i>
<i>Ilustración 42. Engrasado y llenado del molde con la mezcla. (Fuente: Elaboración Propia.).....</i>	<i>65</i>
<i>Ilustración 43. Terminación de llenado y engrasado de cubos. (Fuente: Elaboración Propia.).....</i>	<i>66</i>
<i>Ilustración 44. Curado de los especímenes. (Fuente: Elaboración Propia.).....</i>	<i>67</i>
<i>Ilustración 45. Toma de datos de resistividad. (Fuente: Elaboración Propia.).....</i>	<i>69</i>
<i>Ilustración 46. Fallo de espécimen (Fuente: Elaboración Propia.) .....</i>	<i>70</i>
<i>Ilustración 47. Realización de muretes. (Fuente: Elaboración Propia.) .....</i>	<i>71</i>
<i>Ilustración 48. Prueba de adherencia en muro del Laboratorio de Materiales. (Fuente: Elaboración Propia.).....</i>	<i>72</i>
<i>Ilustración 49. Análisis Granulométrico de los tres diferentes tipos de agregado pétreo. (Fuente: Elaboración Propia.) .....</i>	<i>76</i>
<i>Ilustración 50. Gráfica de los resultados de la prueba "Humedad de Absorción" en agregados pétreos. (Fuente: Elaboración Propia.).....</i>	<i>77</i>
<i>Ilustración 51. Gráfica de resultados de la prueba de "Densidad" en agregados pétreos. (Fuente: Elaboración Propia.) .....</i>	<i>78</i>
<i>Ilustración 52. Gráfica con los resultados de la prueba "MVSS" en agregados pétreos. (Fuente: Elaboración Propia.) .....</i>	<i>79</i>
<i>Ilustración 53. Gráfica de resultados de la prueba "MVSV" en agregados pétreos. (Fuente: Elaboración Propia.).....</i>	<i>80</i>
<i>Ilustración 54. Gráfica de Mortero Tipo I para mezclas con Cemento + Arena. (Fuente: Elaboración Propia.).....</i>	<i>85</i>
<i>Ilustración 55. Gráfica de Mortero Tipo I para mezclas con Cemento + Arena+0.25 de Cal. (Fuente: Elaboración Propia.) .....</i>	<i>86</i>
<i>Ilustración 56. Gráfica de Mortero Tipo I para mezclas con Cemento + Arena+0.5 de Mortero. (Fuente: Elaboración Propia.) .....</i>	<i>87</i>
<i>Ilustración 57. Gráfica de Mortero Tipo II para mezclas con Cemento + Arena+0.5 de Cal. (Fuente: Elaboración Propia.) .....</i>	<i>88</i>



## “DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”



<i>Ilustración 58. Gráfica de Mortero Tipo II para mezclas con Cemento + Arena+ Mortero. (Fuente: Elaboración Propia.)</i> .....	89
<i>Ilustración 59. Gráfica de Mortero Tipo III para mezclas con Cemento + Arena+ 1.25 de Cal. (Fuente: Elaboración Propia.)</i> .....	90
<i>Ilustración 60. Gráfica de Resistividad Eléctrica Húmeda en mezcla de mortero Tipo I, cemento + arena. (Fuente: Elaboración Propia.)</i> .....	92
<i>Ilustración 61. Gráfica de Resistividad Eléctrica Húmeda en mezcla de mortero Tipo I, cemento + arena+ 1/4 de cal. (Fuente: Elaboración Propia.)</i> .....	93
<i>Ilustración 62. Gráfica de Resistividad Eléctrica Húmeda en mezcla de mortero Tipo I, cemento + arena+ 1/2 de mortero. (Fuente: Elaboración Propia.)</i> .....	94
<i>Ilustración 63. Gráfica de Resistividad Eléctrica Húmeda en mezcla de mortero Tipo II, cemento + arena+1/2 de cal. (Fuente: Elaboración Propia.)</i> .....	95
<i>Ilustración 64. Gráfica de Resistividad Eléctrica Húmeda en mezcla de mortero Tipo II, cemento + arena+1 de mortero. (Fuente: Elaboración Propia.)</i> .....	96
<i>Ilustración 65. Gráfica de Resistividad Eléctrica Húmeda en mezcla de mortero Tipo III, cemento + arena+1 1/4 de cal. (Fuente: Elaboración Propia.)</i> .....	97
<i>Ilustración 66. Gráfica a 7 y 28 días de edad en resistencia a la compresión de mezclas de mortero Tipo I, cemento + arena. (Fuente: Elaboración Propia.)</i> .....	99
<i>Ilustración 67. Gráfica a 7 y 28 días de edad en resistencia a la compresión de mezclas de mortero Tipo I, cemento + arena+ 1/4 de cal. (Fuente: Elaboración Propia.)</i> .....	100
<i>Ilustración 68. Gráfica a 7 y 28 días de edad en resistencia a la compresión de mezclas de mortero Tipo I, cemento + arena+ 1/2 de mortero. (Fuente: Elaboración Propia.)</i> .....	101
<i>Ilustración 69. Gráfica a 7 y 28 días de edad en resistencia a la compresión de mezclas de mortero Tipo II, cemento + arena+1/2 de cal. (Fuente: Elaboración Propia.)</i> .....	102
<i>Ilustración 70. Gráfica a 7 y 28 días de edad en resistencia a la compresión de mezclas de mortero Tipo II, cemento + arena+1 de mortero. (Fuente: Elaboración Propia.)</i> .....	103
<i>Ilustración 71. Gráfica a 7 y 28 días de edad en resistencia a la compresión de mezclas de mortero Tipo III, cemento + arena+1 1/4 de cal. (Fuente: Elaboración Propia.)</i> .....	104
<i>Ilustración 72. Gráfica de Resistencia vs Resistividad en mortero Tipo I con los agregados pétreos utilizados en investigación. (Fuente: Elaboración Propia.)</i> .....	105





**“DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”**



*Ilustración 73. Gráfica de Resistencia vs Resistividad en mortero Tipo II con los agregados pétreos utilizados en investigación. (Fuente: Elaboración Propia.) ..... 106*

*Ilustración 74. Gráfica de Resistencia vs Resistividad en mortero Tipo III con los agregados pétreos utilizados en investigación. (Fuente: Elaboración Propia.) ..... 107*



## **1. Introducción**

En esta investigación se muestra el análisis de diseño de mezclas de mortero, la principal variable fue la fluidez y se utilizaron diferentes proporciones de agregado fino. La Normativa en México y el Reglamento del estado de Michoacán tienen olvidado un poco las mezclas de mortero, ya que no se ponen límites en cuanto agua, agregado o cementantes y solo se menciona de manera muy ambigua el que sea “trabajable”. Por lo que para diseñar y tener un buen análisis de una mezcla de mortero en este trabajo de investigación se propone trabajar mediante el ensayo de fluidez con los diferentes tipos de estándares, que se manejan en la norma NMX-C-486-ONNCCE-2014 “Mortero para uso Estructural”. Es importante mencionar que se utiliza una tabla para clasificar el mortero mediante su proporcionamiento por partes en volumen de cemento Portland, cal, cemento de albañilería y arena, dejando de manera libre la cantidad de agua, solamente teniendo el parámetro de la fluidez que no sea menos de 105 ni más de 130. Posteriormente se realizaron pruebas físico-mecánicas al mortero endurecido y se pudo comparar las características obtenidas con diferente tipo de agregado fino.



## 2. Marco teórico, referencial y conceptual

### 2.1. Antecedentes

Desde que el hombre dejó de alojarse en cavernas, creció su interés por limitar su espacio vital y mejorar sus condiciones de habitabilidad a través de los años. Es este hecho el que marca el inicio de las construcciones en la antigüedad desde la que se dejan ver vestigios del uso de los materiales cementantes. Varias investigaciones actuales muestran, en territorio israelí y de la antigua Yugoslavia, hallazgos de restos de primitivas construcciones en la antigüedad (entre los años 7000 y 6000 a. C.) en que se utilizaron estos materiales (E. Vidaud, 2013).

Al paso de los años el mismo hombre fue cambiando la forma en que hacía sus construcciones ya que empezaron a hacer pastas que les permitieran unir las rocas para formar estructuras más estables.

Malinowski (1982 y 1991) hace referencia a esas primeras culturas. El uso de morteros sólo de cal tiene su primer empleo conocido en la Máscara de Jericó, una calavera cubierta con un emplasto de cal pulido, que data del año 7.000 a. J.C.

Se han encontrado casas construidas con ladrillos, y con suelos hechos de un mortero de cal con superficies pulidas (llamadas “enlucidos” o “emplastes” por los arqueólogos), y, a menudo, superficies con una capa de emplasto duro coloreado. Granos de cereales y otros restos orgánicos presentes en el mortero han permitido datarlo alrededor del 7.000 a. J.C., mediante la técnica del carbono-14 (Álvarez Galindo et al., 1995).

El empleo de materiales cementantes es muy antiguo. Los egipcios ya utilizaban yeso impuro calcinado. Los griegos y los romanos utilizaban caliza calcinada y, posteriormente, aprendieron a mezclar cal con agua, arena y piedra triturada ladrillo y tejas quebradas. Este fue el primer concreto de la historia. Un mortero de cal no endurece bajo el agua; por lo tanto, para construcciones sumergidas en agua, los



## “DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”



romanos mezclaban cal con ceniza volcánica o con tejas de arcilla quemada, finamente trituradas.(M. Neville, 2013)

Los albañiles de la antigua Roma denominaban *mortarius*, mortero, al recipiente en el cual amasaban y transportaban la mezcla de pasta de cal y arena. Con el paso del tiempo, este nombre fue adoptado para designar a la propia mezcla, que se ha utilizado para la construcción de cimentaciones, muros, pavimentos y revestimientos hasta la aparición del cemento Portland.(Álvarez Galindo et al., 1995)

La cal es un recurso cuyo uso fue generalizado en la época prehispánica, fundamentalmente como material de construcción y para la nixtamalización. En la cuenca de México los afloramientos más importantes de rocas sedimentarias utilizados para la producción de cal se encuentran al sureste de Cuernavaca y en la región de Tula, Atotonilco, Apaxco y Ajoloapan (P., 2009).

### 2.2. Problemática

En México normalmente en las construcciones pequeñas no se tiene un control de calidad en cuanto a las mezclas que realizan. Tampoco se usa de forma adecuada las proporciones de cemento, agregado, mortero, cal, agua entre otros.

De manera muy regular en cuanto se empieza a llevar a cabo la realización de un muro, de las cosas que se toman en cuenta es que la mampostería este alineada y nivelada, el diseño de la mezcla de pasa segundo plano. Cuando el maestro albañil decide que para él ya es trabajable la mezcla es cuando deja de incorporar el cemento de albañilería, el agregado y el agua, es decir, que si en algún momento llegara a ser muy diluida se le agrega más cemento o más agregado para que se haga un poco más espesa o viceversa. Es un gran problema, ya que se puede disminuir la resistencia, o adherencia a nuestra mezcla, por lo tanto, en la construcción se va a ir perdiendo la resistencia a las cargas y por ende se empieza a agrietar de forma más rápida.



## 2.2.1. Reglamentos de Construcción de Michoacán

Para la construcción adecuada dentro del Estado de Michoacán, debemos tener en cuenta el Reglamento de Construcción. En la página de la SMIE (Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural, A.C), solo existen los reglamentos de los municipios de Zamora, Cd. Hidalgo, Morelia, Uruapan y La Piedad. De los cuales solamente en el reglamento de Morelia en el Capítulo XVII “Mamposterías” en la sección para morteros nos menciona que:

1. Las proporciones del mortero serán las que indiquen el proyecto, pero se considerará que las proporciones volumétricas máximas admisibles serán *seis partes de arena y una de cal y diez partes* por cada una de cemento, agregando la cantidad de agua mínima para producir una mezcla plástica trabajable.
2. La resistencia mínima es para morteros con cal siendo de 15 kg/cm<sup>2</sup>.
3. Dos de cada tres muestras consecutivas de mortero deben tener una resistencia superior a la del proyecto, y ninguna menor que en ochenta por ciento de dicha resistencia.(SMIE, Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural, 2011a)

En cuanto a los reglamentos de los demás municipios, no se nos hace mención en lo absoluto (SMIE, Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural, 2011b) (SMIE, Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural, 2011c).

## 2.3. Mezclas plásticas aglomerantes

### 2.3.1. Agregados pétreos

El agregado fino es parte primordial para llevar a cabo las pruebas y mezclas necesarias, se considera agregado fino al material que pase por la malla No. 4 (abertura de 4.75 mm) y se retiene en la malla No. 200 (abertura de 0.07 mm).

Los agregados pétreos son materiales granulares sólidos inertes que se emplean en los firmes de las carreteras con o sin adición de elementos activos y con granulometrías



## “DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”



adecuadas; se utilizan para la fabricación de productos artificiales resistentes, mediante su mezcla con materiales aglomerantes de activación hidráulica (cementos, cales, etc.) o con ligantes asfálticos (Padilla Rodríguez A, 2015).

El 100% de los concretos que se elaboran en México ocupan para su fabricación agregados que pueden ser obtenidos de dos fuentes: en depósitos de origen natural (ríos, playas, etc.) y como productos de trituración de roca (C. et al., 2003).

### 2.3.1.1. Origen de los agregados pétreos

Originalmente, los agregados se consideraban un material inerte, que se repartía en toda la pasta de cemento, por razones económicas. Sin embargo, es posible asumir un punto de vista opuesto y pensar que los agregados son un material de construcción unido a un todo cohesivo por medio de la pasta de cemento, como sucede en las construcciones de mampostería. De hecho, los agregados no son realmente inertes y sus propiedades físicas, térmicas y, a veces, químicas, influyen en el comportamiento del concreto (M. Neville, 2013).

La roca es un agregado de uno o más minerales sólidos, con propiedades físicas y químicas definidas, que se agrupan de forma natural. Forman la mayor parte de la Tierra y su importancia, en el área geocientífica, radica en que contienen el registro del ambiente geológico del tiempo en el que se formaron (Orozco-Centeno et al., 2014).

### 2.3.1.2. Clasificación de los agregados pétreos

Las rocas se clasifican según su modo de formación u origen en tres grupos: *Ígneas*, *Sedimentarias* y *Metamórficas*; y cada grupo contiene a su vez gran variedad de tipos de roca que difieren entre sí por su composición y textura.

#### Rocas ígneas

---



## “DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”



Las rocas ígneas (del latín Ings, fuego) también nombradas magmáticas, son todas aquellas que se han formado por solidificación de un de material rocoso, caliente y móvil denominado magma; este proceso, llamado cristalización, resulta del enfriamiento de los minerales y del entrelazamiento de sus partículas. Las rocas ígneas se dividen en dos: extrusivas e intrusivas (Servicio Geológico Mexicano, 2017).

### *Rocas ígneas extrusivas:*

Las rocas volcánicas típicas son formadas por el rápido enfriamiento de la lava y de fragmentos piroclásticos. Este proceso ocurre cuando el magma es expulsado por los aparatos volcánicos; ya en la superficie y al contacto con la temperatura ambiental, se enfría rápidamente desarrollando pequeños cristales que forman rocas de grano fino (no apreciables a simple vista) y rocas piroclásticas (Servicio Geológico Mexicano, 2017).

### *Rocas ígneas intrusivas*

Son rocas formadas en el interior de la corteza terrestre. Cuando un magma se enfría bajo la superficie lo hace más lentamente, permitiendo un mejor desarrollo de los cristales, que debido a eso alcanzan tamaños que pueden ser observados a simple vista, generalmente abarcan grandes extensiones de terreno y llegan a la superficie terrestre mediante procesos orogénicos (deformaciones tectónicas) o mediante procesos externos de erosión (Orozco-Centeno et al., 2014).

### **Rocas sedimentarias**

Las rocas sedimentarias se pueden formar por la acumulación de sedimentos y partículas, que se forman por la meteorización de otras rocas, ya sean ígneas, metamórficas u otras sedimentarias, o por la acumulación de material de origen biológico, o por la precipitación de sustancias químicas o bioquímicas, o por la combinación de todas las anteriores (Edward J; Lutgens, 2010).



## “DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”



Los geólogos calculan que las rocas sedimentarias representan solo alrededor del 5 por ciento (en volumen) de los 16 km externos de la Tierra. Por su propia naturaleza, las rocas sedimentarias contienen en su interior indicaciones de ambientes pasados en los cuales se depositaron sus partículas y, en algunos casos, pistas de los mecanismos que intervinieron en su transporte. Además, las rocas sedimentarias son las que contienen los fósiles, herramientas vitales para el estudio del pasado geológico (Edward J; Lutgens, 2010).

### **Rocas metamórficas**

Las rocas metamórficas, son aquellas que han sido sometidas a cambios de presión y temperatura, generalmente en profundidades relativamente grandes con respecto a la superficie, y que en estado sólido han tenido cambios en la mineralogía y las estructuras como respuesta a los diferentes cambios físicos y químicos que conllevan los cambios de presión y temperatura (Orozco-Centeno et al., 2014).

La roca metamórfica más familiar es el mármol, producido por el metamorfismo de las calizas ricas en carbonato cálcico (calcita); cuando una intrusión ígnea cercana somete la calcita a alta temperatura, empieza por desprender CO<sub>2</sub> y se recombina después con este gas formando entonces cristales de calcita nuevos y transformándose en mármol. Los nuevos cristales tienen forma y tamaño de granos regulares y no una colección aleatoria de fragmentos como en la caliza original, lo que le confiere a la nueva roca solidez y textura uniforme (Orozco-Centeno et al., 2014).

### **2.3.2. Cemento**

El cemento es un conglomerante hidráulico, es decir, un material inorgánico finamente molido que amasado con agua, forma una pasta que fragua y endurece por medio de reacciones y procesos de hidratación y que, una vez endurecido conserva su resistencia y estabilidad incluso bajo el agua. El estudio de las propiedades del cemento Portland





## “DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”



permite conocer algunos aspectos de su bondad como material cementante. Estas propiedades son de carácter químico, físico y mecánico; dependen del estado en el cual se encuentren (IECA, 2018).

### 2.3.2.1. Clasificación y tipos de cemento

Los cementos pueden clasificarse dependiendo de la forma en que se usarán, por ejemplo: por su composición, características especiales, resistencia entre otros.

Para conocer un poco más de los tipos de cementos, en la tabla 1 se verán los más comunes y para qué son utilizados cada uno.

Tabla 1. Tipos de cemento. (Fuente: NMX-C-414-ONNCCE-2014)

Tipo	Denominación	Clase Resistente	Características Especiales
CPO	Cemento Portland Ordinario	20	RS Resistente a los sulfatos
CPC	Cemento Portland Compuesto	40	B Blanco
CPEG	Cemento Portland con Escoria de Alto Horno	30 R (R= resistencia rápida)	BCH Bajo calor de Hidratación
CPP	Cemento Portland Puzolánico	30	BRA Baja Reactividad Alkali agregado
CPS	Cemento Portland con Humo de Sílice	40R	-



CEG	Cemento con Escoria Granulada de Alto Horno	-	-
-----	---	---	---

El cemento CPC 30R RS es el que se usa dentro de esta investigación, es de la marca Tolteca.

Podemos decir que es un Cemento Portland Compuesto de clase 30, con resistencia especificada a 28 días de 30 MPa y resistente a los sulfatos. Se utiliza en concretos expuestos a la acción severa de sulfatos, principalmente donde el suelo y el agua subterránea contienen gran concentración de estos. La alta resistencia a los sulfatos de este cemento se atribuye al bajo contenido de aluminato tricálcico, no excediendo el 5%. El uso de baja relación materiales cementantes y baja permeabilidad son fundamentales para el buen desempeño de cualquier estructura expuesta a los sulfatos (CEMEX, 2019).

### **2.3.3. Mortero**

Cemento de albañilería, se usa en mortero para pegar ladrillo, se hace con entre moler cemento portland, caliza y un agente inclusor de aire, o en forma alterna cemento portland y cal hidratada, escoria granulada o un relleno inerte, y un agente inclusor de aire, otros ingredientes están también presentes usualmente. Los cementos de albañilería hacen un mortero más plástico que el cemento portland común; también tienen la propiedad de retener agua y conducen a disminuir la contracción (M. Neville, 2013).

El mortero es un producto compuesto de cemento y arena, lo cual lo hace un producto de extrema firmeza. Es un conglomerante de color gris que es usado para tapar huecos en muros y entre bloques de distintos materiales. Cuando se mezcla con agua, el cemento, que es parte de la mezcla, se activa y permite un mejor agarre. Es el producto



perfecto para unir ladrillos, por ser firme, de secado rápido y textura perfecta. Es preciso señalar que existen varios tipos de morteros, cuya elección va a depender de las proporciones que se agreguen de cal o cemento (IECA, 2018).

La resistencia de un cemento de albañilería es más baja a comparación de un cemento Portland particularmente porque se introduce un alto contenido de aire, pero su baja resistencia es generalmente una ventaja en la construcción con ladrillos.

El tipo y la proporción de los materiales constituyentes influyen las propiedades de los morteros en estado fresco y, en consecuencia, su rendimiento en el estado endurecido. Una de las características más características en estado fresco es la trabajabilidad, que debe ser adecuada para la ejecución del revestimiento, con el objetivo de garantizar su rendimiento en cuanto a la adherencia al sustrato (Giordani & Masuero, 2019).

### **2.3.3.1. Mortero estructural**

El mortero de tipo estructural es aquel que está diseñado para pega de piezas de mampostería tanto de manera vertical como horizontal, es decir, la junta que se encuentra entre piezas de tabique.

Sabemos que dentro de un muro que requiere sostener ciertas cargas de una losa, es requerido el uso esencial de la mampostería (tabique), ya que en un muro de mampostería el mortero representa entre un 10 y un 20% del volumen total del material; no obstante, su efecto en el comportamiento de la pared es mucho mayor de lo que indica tal porcentaje. Por esta razón se considera de fundamental importancia el capítulo de la mampostería dentro del tema de los morteros (S., 2001).

Funciones:

- Liga de unidades de mampostería.
- Sello para impedir penetración de aire y agua.



### 2.3.3.2. Mortero No estructural

El mortero no estructural, es aquel que está diseñado para soportar cargas pequeñas o en su caso que sea solamente en forma de acabado.

El mortero de acabado se utiliza para trabajos de apuntalado y enlucido. El mortero de acabado también se usa para efectos arquitectónicos de edificios para dar apariencia estética. El mortero utilizado para acabados ornamentales debe tener gran fuerza, movilidad y resistencia frente a la acción atmosférica. Algunas de sus características son:

- Puede usarse en paredes o divisiones sin carga o carga muy baja.
- Para revestimientos exteriores que no estén sometidas a congelamiento.
- Solo debe de usarse en aquellos casos de revestimientos (S., 2001).
- 

### 2.3.3.3. Tipos de mortero

Los morteros se clasifican según como se menciona en la norma, como se ve en la Tabla 2. “Tipos de Morteros”:

Tabla 2. Tipos de morteros (Fuente: N-CMT-2-01-004/02).

Tipo	Partes de cemento Pórtland	Partes de cemento de albañilería	Partes de cal	Partes de arena
I	1	0	0 a ¼	No menos de 2.25 ni más 4 veces la suma de los
	1	0 a ½	0	
II	1	0	¼ a ½	
	1	½ a 1	0	



## “DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”



III	1	0	½ a 1 ¼	cementantes en volumen
Nota: Partes en volumen; medido en estado seco y suelto				

### 2.3.4. Hidróxido de Calcio

La cal es un óxido de calcio que se obtiene de la calcinación de rocas calizas, su proceso de elaboración consiste, explicado de forma general, en hacer maleable un material que en su forma natural no lo es. Se inicia con la extracción de rocas calizas en las canteras, para posteriormente quemarlas, dando como resultado la cal viva. Ésta se mezcla con agua para obtener la cal apagada o hidratada y de esta forma darle el uso para el que esté destinada (P., 2009).

De hecho, el mortero de cal es el único material usado en arquitectura que ha demostrado una permanencia de siglos, e incluso milenios, ejemplificada en las catedrales medievales y en las construcciones romanas (P., 2009).

En la actualidad la cal hidratada (Hidróxido de Calcio) continúa siendo parte integrante de materiales constructivos como: morteros preparados, premezclas para escayolas, suelos mejorados, pinturas, asfaltos, etc. (Calcinor, 2018).

La cal viva (Óxido de Calcio) se utiliza en la estabilización y mejora de suelos arcillosos durante la construcción de carreteras, vías férreas, aeropuertos, etc. En este campo de la ingeniería civil también ha quedado demostrado que la adición de cal hidratada (Hidróxido de Calcio) a las mezclas asfálticas para la construcción de carreteras permite la obtención de una mejor calidad en las mismas, y la reducción de sus costes de mantenimiento (Calcinor, 2018).



### 2.3.5. Cemento para la investigación

Como se comenta anteriormente se usó un cemento CPC 30R RS marca Tolteca (Ilustración 1). Este cemento puede utilizarse en la construcción de todo tipo de elementos o estructuras de concreto simple o armado. Es especialmente recomendado para aquellas obras en las que los elementos de concreto estarán expuestos a aguas salobres, ricas en sulfatos, como alcantarillados, pilotes, muelles y presas (CEMEX, 2021).

Así como tiene buena trabajabilidad, plasticidad y cohesividad.



Ilustración 1. Cemento CPC 30R RS. (Fuente: CEMEX. URL: <https://www.cemex.com/documents/27057941/45887874/ficha-digital-CPC-30R-RS.pdf/85067743-f419-b55d-68b6-990f57ef4119>)

### 2.3.6. Mortero para la investigación

El cemento de albañilería que se usó para toda la experimentación fue Mortero marca Holcim (Ilustración 2), ya que es uno de los que se usa con más regularidad dentro del Laboratorio de Materiales, por lo tanto, fue con el que se empezó a trabajar, además que es un producto especialmente para elaborar mezclas de albañilería tiene un buen rendimiento, y buena trabajabilidad (Holcim, 2021).



Ilustración 2. Mortero marca Holcim para investigación. (Fuente: Holcim. URL: [https://www.holcim.com.mx/sites/mexico/files/atoms/files/holcim\\_maestro.pdf](https://www.holcim.com.mx/sites/mexico/files/atoms/files/holcim_maestro.pdf))

### 2.3.7. Cal para la investigación

Se hizo uso de Hidróxido de calcio (Cal) de la marca Calidra (Ilustración 3), ya que tiene buen rendimiento, no es un producto caro, por lo tanto, es algo que podemos conseguir con facilidad por si en el momento de la investigación se nos llegara a terminar. Está hecha para ser utilizada en elaboración de mezclas de albañilería, acabados finos, repellos, entre otros (Calidra, 2019).

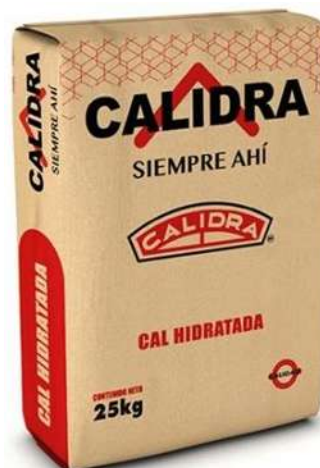


Ilustración 3. Cal marca calidra. (Fuente: Calidra. URL: <https://calidra.com/productos/construccion/>)



## 2.4. Propiedades de los agregados

### 2.4.1. Propiedades físicas

Las propiedades físicas que tienen los agregados son las siguientes: masa volumétrica, porosidad, absorción, granulometría, forma y textura de las partículas.

**Masa volumétrica:** Es la masa del material por unidad de volumen, siendo el volumen el ocupado por el material en un recipiente especificado.

**Porosidad:** Un material es poroso si tiene cavidades capaces de contener un líquido entre los granos minerales que la componen, cuando es muy poroso el agregado tiene menos resistencia mecánica.

**Absorción:** Se conoce como absorción, al incremento en masa del agregado debido a la penetración de agua en los poros de las partículas, durante un período de tiempo prescrito, sin incluir el agua adherida en la superficie de las partículas, expresado como porcentaje de la masa seca.

**Granulometría:** Se entiende por granulometría a la determinación de diversos tamaños de las partículas que constituyen un material de acuerdo a los intervalos normados para su análisis.

Esta proporción se suele indicar, de mayor a menor tamaño, por una cifra que representa, en masa, el porcentaje parcial de cada tamaño que pasó o quedó retenido en los diferentes tamices que se usan obligatoriamente para tal medición.

**Forma y textura:** La forma de las partículas depende del tipo de roca y sus características, así como las condiciones de sedimentación y transporte (Padilla Rodríguez A, 2015).





### 2.4.2. Propiedades mecánicas

*Resistencia:* Se refiere a la capacidad que tiene el agregado a resistir impactos y fricción, depende en gran medida a su composición, textura y estructura.

*Durabilidad:* Es la capacidad que tiene el agregado a resistir las acciones debido al intemperismo. El índice de durabilidad calculado es un valor que indica la resistencia relativa de un agregado para producir finos de arcilla perjudiciales sujetos a los métodos mecánicos prescritos de degradación.

*Dureza:* Es la resistencia que tiene ante la erosión o en general al desgaste, dependiendo más que nada constitución mineralógica, la estructura y la procedencia del agregado.

*Tenacidad:* La tenacidad de un elemento implica dos conceptos de manera simultánea; su capacidad de resistir carga y su capacidad de deformarse. Es una propiedad que depende de la roca de origen y se debe tener en cuenta ya que tiene mucho que ver con el manejo de los agregados, porque si estos son débiles ante las cargas de impacto (Universidad de Sonora, 2014).

### 2.4.3. Propiedades químicas

Son las reacciones que se tienen entre los constituyentes minerales activos y los agregados, algunas de estas reacciones podrían ser:

*Reacción Alkali-agregado:* es una reacción lenta que ocurre internamente en la masa de concreto, formada por la reacción entre algunos minerales de los agregados e hidróxidos alcalinos normalmente naturales del cemento, pudiendo comprometer el funcionamiento de las estructuras afectadas (VISE, 2016).



#### 2.4.4. Trabajabilidad

La trabajabilidad puede definirse como una propiedad que determina la fuerza requerida para manipular alguna cierta cantidad de mezcla en estado fresco. La trabajabilidad en estado fresco puede evaluarse con la prueba del índice de consistencia, utilizada a menudo debido a su funcionalidad que evalúa la deformación del mortero cuando es sometido a la prueba de compresión (Giordani & Masuero, 2019).

La trabajabilidad del concreto normalmente está ligada a la fluidez o consistencia que se mide a través de la prueba de revenimiento. Por lo regular se considera que un concreto más fluido es más trabajable y uno con menos fluidez tiene menos trabajabilidad (M. Neville, 2013).

Sin embargo, se debe considerar también la cohesión de la mezcla: un contenido de agua elevado puede presentar segregación (Pesaralanka & Khed, 2020).

Para lograr una mezcla con buena trabajabilidad se debe considerar, en el diseño de la misma, las características de las materias primas, que serán empleadas para su elaboración:

*Agregados:* Granulometría y forma de las partículas.

*Cemento:* Cantidad empleada por metro cúbico y finura.

*Aditivo:* Tipo de aditivo y cantidad dosificada.

*Agua:* Cantidad necesaria para lograr la consistencia deseada.

Es importante vigilar que los diseños de mezcla empleados resulten en un concreto trabajable, ya que esto facilitará su colocación, compactación y acabado y con ello lograremos una buena aceptación del producto por parte del personal de obra (S., 2001).



### **2.4.5. Adherencia**

La adherencia entre el agregado y la pasta de cemento es un factor importante para la resistencia del concreto, especialmente la resistencia a la flexión, pero no se ha comprendido la naturaleza de la adherencia. La adherencia se debe en parte a que el agregado y la pasta se entrelazan debido a la aspereza de la superficie del primero. Una superficie áspera, como la de las partículas trituradas, da como resultado una mejor adherencia, por causa de entrelazado mecánico que también se consigue cuando se usan materiales compuestos por partículas suaves, porosas y mineralógicamente heterogéneas. Por lo general, las características de textura que no permiten la penetración de las partículas por la superficie no producen una buena adherencia. Además, hay otras propiedades químicas y físicas de los agregados que afectan la adherencia, que están relacionadas con su comportamiento el agregado grueso representa una discontinuidad e introduce un efecto de pared (M. Neville, 2013).

### **2.4.6. Agregados utilizados para la investigación**

En la presente Investigación se usaron tres tipos diferentes de agregado fino, siendo de diferente zona del Estado de Michoacán, que se describirán a continuación.

#### **2.4.6.1. Agregado Banco “El Cuervo”**

La arena es proveniente del banco de material “El cuervo”, localizada en Huajúmbaro, Municipio de Zinapécuaro en el Estado de Michoacán (Ilustración 4). Este agregado es arena de río, por lo que es un árido natural silíceo/calcáreo, de granulometría fina, procedente de una zona de extracción conformada de material de río en sedimentación. Este tipo de arena no tiene ningún proceso de trituración, quiere decir que de la manera en que se encuentra en el río, es sacada sin ningún otro proceso.

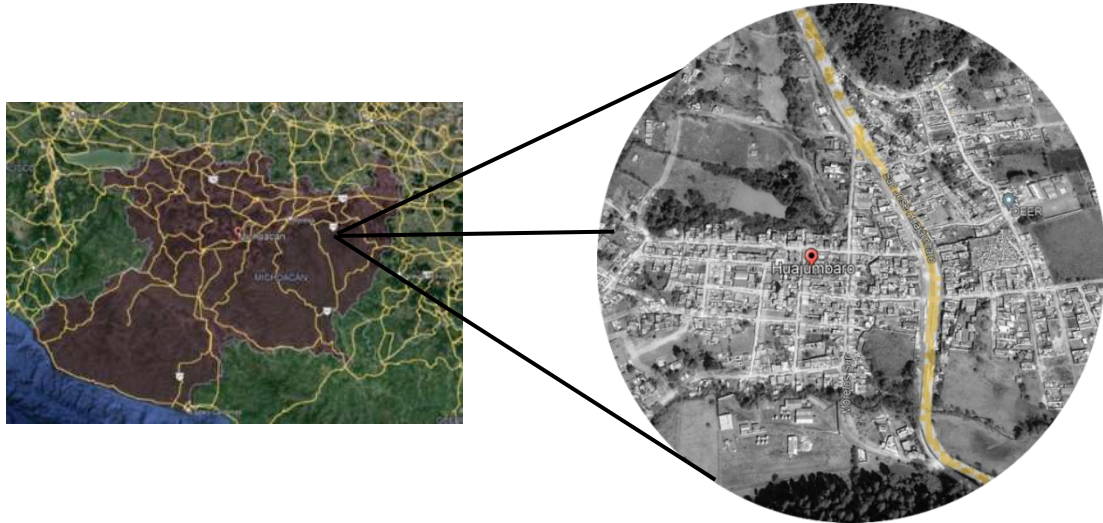


Ilustración 4. Ubicación de banco de material "El Cuervo" (Fuente: Google Earth.)

### 2.4.6.2. Agregado Banco “El Coro”

El banco de material “El coro”, está ubicado a un costado de la carretera Morelia – Zinapécuaro, justo antes de llegar a la localidad de José María Morelos (Ilustración 5) perteneciente al municipio de Zinapécuaro del estado de Michoacán. Tomemos en cuenta que esta arena también es procedente de un río, por lo que volvemos a mencionar que es un árido natural silíceo/calcáreo, de granulometría fina, procedente de una zona de extracción conformada de material de río en sedimentación.



Ilustración 5. Ubicación del banco de material "El coro". (Fuente: Google Earth.)



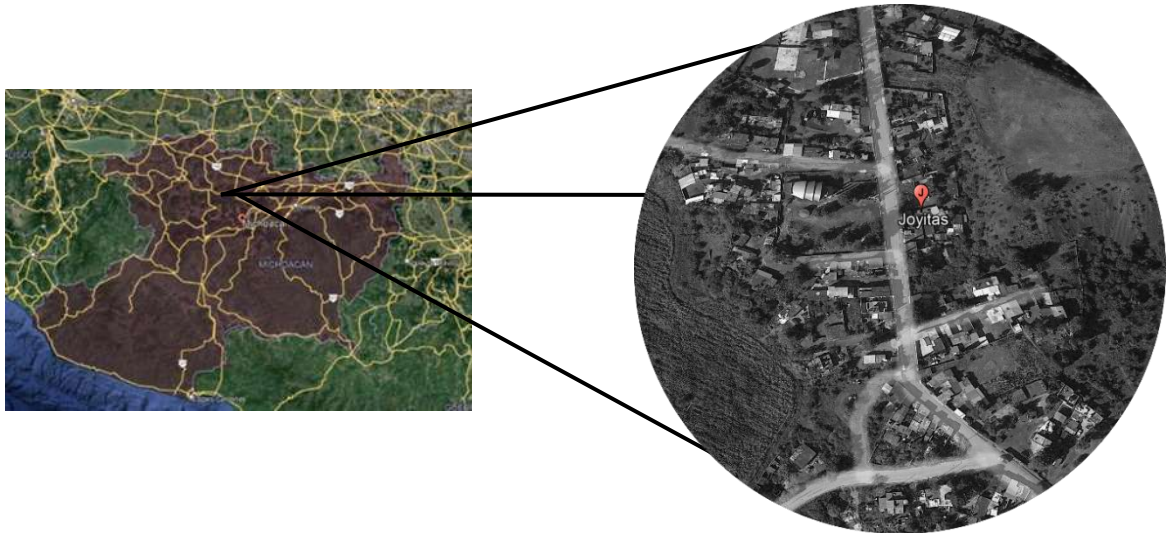
La arena de río tiene diferentes aplicaciones como:

- Mezclas de concreto.
- Mezclas para mortero de pega.
- Acabados.
- Nos ayuda a tapar tuberías de gas y cableado eléctrico.

### 2.4.6.3. Agregado Banco “Joyitas”

El banco de materiales “Joyitas” ubicado en el kilómetro 28 de la carretera Morelia - Quiroga entrada a San Bernabé en Michoacán. (Ilustración 6)

Es un agregado donde el tipo de propiedad es particular, el material obtenido es volcánico y el tratamiento que se le da a dicho material es trituración parcial y cribado.



*Ilustración 6. Ubicación del banco de material "Joyitas". (Fuente: Google Earth.)*



## 2.4.7. Agua

El agua cubre más del 70 % de la superficie del planeta; se la encuentra en océanos, lagos, ríos; en el aire, en el suelo. Es la fuente y el sustento de la vida, contribuye a regular el clima del mundo y con su fuerza formidable modela la Tierra. Posee propiedades únicas que la hacen esencial para la vida. Es un material flexible: un solvente extraordinario, un reactivo ideal en muchos procesos metabólicos; tiene una gran capacidad calorífica y tiene la propiedad de expandirse cuando se congela. Con su movimiento puede modelar el paisaje y afectar el clima. Los océanos dan cuenta de casi el 97,5 % del agua del planeta. Únicamente un 2,5% es agua dulce. Los glaciares, la nieve y el hielo de los cascos polares representan casi el 80% del agua dulce, el agua subterránea 19% y el agua de superficie accesible rápidamente sólo el 1% (F., 2012).

### 2.4.7.1. Características del agua

A continuación, se hará mención de algunas de las características del agua:

- Existe en las tres fases, sólida, líquida y gaseosa dentro de los límites de temperatura y presión naturales en la tierra.
- Está limpia de electrolitos, sales minerales, microorganismos y otras sustancias contaminantes (en su composición entran solamente el oxígeno y el hidrógeno). Esto le da un aspecto muy transparente. Por ello, también desaparece radicalmente todo sabor y olor (Fundación Aquae, 2021).
- Su pureza la convierte en una solución ideal para el sector industrial, centros hospitalarios, laboratorios, cosmética, hogares y lugares similares. Los métodos caseros para destilar el agua no garantizan este nivel de pureza absoluto y necesario. Por eso, su producción se lleva a cabo mediante métodos y equipos muy sofisticados (Fundación Aquae, 2021).



## “DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”



- Otra de las propiedades de las que carece, con respecto al agua de consumo diario, es la de ser buena conductora de la electricidad. La falta total de iones metálicos disueltos la convierten más bien en una sustancia aislante (Fundación Aquae, 2021).
- Alta constante dieléctrica: permite la disolución de sustancias iónicas y favorece su ionización (F., 2012).
- Alto calor latente de fusión: estabiliza la temperatura de los cuerpos de agua en el punto de congelación. Evita efectos de las bajas temperaturas sobre el ecosistema de los cuerpos de agua (F., 2012).
- Alto calor de vaporización: influye en la transferencia del calor del vapor de los cuerpos de agua y el vapor atmosférico.
- Alta tensión superficial. Esto significa que el agua es pegajosa y elástica y tiende a unirse en gotas en lugar de separarse en una capa delgada y fina. La tensión de la superficie es la responsable de la acción capilar, de que el agua pueda moverse (y disolver sustancias) a través de las raíces de plantas y a través de los pequeños vasos sanguíneos en nuestro cuerpo (F., 2012).

### 2.4.7.2. Agua en el uso de morteros

El agua es un componente que nos ayuda a generar una reacción en las mezclas, ya sea de concreto o mortero. Para las mezclas se puede hacer uso del agua potable, es decir, que por sus características físicas y químicas es adecuada para el uso humano, en caso de que no sea agua potable, el agua usada deberá cumplir con los estándares de calidad de los que nos habla la normativa (N-CMT-2-02-003/02, 2002).

En dado caso que el agua no cumpla con los estándares normados no se podrá usar para hacer mezcla a menos que sea decidido por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Solamente se puede usar agua de mar si la Secretaría de Comunicaciones y Transportes así lo decida, mientras la mezcla no incluya acero de refuerzo.



### 2.4.7.3. Agua utilizada para la investigación

El agua que se utilizó en esta investigación es proveniente de la red de agua potable del Laboratorio de Materiales “Ing. Luis Silva Ruelas” de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. A la cual se le hizo un reporte de calidad como se muestra en la Tabla 3., realizado en el año 2021, por el Laboratorio de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Tabla 3. Resultados del análisis de una muestra de agua potable emitido por el Laboratorio de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería Civil. (Fuente: Lab. De Ingeniería Ambiental, UMSNH)

<b>Estudio de una muestra de agua potable de la Red del Laboratorio de Materiales “Ing. Luis Silva Ruelas” en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo</b>				
<b>Sitio de muestreo:</b>		Laboratorio de Materiales		
<b>Fecha de muestreo:</b>		18 de mayo de 2021		
<b>Origen:</b>		Red de abastecimiento de agua potable		
<b>Tipo de muestreo:</b>		Simple		
<b>Tipo de agua:</b>		Clara, para uso de fabricación de concreto Hidráulico		
<b>Norma de referencia:</b>		Agua para Concreto – Especificaciones (NMX-C-122-ONNCCE-2004)		
<b>Parámetro</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Máximo Permisible NMX-C-122-ONNCCE-2014</b>		<b>Método Utilizado</b>
Sólidos en suspensión (SST mg/l)	1.0	2000	Cumple	NMX-AA-034-SCFI-2001





**“DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”**



Sólidos Totales (ST mg/l)	436	-----	-----	NMX-AA-034-SCFI-2001
Total, de impurezas en solución, Sólidos disueltos totales (SDT mg/l)	435	3500	Cumple	NMX-AA-034-SCFI-2001
Cloruros Cl- (mg/l)	14.9	400	Cumple	NMX-AA-073-SCFI-2001
Sulfatos como SO <sub>4</sub> (mg/l)	10	3000	Cumple	NMX-AA-074-1981
Dureza magnésica (mg/l CaCO <sub>3</sub> )	38.25	100	Cumple	NMX-AA-072-SCFI-2001
Dureza Cálrica (mg/l CaCO <sub>3</sub> )	27	-----	-----	NMX-AA-072-SCFI-2001
Dureza Total (mg/l CaCO <sub>3</sub> )	65.25	-----	-----	NMX-AA-072-SCFI-2001
Carbonatos CO <sub>3</sub> (mg/l)	1.34	600	Cumple	NMX-AA-036-SCFI-2001
Alcalinidad Total (mg/l CaCO <sub>3</sub> )	270	300	Cumple	NMX-AA-036-SCFI-2001
Alcalinidad a la Fenolftaleína (mg/l)	0.67	-----	-----	NMX-AA-036-SCFI-2001
Hidróxidos OH- (mg/l)	0	-----	-----	NMX-AA-036-SCFI-2001
Bicarbonatos HCO <sub>3</sub> (mg/l)	268.66	-----	-----	NMX-AA-036-SCFI-2001
Grasas o Aceites (mg/l)	0	0	Cumple	NMX-AA-005-SCFI-2000
Materia orgánica como DQO (mg/l)	0	150	Cumple	NMX-AA-030-SCFI-2001
Potencial de Hidrógeno (pH)	6.5	> 6	Cumple	NMX-AA-008-SCFI-2000
Conductividad eléctrica (µs/cm)	442	-----	-----	Electrométrico
Oxígeno Disuelto (mg O <sub>2</sub> /l)	3.75	-----	-----	Electrométrico
Salinidad (%)	0.2	-----	-----	Electrométrico



**“DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”**



Cloro Total (mg/l)	0.0			Comparación colorimétrica
Cloro libre (mg/l)	0.0	-----	-----	Comparación colorimétrica
Temperatura de análisis (°C)	21	-----	-----	NMX-AA-007-SCFI-2000

El agua utilizada para la elaboración de los morteros se obtuvo directamente de las tarjas del laboratorio, de manera tal que las mezclas se realicen lo más apegado posible a la realidad o a lo que se realiza en obra.



### **3. Desarrollo experimental**

Para cada uno de los ensayos se usaron los tres tipos de arenas ya mencionados anteriormente y se utilizara la simbología siguiente:

1. Arena de Río “El Cuervo” que la nombraremos con la letra “R”.
2. Arena de Río “El Coro” que la nombraremos con las letras “CH”.
3. Arena de volcánica de “Joyitas” que la nombraremos con la letra “J”.

#### **3.1. Caracterización de los agregados finos**

##### **3.1.1. Muestreo**

El muestreo es tan importante como el ensaye, por lo que el muestreador debe tomar todas las precauciones necesarias para que la muestra resulte representativa de la fuente de abastecimiento o el control de las operaciones en el sitio de uso, deben ser obtenidas por el productor o por otros grupos responsables de llevar a cabo el trabajo. El mínimo de muestras de campo obtenidas de la producción debe ser suficiente para que los resultados de las pruebas sean confiables. El tamaño de las muestras de campo es tentativo, y deben obtenerse según el tipo y número de pruebas a las cuales se van a sujetar; la muestra del material debe ser en cantidad suficiente para lograr la ejecución adecuada de las pruebas (NMX-C-030-ONNCCE, 2004). Para agregados procesados, ya sean naturales o artificiales.

En este caso las arenas a usar, se colocaron en una zona limpia y amplia para su secado directamente al sol (Ilustración 7).



*Ilustración 7. Secado de la arena, haciendo uso del patio del Laboratorio de la Facultad. (Fuente: Elaboración Propia.)*

### **3.1.2. Cuarteo**

Para el cuarteo en arenas es necesario seguir la norma (NMX-C-170-ONNCCE, 2019), en donde se nos menciona como se debe de hacer el procedimiento de estas mismas pruebas.

#### **Método “B” Cuarteo manual.**

##### **Equipo necesario:**

- Una pala.
- Una escoba.

##### **Procedimiento:**

1. Se vertió el material en una zona amplia y libre de residuos orgánicos o inorgánicos, para evitar contaminar la muestra de nuestro agregado. (Ilustración 8)



## “DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”



*Ilustración 8. Colocación del material en una parte limpia del suelo. (Fuente: Elaboración Propia.)*

2. Con la pala, se cambia el material de un extremo a otro, haciendo el paleado, tratando de revolver todo el material, después se trata de colocar en forma cónica, repitiendo este procedimiento tres veces (Ilustración 9).



*Ilustración 9. Movimiento del material con ayuda de la pala. (Fuente: Elaboración Propia)*

3. Una vez terminado el paso anterior, se aplanó la parte superior del cono formado con el material con ayuda de la cara posterior de la pala.
4. Se dividió el material (Ilustración 10), trazando dos líneas perpendiculares con la pala, buscando obtener 4 partes iguales del material.



*Ilustración 10. División del material en 4 partes. (Fuente: Elaboración Propia.)*

5. Se eliminaron dos de las partes opuestas y el material sobrante es el que se utilizó para realizar las pruebas correspondientes. Para obtener muestras más pequeñas se realizó el mismo procedimiento desechando las porciones opuestas hasta obtener la cantidad de material deseado.

### **Método “A” Cuarteo mecánico.**

#### **Equipo necesario:**

- Un cuarteador con al menos 12 conductos para agregado fino.
- Un cucharón.
- Una pala.
- Cuatro charolas.

#### **Procedimiento:**

1. Se dividió el material en dos charolas (Ilustración 11), tomando en cuenta que al principio vamos a tener bastante cantidad de agregado.



## “DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”



*Ilustración 11. División de la muestra en dos partes iguales. (Fuente: Elaboración Propia)*

2. Se colocó el cuarteador en una zona amplia y libre.
3. Se colocaron dos charolas más en a cada uno de los lados de caída del cuarteador para poder recoger la muestra.
4. Con ayuda de la pala se fue vaciando el agregado de la charola sobre la parte superior del cuarteador, buscando siempre que fuera utilizada toda la longitud de la misma (Ilustración 12).



*Ilustración 12. Agregado del material al cuarteador mecánico. (Fuente: Elaboración Propia)*

5. Ya concluido este proceso, nos quedamos solamente con la mitad de la muestra.



## “DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”



6. Con la charola en la que estaba el material que no fue devuelto al saco, se llevó a cabo el mismo procedimiento mencionado en el paso 4, esto después de haber colocado de nuevo dos charolas vacías debajo de los conductos del cuarteador (NMX-C-170-ONNCCE, 2019). El procedimiento se llevó a cabo cuatro o cinco veces o hasta obtener la muestra requerida para los ensayos a realizarse posteriormente (Ilustración 13).



*Ilustración 13. Reducción del tamaño de la muestra. (Fuente: Elaboración Propia)*

### 3.1.3. Análisis granulométrico

El objetivo es conocer la distribución de los diámetros de las partículas y el módulo de finura, se obtiene pasando por una serie de mallas o tamices la muestra representativa de arena. Como nos menciona la norma (NMX-C-077-ONNCCE, 1997).

#### **Equipo necesario:**

- Un juego de mallas con abertura rectangular o circular del N° 4, 8, 16, 30, 50, 100, 200 y charola con su respectiva tapa.
- Una balanza con aproximación al décimo de gramo.
- Charolas, espátulas y parrillas eléctricas.
- Cepillos de cerdas y alambre.





## “DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”



- Hojas de papel.

### Procedimiento:

1. Se tomó una muestra representativa de arena de aproximadamente 600 g.
2. Se secó la muestra hasta masa constante, a una temperatura no mayor de 110 °C.
3. Una vez seco el material, se pesaron 500 g (Ilustración 14).



Ilustración 14. Obtención de los 500 g de arena seca. (Fuente: Elaboración Propia.)

4. Se colocaron las mallas en orden decreciente (Ilustración 15) (4, 8, 16, 30, 50, 100, 200 y charola), para poder verter nuestra muestra representativa de 500g.



Ilustración 15. Colocación del material y ordenado de mallas. (Fuente: Elaboración Propia.)



**“DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”**



5. Se tapa y se deja el raf-tap funcionando durante un tiempo de 10 minutos aproximadamente, para que cada partícula se quede o se retenga en el tamaño que corresponde (Ilustración 16).



*Ilustración 16. Acomodo y colocación del Raf-Tap. (Fuente: Elaboración Propia.)*

6. En una superficie libre se colocan las hojas de papel, previamente marcadas con el número de cada malla. El material retenido en cada malla, se coloca en una hoja de papel para después pesarlo y anotar el peso retenido de cada malla (Ilustración 17).



*Ilustración 17. Retenido del material en cada número de malla. (Fuente: propia.)*



**Formulas a usar:**

$$\% \text{ retenido} = \frac{\text{peso retenido}}{\text{suma del peso retenido}} * 100 \text{ (1)}$$

$$\% \text{ acumulado} = \% \text{ retenido malla} + \% \text{ acumulado de la malla anterior (2)}$$

$$\% \text{ Que pasa} = 100 - \% \text{ acumulado de la malla anterior (3)}$$

**Registro:**

1. Se registran los pesos retenidos en orden de malla como se muestra en la Ilustración 14.
2. Se saca el porcentaje retenido utilizando la fórmula 1.
3. Sacamos el porcentaje acumulado y el porcentaje que pasa usando las fórmulas 2 y 3.

### **3.1.4. Humedad de absorción y Densidad en arenas**

#### **Humedad de Absorción**

Tiene como finalidad obtener el porcentaje de absorción que tiene el material, este dato es muy importante si se usara para diseño de concreto.

**Equipo necesario:**

- Muestra representativa de aproximadamente 2 kg.
- Una balanza con aproximación al décimo de gramo.
- Una parrilla eléctrica.
- Unas charolas metálicas.
- Un cono metálico (truncocónico).





## “DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”



- Un pisón.
- Una espátula.

### Procedimiento:

1. Se pone a saturar los 2 kg de muestra durante 24 h como mínimo. Dicha muestra se obtiene mediante alguno de los métodos de reducción de muestras.
2. Al término de este tiempo, se seca superficialmente la arena, haciendo uso de la parrilla eléctrica; en el caso de la arena “CH”, se hizo uso del horno dejándola 24 horas para que se secase. (NMX-C-165-ONNCCE, 2014)
3. Para saber cuándo la arena está seca superficialmente se coloca el molde troncocónico dentro de la charola con el diámetro mayor hacia abajo. Se llena el molde con la arena en cuatro capas distribuyendo 25 golpes dados con el pisón, dando 10 a la primera, 10 a la segunda, 3 a la tercera y 2 a la cuarta. Inmediatamente se retira el cono y si la arena trata de disgregarse, significa que se ha secado superficialmente y si la arena mantiene la forma del cono significa que la arena conserva agua en exceso (Ilustración 18), por lo tanto, hay que continuar secando el material hasta que se obtenga el secado superficial. Conforme vaya perdiendo la humedad la muestra hay que realizar más continuamente el procedimiento con el cono para evitar que se seque en exceso.



*Ilustración 18. Secado superficial y uso del molde troncocónico. (Fuente: Elaboración Propia.)*



**“DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”**



4. Cuando la arena se haya secado superficialmente se pesa una muestra de 300 g, registrando este peso como masa saturada y superficialmente seca (Mh).
5. La muestra de 300 g, se coloca en una charola para secarla hasta peso constante, o sea, hasta eliminar completamente el agua.
6. Para saber cuándo el material está seco se coloca el cristal sobre el material (Ilustración 19), si no lo empaña retiramos el material y lo dejamos enfriar un poco, procediendo a pesarlo y registrarlo como masa seca del material (Ms), si todavía se empaña el cristal hay que seguir secando el material hasta secarlo completamente.



*Ilustración 19. Colocación del cristal a la muestra completamente seca. (Fuente: Elaboración Propia.)*

**Formulas a usar:**

$$\% \text{ de humedad de absorción} = \frac{Mh - Ms}{Ms} * 100$$

Donde:

Mh= masa saturada y superficialmente seca en gramos

Ms= masa seca del material en gramos



## Densidad

Tiene como objetivo determinar el volumen que forman las partículas de arena, es decir, el volumen efectivo excluyendo los vacíos que se forman entre las partículas de arena cuando se acomodan una sobre la otra. Como nos indica la norma (NMX-C-152-ONNCCE, 2015).

### Equipo necesario:

- Muestra representativa de arena de aproximadamente 1 kg.
- Una charola.
- Una espátula.
- Una parrilla eléctrica.
- Un molde troncocónico.
- Un pisón.
- Un frasco de Chapman.
- Un embudo.
- Una balanza con aproximación al décimo de gramo.

### Procedimiento:

1. Se deja saturando la arena en una charola con agua durante un tiempo aproximado a 24 horas.
2. Se seca superficialmente usando la parrilla eléctrica, así como se describió en la prueba de humedad de absorción.
3. En nuestro frasco de Chapman se coloca un volumen inicial de agua conocido como  $V_i$  (Ilustración 20), como volumen inicial en  $\text{cm}^3$ .



## “DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”



Ilustración 20. Colocación de un volumen de agua conocido. (Fuente: Elaboración Propia.)

4. Se pesa una muestra de arena de aproximadamente 200 gramos cuando ya esté superficialmente seca.
5. Con cuidado y ayudándonos de un embudo se va vaciando la arena dentro de la probeta, tratando que no se quede pegada en los bordes.
6. Después se termina de llenar el frasco de Chapman (Ilustración 21) con agua hasta el nivel de aforo (450ml).



Ilustración 21. Llenado del frasco de Chapman con el agregado pétreo. (Fuente: Elaboración Propia.)

7. Nos ayudamos para sacarle el aire, moviendo y agitando muy poco la probeta con toda nuestra muestra.
8. Se pesó el frasco que contenía el agua y la arena, registrando esta masa como masa total del frasco, muestra y agua hasta nivel de aforo (Ilustración 22).



Ilustración 22. Toma de medida de peso del frasco de Chapman junto con el agregado pétreo. (Fuente: Elaboración Propia.)

**Formulas a usar:**

$$DA = \frac{Ma}{Vf - Vi}$$

Donde:

Ma= masa saturada y superficialmente seca en gramos

Vf y Vi= volumen colocado dentro de la probeta en cm<sup>3</sup>

DA= densidad de la arena en gr/cm<sup>3</sup>

### 3.1.5. Masa volumétrica seca suelta (MVSS)

Se realiza para determinar la masa por unidad de volumen de una arena cuando el acomodo de sus partículas es en forma libre o natural.

**Equipo necesario:**

- Una muestra de arena completamente seca.
- Un recipiente de masa y volumen conocido.
- Una varilla lisa punta de bala de 5/8” de diámetro.





## “DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”



- Una balanza.
- Un cucharón.
- Una pala.

### Procedimiento:

1. Se coloca la arena en un lugar seco y limpio, para poder palearla y dividirla en 4 partes iguales, como en el procedimiento de “Muestreo en agregados pétreos” prueba que se explicó anteriormente.
2. Se vacía arena dentro del recipiente dejándose caer a una altura de aproximadamente 5 cm medida a partir de la arista superior del recipiente (Ilustración 23), distribuyendo uniformemente el material y llenando completamente el recipiente hasta colmarlo formando un cono.



*Ilustración 23. Vaciado del material a 5 cm de la altura del recipiente. (Fuente: Elaboración Propia)*

3. Enseguida se enrasa el recipiente con la varilla y se limpia el recipiente de las partículas adheridas en las paredes exteriores procediendo a pesarlo
4. La masa obtenida se le resta el peso del recipiente para obtener la masa de la arena (Ilustración 24).



Ilustración 24. Enrasado y pesado del material pétreo MVSS. (Fuente: Elaboración Propia.)

**Formulas a usar:**

$$MVSS = \frac{M}{V}$$

Donde:

M= masa de la arena en gramos

V= volumen del recipiente en cm<sup>3</sup>

MVSS= Masa volumétrica seca y suelta en gr/cm<sup>3</sup>

### 3.1.6. Masa volumétrica seca varillada (MVSV)

Tiene como propósito obtener la masa por unidad de volumen de una arena, cuando el material tiene una determinada compactación.

**Equipo necesario:**

- Una muestra de arena completamente seca.
- Un recipiente de masa y volumen conocido.
- Una varilla lisa punta de bala de 5/8” de diámetro.



## “DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”



- Una balanza.
- Un cucharón.
- Una pala.

### Procedimiento

1. Se hace el mismo procedimiento de paleado de la muestra, en un lugar seco y limpio como se mencionó en la prueba anterior.
2. Se llena el recipiente con arena a volteo dejándola caer a una altura aproximada de 5 cm, el llenado del recipiente debe de hacerse en tres capas dando a cada capa de arena 25 golpes con la varilla punta de bala (Ilustración 25), distribuyéndolos en toda la superficie del material (NMX-C-073-ONNCCE, 2014).
3. Debe cuidarse que la varilla no penetre en la capa anterior al dar los golpes. Se enrasa el recipiente con la varilla punta de bala y se limpian todas las partículas que hayan quedado adheridas a las paredes exteriores.



*Ilustración 25. Golpes al material con la varilla punta de bala. (Fuente: Elaboración Propia.)*

4. Después de haber realizado los pasos anteriores se pesa el recipiente con el material y se le resta el peso del recipiente para así obtener la masa neta del material (Ilustración 26).



Ilustración 26. Enrasado y pesado del material MVSV. (Fuente: Elaboración Propia.)

**Formulas a usar:**

$$MVSV = \frac{M}{V}$$

Donde:

M= masa de la arena en gramos

V= volumen del recipiente en cm<sup>3</sup>

MVSV= Masa volumétrica seca varillada en gr/cm<sup>3</sup>



## 3.2. Caracterización de cementantes

Para nuestros cementantes se les hicieron las pruebas necesarias basándonos en la normativa que se muestra en la Tabla 4, sobre todo para los cementos.

Tabla 4. Normativa para pruebas en cemento. (Fuente: Elaboración Propia.)

Determinación de la consistencia normal.	NMX-C-057-ONNCCE-2010.
Determinación del tiempo de fraguado de cementantes hidráulicos (Método Vicat)	NMX-C-059-ONNCCE-2010
Determinación de la densidad.	NMX-C-152-ONNCCE-2015.

### 3.2.1. Cemento

Para cada una de las pruebas usaremos cemento CPC 30R RS.

#### 3.2.1.1. Densidad

El análisis de la densidad aparente del cemento se realiza a una muestra representativa del cemento a emplear en el diseño de la mezcla de concreto/mortero tal y como se obtiene después de la fabricación y comercialización del cemento.

#### Equipo

- Muestra representativa de cemento de 50 g aproximadamente.
- Frasco de Le Chatelier.
- Balanza con aproximación a los 0.1 gramos.
- Queroseno exento de agua (Gasolina, petróleo)
- Una charola o recipiente.
- Agua.
- Un termómetro.



## “DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”



- Un embudo.

### Procedimiento

1. Vertimos en el frasco de Le Chatelier queroseno (Petróleo), hasta la marca que se encuentra entre 0 y 1 ml. Tratando de no formar burbujas.
2. Se coloca en el recipiente con agua a temperatura ambiente, dejándolo por unos minutos para que el líquido que se encuentra dentro del frasco se homogenice con la temperatura que se encuentra en el recipiente.
3. Se toma la lectura en la parte inferior del menisco (Ilustración 27) y se anota como una lectura inicial del líquido.



*Ilustración 27. Lectura inicial del líquido. (Fuente: Elaboración Propia.)*

4. Se pesan aproximadamente 60 gramos de cemento (CPC 30R RS),
5. Con ayuda de un embudo, se va vertiendo el cemento dentro del frasco de Le Chatelier (Ilustración 27), teniendo cuidado de que no se tape y que no se quede pegado a las paredes del frasco.
6. Le colocamos el tapón al frasco, y dentro del recipiente con agua se dan vueltas de forma inclinada a todo el frasco, junto con lo que ya tiene dentro, para sacar las burbujas que se hayan formado.



**“DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”**



*Ilustración 28. Colocación del cemento CPC 30R RS, dentro del frasco Le Chatelier. (Fuente: Elaboración Propia.)*

7. Se deja de nuevo el frasco como en el paso N°2.
8. Se toma la lectura de la parte inferior del menisco tomándola como una lectura final para los cálculos (Ilustración 29).



*Ilustración 29. Lectura final de densidad del cemento. (Fuente: Elaboración Propia.)*



**Formulas a usar:**

$$Densidad = \frac{\text{masa del cemento hidráulico (g)}}{\text{volumen del líquido desplazado (ml)}}$$

Donde:

M= masa del cemento hidráulico en gramos

V= volumen del líquido desplazado en ml

Densidad= densidad del cemento en en g/ml, g/cm<sup>3</sup>

### 3.2.1.2. Consistencia normal

Tiene como por objetivo conseguir la cantidad de agua necesaria para combinarla con cierta cantidad en peso del cemento, para que nos ayude a efectuar las pruebas necesarias como la de Tiempo de fraguado.

**Equipo necesario:**

- Muestra representativa del cemento de 60 g aproximadamente.
- Agua limpia.
- Una balanza con aproximación al décimo de gramo.
- Una probeta graduada de entre 100 y 200 mililitros.
- Un aparato de vicat.
- Un cristal liso.
- Un recipiente de cerámica para mezclar.
- Una espátula.
- Pesas con variaciones permitidas por la norma (NMX-C-057-ONNCCE, 2015).

**Procedimiento:**





## “DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”



1. Se pesan con ayuda de la balanza 600 gramos aproximadamente del cemento que se está utilizando (en este caso en un CPC 30R RS).
2. De forma iterativa iremos colocando la cantidad de agua necesaria en porcentaje.
3. Con ayuda de una espátula se hace el cemento en forma de cráter (Ilustración 30), dejando caer el agua en el centro de este, hasta lograr que todo el cemento esté humedecido, tomando en cuenta que se debe de hacer en un tiempo aproximado de 30 segundos.
4. En otro ciclo de 30 segundos dejamos reposar la mezcla.
5. Auxiliándonos de unos guantes de látex para evitar quitarle humedad a la mezcla se empieza a amasar, durante un tiempo de 1.5 segundos.



*Ilustración 30. Realización de cráter para hacer el vertido del agua. (Fuente: Elaboración Propia.)*

6. En los primeros 30 segundos se hace una esfera en las manos con la mezcla, en los segundos 30 segundos la esfera se pasa de un extremo de la mano a la otra tratando de tener una distancia entre mano y mano de 15 centímetros, en los últimos 1.5 segundos se deja descansar la esfera en una de las manos (NMX-C-057-ONNCCE, 2015).



**“DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”**



7. Después se colocará haciendo presión por la boca del anillo mayor en el aparato de Vicat (Ilustración 31), el exceso que quede en el aparato se quitará con ayuda de una espátula.
8. La base mayor del aparato de Vicat, se reposará en un cristal liso.



*Ilustración 31. Colocación de la masa en el anillo del aparato de Vicat. (Fuente: Elaboración Propia.)*

9. Se colocará en contacto con el embolo de la superficie de la pasta y se apretará el tornillo sujetador (tomemos en cuenta que todo debe de estar en ceros para poder tomar las lecturas).
10. Se deja caer la aguja sobre la superficie de la pasta de cemento dejando pasar 30 segundos y se toma la lectura de penetración de la aguja (Ilustración 31).



*Ilustración 32. Medición de la penetración a la masa del cemento. (Fuente: Elaboración Propia.)*

Nota:

Se tiene en cuenta que, para la consistencia normal, lo que debemos conocer es la cantidad de agua para que la aguja de 1 cm de diámetro penetre la pasta de cemento elaborada con dicha agua, se tuvo en cuenta la temperatura y humedad del día en que se realizó la prueba.

### 3.2.1.3. Tiempo de fraguado

Esta prueba nos ayudará a determinar el tiempo de fraguado inicial y final del cemento hidráulico mediante las agujas del aparato de Vicat

**Equipo necesario:**

- Un aparato de Vicat.
- Una balanza.
- Probetas graduadas.

**Procedimiento:**

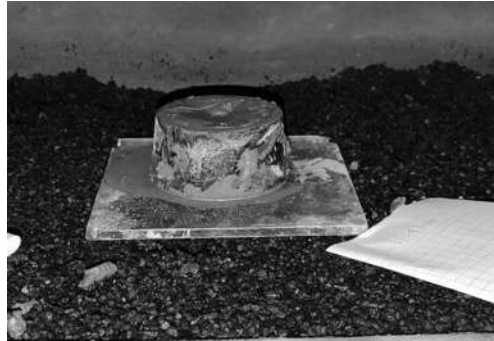
---



## “DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”



1. Se hacen los mismos pasos que en la prueba anterior de “Consistencia normal”.
2. Teniendo la misma cantidad de cemento y el agua necesaria que se usó para la prueba anterior, se procede a cambiar la aguja del aparato de Vicat, por la que ya está normada (NMX-C-059-ONNCCE, 2017).



*Ilustración 33. Colocación de la masa de cemento en el cuarto húmedo. (Fuente: Elaboración Propia.)*

3. Se llevará al cuarto húmedo para tener la temperatura y humedad que corresponden desde la prueba anterior (Ilustración 33).
4. Se tomarán las lecturas cada 30 minutos, dejando caer la aguja verificando cuanto es lo que penetra esta misma (Ilustración 34).



*Ilustración 34. Lectura del fraguado final. (Fuente: Elaboración Propia.)*



### 3.2.2. Mortero

#### 3.2.2.1. Masa volumétrica seca y suelta (MVSS)

Esta prueba tiene como por objetivo determinar la masa por unidad de volumen del mortero cuando el acomodo de sus partículas es en forma libre o natural.

##### **Equipo necesario:**

- Una muestra de mortero completamente seca.
- Un recipiente de masa y volumen conocido.
- Una varilla lisa punta de bala de 5/8” de diámetro.
- Una balanza.
- Un cucharón.
- Una pala.

##### **Procedimiento:**

1. Se vacía mortero dentro del recipiente dejándose caer a una altura de aproximadamente 5 cm medida a partir de la arista superior del recipiente, distribuyendo uniformemente el material y llenando completamente el recipiente hasta colmarlo formando un cono.
2. Enseguida se enrasa el recipiente con la varilla (Ilustración 35) y se limpia el recipiente de las partículas adheridas en las paredes exteriores procediendo a pesarlo
3. La masa obtenida se le resta el peso del recipiente para obtener la masa del mortero.



**“DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”**



*Ilustración 35. Enrasado de mortero para la MVSS. (Fuente: Elaboración Propia)*

**Formulas a usar:**

$$MVSS = \frac{M}{V}$$

Donde:

M= masa del mortero en gramos

V= volumen del recipiente en cm<sup>3</sup>

MVSS= Masa volumétrica seca y suelta en gr/cm<sup>3</sup>



### 3.2.3. Cal

#### 3.2.3.1. Densidad

El análisis de la densidad aparente de la cal se realiza a una muestra representativa de cal a emplear en el diseño de la mezcla de concreto/cal.

##### **Equipo necesario:**

- Muestra representativa de cal de 50 g aproximadamente.
- Un frasco de Le Chatelier.
- Una balanza con aproximación a los 0.1 gramos.
- Queroseno exento de agua (Gasolina, petróleo).
- Una charola o recipiente.
- Agua.
- Un termómetro.
- Un embudo.

##### **Procedimiento:**

1. Vertimos en el frasco de Le Chatelier queroseno (Petróleo), hasta la marca que se encuentra entre 0 y 1 ml. Tratando de no formar burbujas.
2. Se coloca en el recipiente con agua a temperatura ambiente, dejándolo por unos minutos para que el líquido que se encuentra dentro del frasco se homogenice con la temperatura que se encuentra en el recipiente.
3. Se toma la lectura en la parte inferior del menisco y se anota como una lectura inicial del líquido.
4. Se pesan aproximadamente 60 gramos de cal
5. Con ayuda de un embudo, se va vertiendo el cemento dentro del frasco de Le Chatelier (Ilustración 36), teniendo cuidado de que no se tape y que no se quede pegado a las paredes del frasco.



## “DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”



Ilustración 36. Vaciado de la cal en el frasco de Le Chatelier. (Fuente: Elaboración Propia.)

6. Le colocamos el tapón al frasco, y dentro del recipiente con agua se dan vueltas de forma inclinada a todo el frasco, junto con lo que ya tiene dentro, para sacar las burbujas que se hayan formado.(NMX-C-152-ONNCCE, 2015).
7. Se deja de nuevo el frasco como en el paso N°2.
8. Se toma la lectura de la parte inferior del menisco tomándola como una lectura final para los cálculos (Ilustración 37).



Ilustración 37. Toma de lectura final, para la Densidad de la cal. (Fuente: Elaboración Propia.)

### Formulas a usar:

$$\text{Densidad} = \frac{\text{masa de la cal (g)}}{\text{volumen del líquido desplazado (ml)}}$$





Donde:

M= masa de la cal en gramos

V= volumen del líquido desplazado en ml

Densidad= densidad de la cal en en g/ml, g/cm<sup>3</sup>

### **3.2.3.2. Masa volumétrica seca y suelta (MVSS)**

Esta prueba tiene como por objetivo determinar la masa por unidad de volumen de la cal cuando el acomodo de sus partículas es en forma libre o natural.

#### **Equipo necesario:**

- Una muestra de cal completamente seca.
- Un recipiente de masa y volumen conocido.
- Una varilla lisa punta de bala de 5/8” de diámetro.
- Una balanza.
- Un cucharón.
- Una pala.

#### **Procedimiento:**

1. Se vacía la cal dentro del recipiente dejándose caer a una altura de aproximadamente 5 cm medida a partir de la arista superior del recipiente (Ilustración 38), distribuyendo uniformemente el material y llenando completamente el recipiente hasta colmarlo formando un cono.

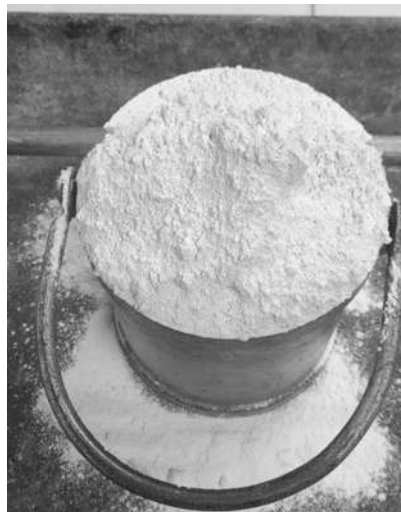


## “DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”



*Ilustración 38. Llenado de recipiente de MVSS, con altura de 5 cm a partir de la arista superior. (Fuente: Elaboración Propia.)*

2. Enseguida se enrasa el recipiente con la varilla (Ilustración 39) y se limpia el recipiente de las partículas adheridas en las paredes exteriores procediendo a pesarlo.
3. La masa obtenida se le resta el peso del recipiente para obtener la masa de la cal.



*Ilustración 39. Enrasado de la cal para sacar la MVSS. (Fuente: Elaboración Propia.)*



**Formulas a usar:**

$$MVSS = \frac{M}{V}$$

Donde:

M= masa de la cal en gramos

V= volumen del recipiente en cm<sup>3</sup>

MVSS= Masa volumétrica seca y suelta en gr/cm<sup>3</sup>

### **3.3. Análisis de mezclas plásticas aglomerantes en estado fresco**

Es importante conocer la fluidez que tiene una mezcla de agregado pétreo con cemento, cal o cemento de albañilería. Ya que dependiendo de la cantidad de agregado fino que se tenga será así el porcentaje de agua que se agregue para que esta sea manejable.

En la norma (N-CMT-2-01-004/02, 2002) Materiales para mamposterías”, nos menciona que el mortero se divide en tipo I, II, III, la cual tendrá una parte de cemento Portland y variará según la parte de arena, el cemento de albañilería y las partes de cal. Nos menciona que las partes de arena deben ser “No menos de 2.25 ni más de 4 veces la suma de los cementantes en volumen”.

Así como en la norma(NMX-C-061-ONNCCE, 2015), nos menciona que la fluidez requerida para un cemento CPC, CPP, CPEG, CPS y CEG, que la cantidad de agua sea la necesaria para que de  $110 \pm 5$ . Y en la norma(NMX-C-486-ONNCCE, 2014), nos hace mención de que la fluidez será del 105 al 130%.

Así que tomamos la relación de que en la mesa fluidez nuestra mezcla debe estar en el rango de fluidez desde el 105% al 130% de agua.

Se hizo seguimiento de la Tablas 5, 6 y 7, mostradas a continuación para realizar las mezclas.



**“DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”**



Tabla 5. Proporciones para mezclas de mortero Tipo I. (Fuente: N-CMT-2-01-004/02)

<b>Tipo</b>	<b>Cemento</b>	<b>Albañilería</b>	<b>Cal</b>	<b>Arena</b>
Tipo 1	1	-	0	2.25
	1	-	1/4	2.25
	1	-	0	2.5
	1	-	1/4	2.5
	1	-	0	2.75
	1	-	1/4	2.75
	1	-	0	3
	1	-	1/4	3
	1	-	0	3.25
	1	-	1/4	3.25
	1	-	0	3.5
	1	-	1/4	3.5
	1	-	0	3.75
	1	-	1/4	3.75
	1	-	0	4



“DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”



Tipo 1	1	-	1/4	4
	1	1/2	-	2.25
	1	1/2	-	2.5
	1	1/2	-	2.75
	1	1/2	-	3
	1	1/2	-	3.25
	1	1/2	-	3.5
	1	1/2	-	3.75
	1	1/2	-	4

Tabla 6. Proporciones para mezclas de mortero Tipo II. (Fuente: N-CMT-2-01-004/02)

Tipo	Cemento	Albañilería	Cal	Arena
Tipo II	1	-	1/2	2.25
	1	-	1/2	2.5
	1	-	1/2	2.75
	1	-	1/2	3



**“DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”**



Tabla

1	-	1/2	3.25
1	-	1/2	3.5
1	-	1/2	3.75
1	-	1/2	4
1	1	-	2.25
1	1	-	2.5
1	1	-	2.75
1	1	-	3
1	1	-	3.25
1	1	-	3.5
1	1	-	3.75
1	1	-	4

*7. Proporciones para mezclas de mortero Tipo III. (Fuente: N-CMT-2-01-004/02)*

<b>Tipo</b>	<b>Cemento</b>	<b>Albañilería</b>	<b>Cal</b>	<b>Arena</b>
Tipo III	1	-	1 1/4	2.25
	1	-	1 1/4	2.5
	1	-	1 1/4	2.75
	1	-	1 1/4	3



## “DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”



	1	-	1 1/4	3.25
	1	-	1 1/4	3.5
	1	-	1 1/4	3.75
	1	-	1 1/4	4

Por cada tipo se hacían mezclas con diferentes proporciones de arena y agua, añadiendo cemento, cal o cemento de albañilería. Por tanto, se hicieron 48 mezclas por cada arena y de cada mezcla se la elaboración de cubos.

Cada mezcla fue hecha con la cantidad en peso de 500 g de cemento (CPC 30R RS), para no desperdiciar material, con esto se obtuvieron los valores en volumen.

Para realizar la prueba de fluidez que se muestra a continuación, se hizo de la manera mencionada anteriormente, recordando que se hará la misma prueba para los tres tipos de agregado fino que tenemos.

### 3.3.1. Fluidez

El objetivo de esta prueba es conocer la cantidad de agua que necesita una mezcla de un agregado pétreo y un cementante para que esta sea fluida y manejable.

#### Equipo necesario:

- Una mesa de fluidez.
- Un taladro.
- Un vernier.
- Un molde troncocónico.
- Tres probetas.
- Porciones de arena y cementantes.



**Procedimiento:**

1. Se pesaron 500 gramos de cemento CPC 30R RS, el cual se colocó en una probeta y se tomó su volumen.
2. En un recipiente de capacidad de 18 litros se colocaron 400 ml de cemento, según las partes de arena que correspondían si era un único cementante solo se hacía la multiplicación de esta manera:

$$\text{arena} = 400\text{ml} * 2.25$$

3. En el recipiente se revolvió arena + cemento + agua, haciendo uso del taladro para su mejor integración (Ilustración 40) (el agua se coloca de manera iterativa empezando desde el 0.6 hasta ir aumentando y conseguir el agua necesaria).



*Ilustración 40. Método de mezclado por medio del uso del taladro. (Fuente: Elaboración Propia.)*

4. Se moja la mesa de fluidez, se coloca el molde troncocónico en donde se vacía la mezcla en dos partes, la primera parte que llenamos hasta la mitad del molde, se le dan en forma de espiral 25 golpes con el pisón en un tiempo de 1 minuto. (Ilustración 41)
5. Pasado el minuto, se quita el molde y con la mesa de fluidez se deja caer 15 veces en un tiempo de 15 segundos.

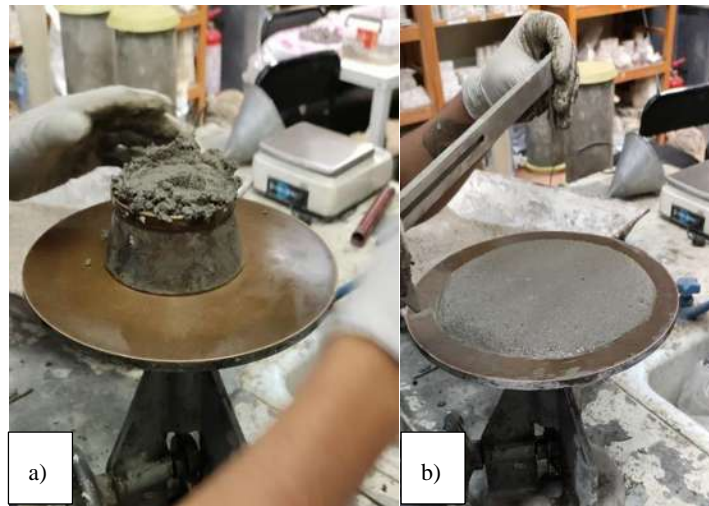




## “DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”



6. Con ayuda del vernier se mide la distancia que recorrió la mezcla en la mesa de fluidez (NMX-C-144-ONNCCE, 2015).
7. Se repite el mismo procedimiento las veces que sean necesarias hasta que la mezcla entre en una suma de distancias de 105 a 130.



*Ilustración 41.a) Llenado de molde, b) Medición de radio de expansión de la muestra. (Fuente: Elaboración Propia.)*

### 3.4. Elaboración de especímenes

Realizada cada mezcla con las diferentes proporciones de cementantes, agregado y agua, una vez obtenida la fluidez normada que esta entre 105% a 130% de agua. Por cada mezcla se elaboraron seis cubos, recordando que por arena son cincuenta y seis mezclas, por lo tanto, en total se elaboraron 288 cubos por arena, saliendo en total una cantidad de 864 cubos.



### 3.4.1. Elaboración de cubos

Para el moldado de los cubos se tiene que llevar a cabo bajo los estándares de la norma (NMX-C-061-ONNCCE, 2015), haciendo de manera adecuada cada paso que se nos menciona en esta misma.

Este proceso se llevó a cabo para todas las mezclas realizadas.

Para la elaboración de los cubos el equipo necesario, será:

- Un par de guantes de látex.
- Moldes para cubo.
- Una espátula.
- Un pisón.

#### Procedimiento:

1. Se limpian los moldes con ayuda de una estopa y una franela, para tenerlos libres de cualquier residuo o polvo.
2. Se cubre toda la superficie del molde, tanto interior como exterior de aceite, con la finalidad de poder desmoldarlos sin que se nos fracturen (Ilustración 42).



*Ilustración 42. Engrasado y llenado del molde con la mezcla. (Fuente: Elaboración Propia.)*



## “DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”



3. Se llena hasta la mitad el molde, se le dan 32 pequeños golpes con el pisón, se deja caer el molde 4 veces y se llena de nuevo la otra mitad restante del molde, dando de nuevo 32 golpes con ayuda del pisón.
4. Se quita el exceso y esperamos 5 minutos y se enrasa (Ilustración 43), se deja en el molde durante  $24 \pm 3$  horas.



*Ilustración 43. Terminación de llenado y enrasado de cubos. (Fuente: Elaboración Propia.)*

### 3.5. Curado de especímenes

Para el curado de los especímenes, se desmoldan después de  $24 \pm 3$  horas como lo indica la norma (NMX-C-486-ONNCCE, 2014).

Se dejan aproximadamente 15 minutos afuera para que se puedan marcar con la nomenclatura que se colocó a cada cubo.

Se meten a un recipiente con agua a temperatura ambiente (Ilustración 44), se tapan para que no caiga ningún residuo durante su curado y permanecen ahí hasta que cumplan la edad para ser sacados y probados posteriormente.



*Ilustración 44. Curado de los especímenes. (Fuente: Elaboración Propia.)*

### **3.6. Evaluación de mortero endurecido**

Al momento de tener nuestro mortero ya previamente endurecido, se hacen pruebas destructivas y no destructivas; las pruebas no destructivas nos darán valores del mortero endurecido sin necesidad de romper u afectar su composición y estructura del espécimen endurecido, mientras que las pruebas destructivas nos darán valores de resistencia afectando su composición y estructura.

Recordemos que por arena se hicieron 48 mezclas, y por cada mezcla se colaron 6 especímenes. Las pruebas a estos especímenes serán a edades de 7 y 28 días.

#### **3.6.1. Resistividad Eléctrica Húmeda (REH)**

Los ensayos no destructivos son una alternativa para evaluar estructuras que presentan alguna problemática en su matriz de concreto, permitiendo obtener información clave sobre el desempeño del material, sin comprometer físicamente la estructura.

Esta prueba tiene como objetivo determinar la resistividad eléctrica del concreto hidráulico en función del tipo de temperatura y ambiente para el espécimen. Como nos indica en la norma (NMX-C-514-ONNCCE, 2016).



## “DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”



La Ley de Ohm indica que la resistividad eléctrica es una propiedad recíproca de la conductividad, se considera una propiedad volumétrica de los materiales que indica su resistencia al paso de las cargas eléctricas y se representa por la siguiente ecuación:

$$R = \frac{V}{I} = \rho \frac{l}{A}$$

Donde:

R= resistividad eléctrica, en  $k\Omega\text{-cm}$

l= Longitud del espécimen, en cm

A= área transversal del espécimen, en  $\text{cm}^2$

### Equipo necesario:

- Un vernier
- Medidor de resistencia eléctrica o resistómetro
- Placas de acero inoxidable
- Esponja o Almohadillas absorbentes

### Procedimiento

1. Se sacan del agua y se dejan los cubos afuera durante 15 minutos aproximadamente para que se regulen con la temperatura del ambiente.
2. Se toman medidas de lado 1, lado 2 y espesor del cubo utilizando el vernier para una medida más exacta.
3. Los especímenes se sumergen en agua, las almohadillas se humedecen y se colocan encima de las placas metálicas.
4. Entre ambas placas se coloca el espécimen a probar y se somete éste a una corriente dada (I) y registrando un voltaje (E).
5. Se registra la resistividad dada por el aparato y con la ecuación que se presentó en la parte de arriba se saca la resistividad eléctrica para el cubo en prueba (Ilustración 45).

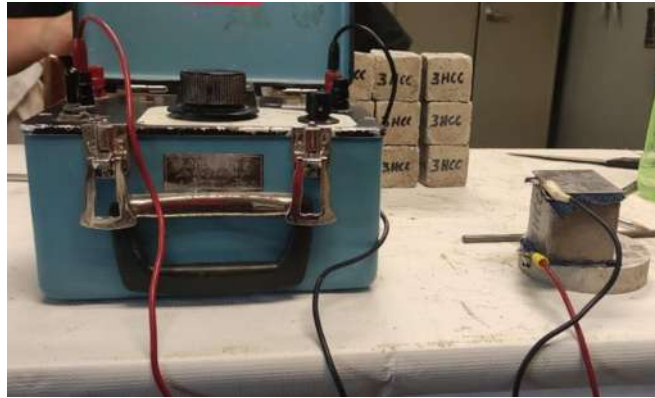


Ilustración 45. Toma de datos de resistividad. (Fuente: Elaboración Propia.)

### 3.6.2. Resistencia a la Compresión Simple

El propósito fundamental de medir la resistencia de los especímenes de pruebas de concreto es estimar la resistencia del concreto en la estructura real. El énfasis está en la palabra “estimar”, y realmente no es posible obtener más que una indicación de la resistencia del concreto en una estructura puesto que la misma depende, entre otras cosas, de lo adecuado de la compactación y del curado. La resistencia de un espécimen de prueba depende de su forma, proporciones y tamaño, de modo que un resultado de prueba no da el valor de la resistencia intrínseca del concreto

El objetivo de esta prueba es determinar la resistencia a la compresión simple de especímenes cúbicos de 50 mm (NMX-C-486-ONNCCE, 2014).

#### Equipo necesario:

- Máquina universal de Pruebas.

#### Procedimiento:

1. Se utilizan las medidas de la prueba de “Resistividad” (Lado 1, Lado 2 y espesor).



**“DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”**



2. Se llevan a la máquina universal, previamente ya calibrada, el centro del espécimen debe coincidir con el centro de la superficie de la placa de la maquina universal.
3. Se baja la placa de manera que este casi tocando el espécimen, y se le empieza a dar carga constante hasta que falle (Ilustración 46).
4. Fallado ya el espécimen se saca y se anota la resistencia máxima que tuvo.



*Ilustración 46. Fallo de espécimen (Fuente: Elaboración Propia.)*

**Formula a utilizar:**

$$R = \frac{W}{A}$$

Donde:

R= resistencia a la compresión, en kgf/cm<sup>2</sup>

W= carga máxima de la muestra, en kgf

A= área de contacto de la muestra, en cm<sup>2</sup>



### 3.6.3. Adherencia

En la prueba de adherencia hay que tener presente que es un ensayo que se hizo de forma empírica y visual, ya que no hay ninguna normativa que nos ayude para saber los estándares adecuados, por lo tanto, de manera visual se decidía si cumplía o no con el estándar que se lleva a cabo en obra.

Para las pruebas de adherencia, lo que se hizo fue elegir tres mezclas de acuerdo a sus características, por tipos de mortero del tipo I, II y III, volviéndolas a realizar con su proporcionamiento correspondiente.

Se hicieron tres muretes (Ilustración 47), después se dejan tres o cuatro días para que el tabique se adhiera de forma adecuada a la mezcla y viceversa.

Teniendo los muretes hechos y con un muro que se nos prestó afuera del laboratorio de materiales, se hizo una prueba de adherencia con la mezcla, aventándola de forma que se hace en obra, para revisar si realmente tiene esa adherencia con la pared del tabique, y que se pudiera aplanar.



*Ilustración 47. Realización de muretes. (Fuente: Elaboración Propia.)*

Para poder realizar la prueba de adherencia en el muro (Ilustración 48) de la parte de afuera del Laboratorio de Materiales se hizo una limpieza del muro, quitando algunos residuos orgánicos que se encontraban pegados en él, se colocó una lona en el suelo para evitar que se pegara la mezcla en el suelo. Por cada mezcla que se probaba, se volvía a enjuagar el muro para poder hacer otra prueba con diferente mezcla.





**“DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”**



*Ilustración 48. Prueba de adherencia en muro del Laboratorio de Materiales. (Fuente: Elaboración Propia.)*



## 4. Resultados y discusiones

### 4.1. Agregado pétreo

#### 4.1.1. Análisis granulométrico

A continuación, se muestran los resultados obtenidos del análisis granulométrico.

Tabla 8. Resultados del Análisis Granulométrico para el agregado del Banco "El Cuervo." (Fuente: Elaboración Propia.)

Abertura Malla (mm)	Malla	Peso retenido (gr)	% Retenido	% Ret acumulado	Calculado
4.76	4	0	0	0.00	100
2.36	8	31.4	4.41	4.41	95.58
1.18	16	109	15.31	19.71	80.28
0.6	30	224.6	31.54	51.26	48.73
0.3	50	193.2	27.13	78.39	21.60
0.15	100	138	19.38	97.78	2.21
0.075	200	9.8	1.38	99.15	0.84
0	Charola	6	0.84	100.00	0.00
	$\Sigma$	712	100.00		



**“DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”**



*Tabla 9. Resultados del Análisis Granulométrico para el agregado del Banco "El Coro." (Fuente: Elaboración Propia.)*

<b>Abertura Malla (mm)</b>	<b>Malla</b>	<b>Peso retenido (gr)</b>	<b>% Retenido</b>	<b>% Ret acumulado</b>	<b>Calculado</b>
4.76	4	0	0	0.00	100
2.36	8	46.8	5.89	5.89	94.10
1.18	16	115	14.48	20.37	79.62
0.6	30	187.2	23.58	43.95	56.04
0.3	50	96.2	12.12	56.07	43.92
0.15	100	190.6	24.01	80.07	19.92
0.075	200	87.6	11.03	91.10	8.89
0	Charola	70.6	8.89	100.00	0.00
	$\Sigma$	794	100.00		



**“DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”**



*Tabla 10. Resultados del Análisis Granulométrico para el agregado del Banco "Joyitas." (Fuente: Elaboración Propia.)*

<b>Abertura Malla (mm)</b>	<b>Malla</b>	<b>Peso retenido (gr)</b>	<b>% Retenido</b>	<b>% Ret acumulado</b>	<b>Calculado</b>
4.76	4	0	0	0.00	100
2.36	8	76.6	12.76	12.76	87.23
1.18	16	155.4	25.89	38.65	61.34
0.6	30	170.6	28.42	67.07	32.92
0.3	50	87.2	14.53	81.60	18.39
0.15	100	51.4	8.56	90.16	9.83
0.075	200	38.2	6.36	96.53	3.46
0	Charola	20.8	3.47	100.00	0.00
	$\Sigma$	600.2	100.00		

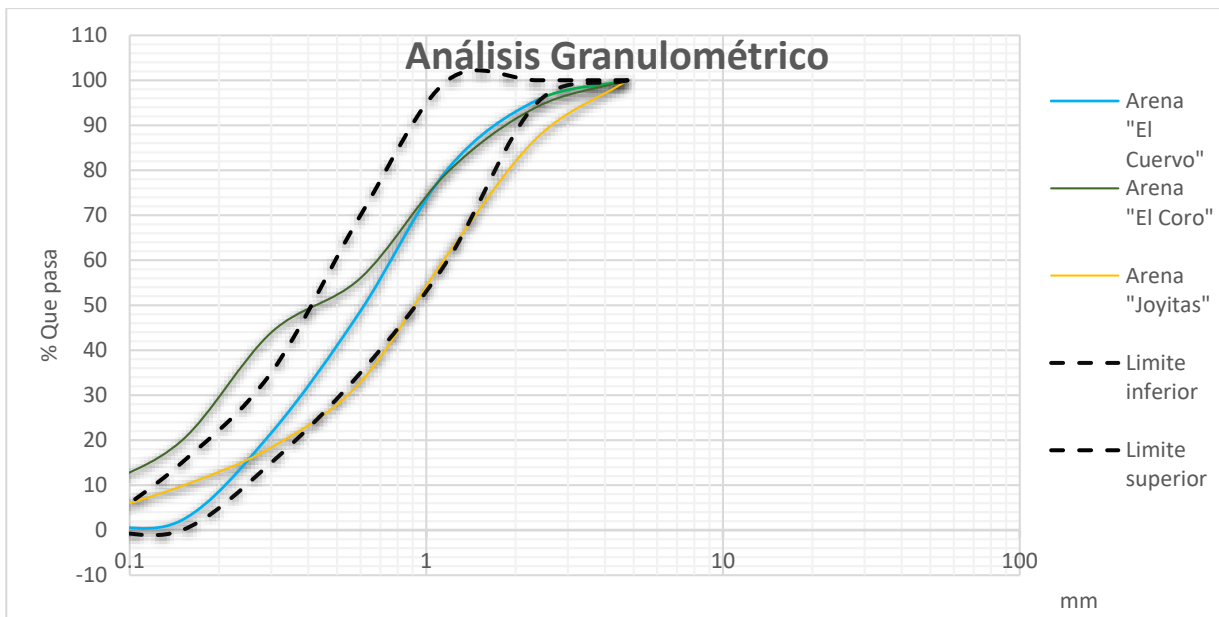


Ilustración 49. Análisis Granulométrico de los tres diferentes tipos de agregado pétreo. (Fuente: Elaboración Propia.)

Como se puede apreciar en la Ilustración 49, entre los límites permisibles que nos marca la norma, se encuentran las curvas granulométricas por cada una de las arenas analizadas. El agregado del banco de materiales “El cuervo” su curva granulométrica se encuentra entre ambos límites, teniendo una granulometría constante tanto como en agregado grueso y en agregado fino. En el agregado del banco de materiales “El Coro” se encuentra por encima del límite superior mostrando así que es una arena que tiene mucha cantidad de finos. Mientras que en el agregado del banco de materiales “Joyitas” su curva granulométrica se encuentra por debajo del límite inferior mostrando que tiene mayor cantidad de agregado grueso.

#### 4.1.2. Humedad de Absorción y Densidad

Dentro de la prueba de Humedad de Absorción se hicieron tres pruebas por cada arena, tomando un promedio (Tabla 11).

Como se observa en la Ilustración 50, el agregado pétreo que tiene una mayor absorción es “El Cuervo” (R), con un valor de 7.02% de absorción, mientras que en las demás



## “DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”



arenas “El Coro” (CH) y “Joyitas” (J), están por debajo del valor obtenido del “El cuervo”.

Tabla 11. Resultados de la prueba "Humedad de Absorción" en agregados pétreos. (Fuente: Elaboración Propia.)

Agregado pétreo	Humedad de absorción %
Agregado Banco “El cuervo” (R)	7.02
Agregado Banco “El Coro” (CH)	5.98
Agregado Banco “Joyitas” (J)	4.75

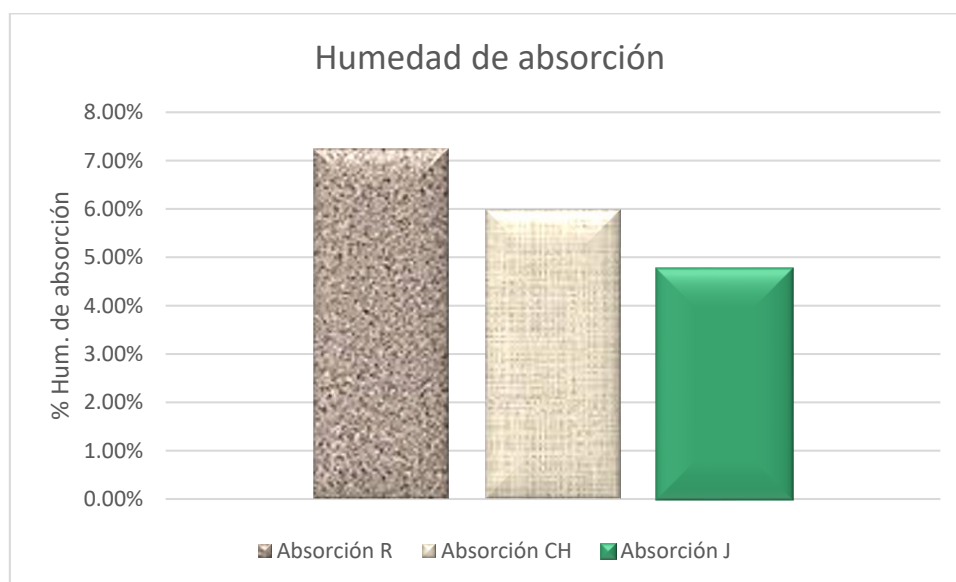


Ilustración 50. Gráfica de los resultados de la prueba "Humedad de Absorción" en agregados pétreos. (Fuente: Elaboración Propia.)

En la Tabla 12, se muestran los valores obtenidos de la prueba de Densidad para los agregados pétreos usados en la investigación, Podemos encontrar una mejor visualización en la Ilustración 51, en donde se muestra que el agregado de “Joyitas”



## “DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”



(J), que tiene un mayor valor de densidad, ~~más~~, sin embargo, entre las arenas restantes estudiadas no varía tanto la densidad de una a la otra.

Tabla 12. Resultados de la prueba "Densidad" en agregados pétreos. (Fuente: Elaboración Propia.)

Agregado pétreo	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )
Agregado Banco “El cuervo”	2.22
Agregado Banco “El Coro”	2.13
Agregado Banco “Joyitas”	2.40

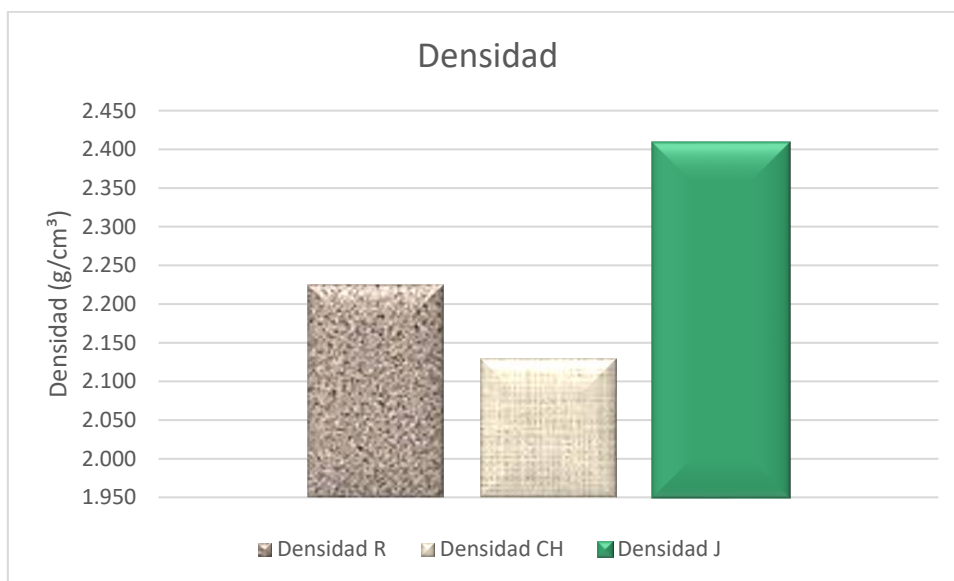


Ilustración 51. Gráfica de resultados de la prueba de "Densidad" en agregados pétreos. (Fuente: Elaboración Propia.)



### 4.1.3. Masa volumétrica seca y suelta (MVSS)

En la Tabla 13, que se muestra a continuación, se presentan los resultados obtenidos de la prueba de Masa Volumétrica Seca y Suelta para cada tipo de agregado pétreo que se estudió. Como se nos muestra en la Ilustración 52, entre las tres arenas estudiadas, el agregado “Joyitas” (J), teniendo un resultado de  $1.36 \text{ g/cm}^3$ , siendo el valor más alto.

Tabla 13. Resultados de la prueba MVSS en agregados pétreos. (Fuente: Elaboración Propia.)

Agregado pétreo	Masa volumétrica seca y suelta (MVSS) ( $\text{g/cm}^3$ )
Agregado Banco “El cuervo”	1.18
Agregado Banco “El Coro”	1.23
Agregado Banco “Joyitas”	1.36

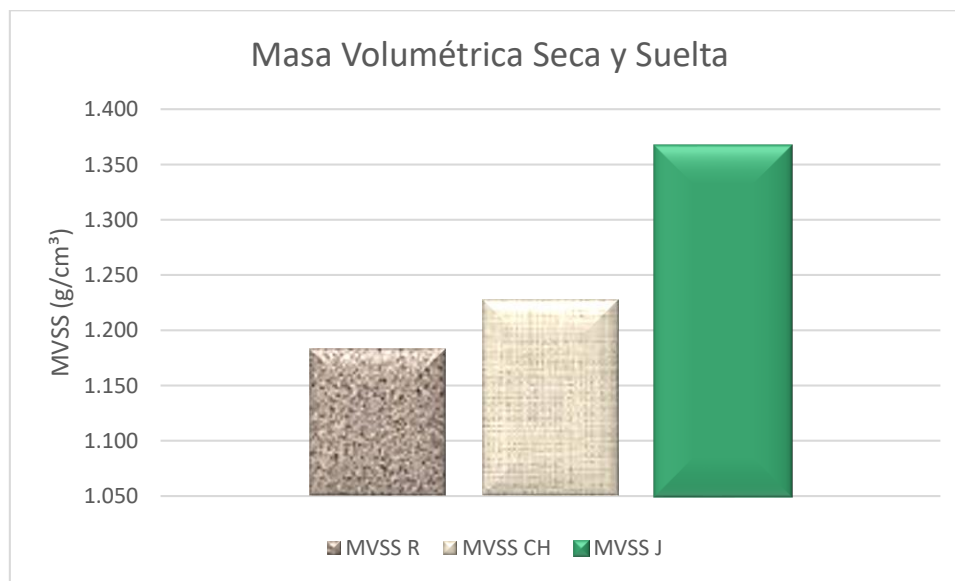


Ilustración 52. Gráfica con los resultados de la prueba "MVSS" en agregados pétreos. (Fuente: Elaboración Propia.)





#### 4.1.4. Masa volumétrica seca varillada (MVSV)

En la Tabla 14, se presentan los resultados de la prueba de Masa Volumétrica Seca Varillada. En la Ilustración 53, la arena que tiene mayor MVSV, es la arena de “Joyitas” y en cuanto a las demás están en un rango parecido.

Tabla 14. Resultados de la prueba MVSV en agregados pétreos. (Fuente: Elaboración Propia.)

Agregado pétreo	Masa volumétrica seca y suelta (MVSV) (g/cm <sup>3</sup> )
Agregado Banco “El cuervo”	1.28
Agregado Banco “El Coro”	1.36
Agregado Banco “Joyitas”	1.42

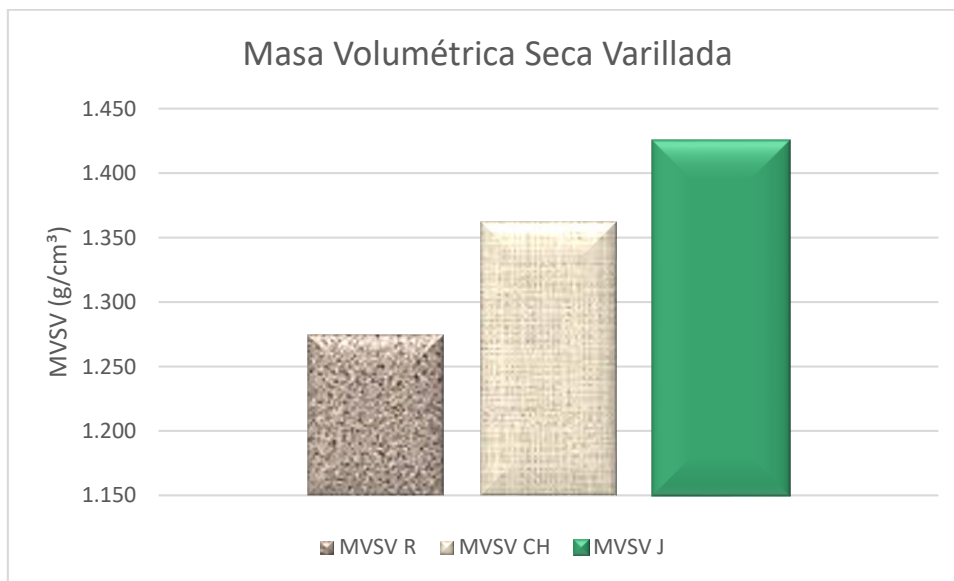


Ilustración 53. Gráfica de resultados de la prueba "MVSV" en agregados pétreos. (Fuente: Elaboración Propia.)



## 4.2. Cementantes

### 4.2.1. Cemento

#### 4.2.1.1. Densidad

El valor que se obtuvo en la prueba de Densidad para el Cemento Portland (CPC 30R RS) Tabla 15, se encuentra dentro de los valores establecidos en la norma (NMX-C-152-ONNCCE, 2015)

Los cuales están en rango de: 2.9 – 3.15 (g/cm<sup>3</sup>), por lo tanto, nuestro valor es aceptable.

Tabla 15. Resultados de Densidad en cemento CPC 30R RS. (Fuente: Elaboración Propia.)

Muestra	Peso del cemento (g)	Lectura inicial (Li)	Lectura final (Lf)	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Densidad Promedio (g/cm <sup>3</sup> )
1	60	0.7	20.7	3	2.97
2	60	0.6	20.6	3	
3	60	0.6	21.3	2.90	

#### 4.2.1.2. Consistencia normal

Para la prueba de Consistencia Normal, se le hizo al cemento en estudio CPC 30R RS mencionado anteriormente, en donde, por la cantidad de 600 g de cemento, su cantidad de agua óptima como se muestra en la Tabla 16, para que sea trabajable y tenga una buena calidad es del 32%. Se toma en cuenta que la cantidad de agua varía dependiendo de la temperatura ambiente en que se esté realizando la prueba.



*Tabla 16. Consistencia Normal del Cemento Portland CPC 30R RS. (Fuente: Elaboración Propia.).*

<b>Peso del cemento</b>	<b>600g</b>
<b>% Óptimo de agua</b>	32%

### 4.2.1.3. Tiempo de fraguado

En la norma (NMX-C-021-ONNCCE, 2015), nos hace mención de los límites permisibles que son los siguientes:

- Fraguado inicial: Mínimo 90 minutos.
- Fraguado final: Máximo 1080 minutos.

Por lo que se nos muestra en la Tabla 17, está en el rango adecuado para poder realizar nuestras pruebas con este tipo de cemento.

*Tabla 17.. Tiempos de Fraguado del Cemento Portland CPC 30R RS.*

<b>Muestra</b>	<b>Tiempo de fraguado inicial (min)</b>	<b>Tiempo de fraguado final (min)</b>	<b>Penetración de fraguado inicial (mm)</b>	<b>Penetración de fraguado final (mm)</b>
1	120	260	24	0
2	135	240	20	0

## 4.2.2. Mortero

### 4.2.2.1. Masa volumétrica seca y suelta (MVSS)



## “DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”



En la Tabla 18 se presenta el promedio de los resultados obtenidos en la prueba de Masa Volumétrica Seca y Suelta en mortero marca Holcim.

Tabla 18. Resultado de la prueba "MVSS" en morteros. (Fuente: Elaboración Propia.)

<i>MVSS</i>	<i>g/cm<sup>3</sup></i>
<i>Promedio</i>	1.63

### 4.2.3. Cal

#### 4.2.3.1. Densidad

En la Tabla 19 se muestran los resultados de la prueba de Densidad en cal, teniendo en cuenta los límites permisibles que nos marca la normativa para cementantes, se encuentra en un rango aceptable.

Tabla 19. Resultados de la prueba "Densidad" en cal. (Fuente: Elaboración Propia.)

<b>Muestra</b>	<b>Peso de la cal (g)</b>	<b>Lectura inicial (Li)</b>	<b>Lectura final (Lf)</b>	<b>Densidad (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Densidad Promedio (g/cm<sup>3</sup>)</b>
1	60	0.4	23.7	2.58	2.61
2	50	0.3	19.2	2.65	



### 4.2.3.2. Masa volumétrica seca y suelta (MVSV)

En la Tabla 20 se presenta el promedio de los resultados obtenidos en la prueba de Masa Volumétrica Seca y Suelta en cal marca Calidra.

Tabla 20. Resultados de la prueba "MVSS" en cal. (Fuente: Elaboración Propia.)

<i>MVSS</i>	<i>g/cm<sup>3</sup></i>
<i>Promedio</i>	1.22

## 4.3. Análisis de mezclas plásticas aglomerantes en estado endurecido

### 4.3.1. Fluidéz

Para las pruebas de fluidez, se hicieron 8 mezclas por tipo de mortero, dividiéndolo por tipo de mezcla, por lo tanto, en las siguientes graficas de la Ilustración 54 a la Ilustración 59 se muestran los resultados de fluidez según su proporción de arena y cementantes, cada gráfica corresponde a un agregado pétreo diferente.

Antes de pasar a las gráficas se muestra la siguiente leyenda, que nos marca la simbología que fue usada para estas mismas.

Recordemos que: los tres tipos de arenas son designadas como:

1. Arena de Río “El Cuervo” que la nombraremos con la letra “R”
2. Arena de Río “El Coro” que la nombraremos con las letras “CH”
3. Arena de volcánica de “Joyitas” que la nombraremos con la letra “J”



## “DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”



Leyenda:

R= Arena de Río (“El Cuervo”).

CH= Arena de Cd. Hidalgo (“El Coro”)

J= Arena de Joyitas.

1C= Unidad de Cemento en vol.

A= Arena.

$\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$ ,  $1 \frac{1}{4}$  C= Proporciones diferentes de Cal.

$\frac{1}{2}$ , 1 M= Proporciones diferentes de Mortero.

En la Ilustración 54 se muestra la relación de Fluides de la arena R, CH y J, para el primer tipo de mezcla de Mortero Tipo I, que contiene lo siguiente: 1 unidad de cemento (CPC 30R RS), más arena, y diferentes proporciones de agua. Podemos ver que entre menor sea la cantidad de arena menor es la cantidad de agua que se utiliza.

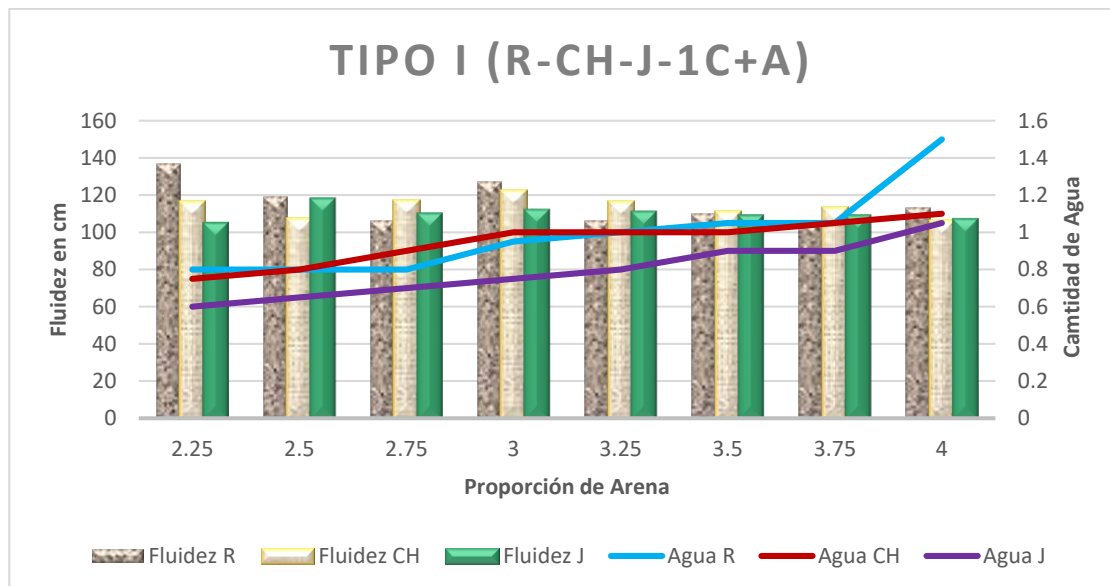


Ilustración 54. Gráfica de Mortero Tipo I para mezclas con Cemento + Arena. (Fuente: Elaboración Propia.)



## “DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”



En la Ilustración 53 se muestra la relación de Fluidéz de la arena R, CH y J, para el primer tipo de mezcla de Mortero Tipo I, que contiene lo siguiente: 1 unidad de cemento (CPC 30R RS), más arena, más una cuarta parte de cal, y diferentes proporciones de agua. Podemos visualizar que la mezcla en las primeras proporciones de arena de 2.25 a 3, en los tres diferentes tipos de agregado se usó aproximadamente la misma cantidad de agua. A mayor cantidad de arena y cementantes, mayor cantidad de agua.

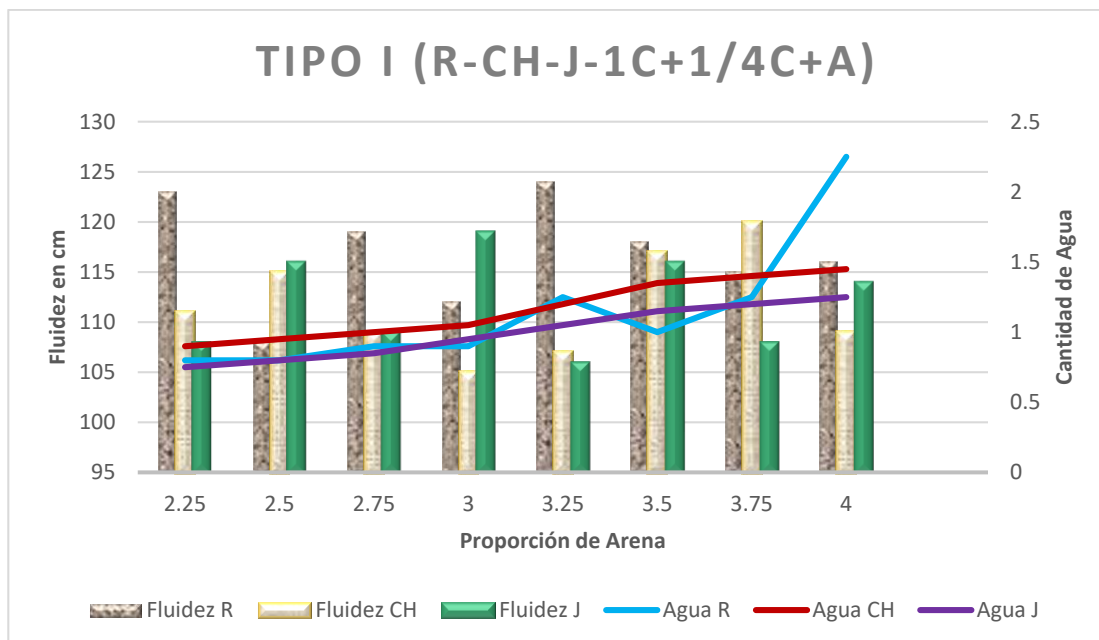


Ilustración 55. Gráfica de Mortero Tipo I para mezclas con Cemento + Arena + 0.25 de Cal. (Fuente: Elaboración Propia.)

En la Ilustración 56 se muestra la relación de Fluidéz de la arena R, CH y J, para el primer tipo de mezcla de Mortero Tipo I, que contiene lo siguiente: 1 unidad de cemento (CPC 30R RS), más arena, más media parte de mortero, y diferentes proporciones de agua.



## “DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”



En cuanto al agregado del banco “El Cuervo”, es el que necesitó más cantidad de agua para llegar a una fluidez dentro de norma, recordando también que su absorción es más alta. Mientras que la arenas denominadas J, y CH, se mantienen en un rango más parecido entre cantidad de agua.

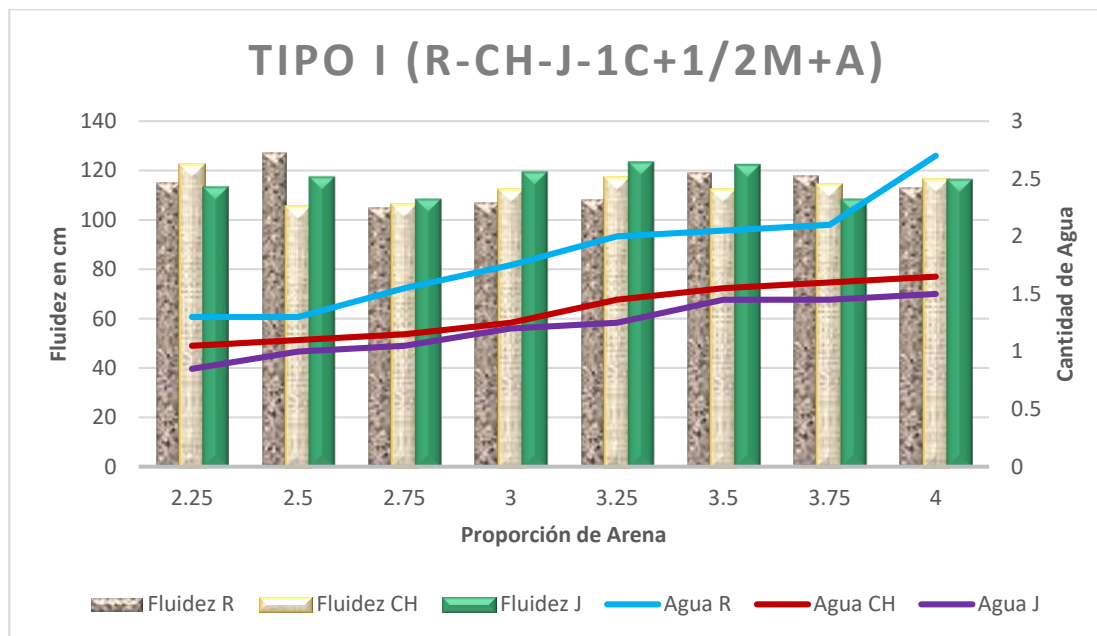


Ilustración 56. Gráfica de Mortero Tipo I para mezclas con Cemento + Arena + 0.5 de Mortero. (Fuente: Elaboración Propia.)

En la Ilustración 57 se muestra la relación de Fluidez de la arena R, CH y J, para el primer tipo de mezcla de Mortero Tipo II, que contiene lo siguiente: 1 unidad de cemento (CPC 30R RS), más arena, más media parte de cal, y diferentes proporciones de agua.

Para entrar en el rango de la fluidez y trabajabilidad, en los agregados denominados CH y J, se necesitó la misma cantidad de agua. Mientras que el agua para el agregado





## “DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”



R, fue menos, ya que el uso de más cementante como es la cal, hizo que bajara la cantidad de agua necesaria.

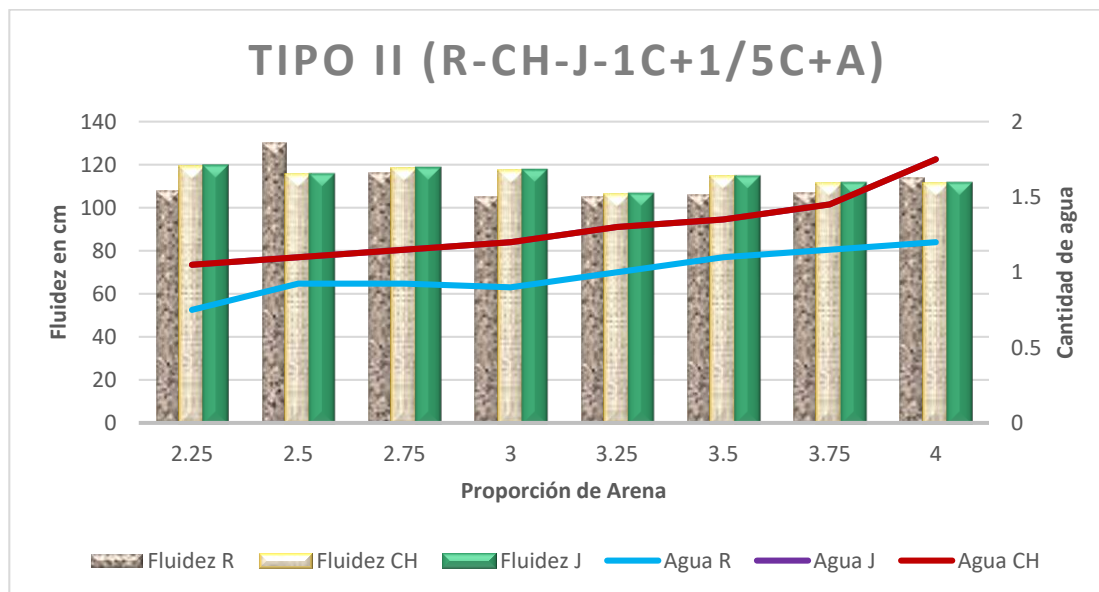


Ilustración 57. Gráfica de Mortero Tipo II para mezclas con Cemento + Arena + 0.5 de Cal. (Fuente: Elaboración Propia.)

En la Ilustración 58 se muestra la relación de Fluidez de la arena R, CH y J, para el primer tipo de mezcla de Mortero Tipo II, que contiene lo siguiente: 1 unidad de cemento (CPC 30R RS), más arena, más una unidad de mortero, y diferentes proporciones de agua.

Para cada tipo de agregado fino fue diferente la cantidad de agua empleada, ya que se hizo la mezcla con dos diferentes cementantes como lo es el mortero y el cemento.

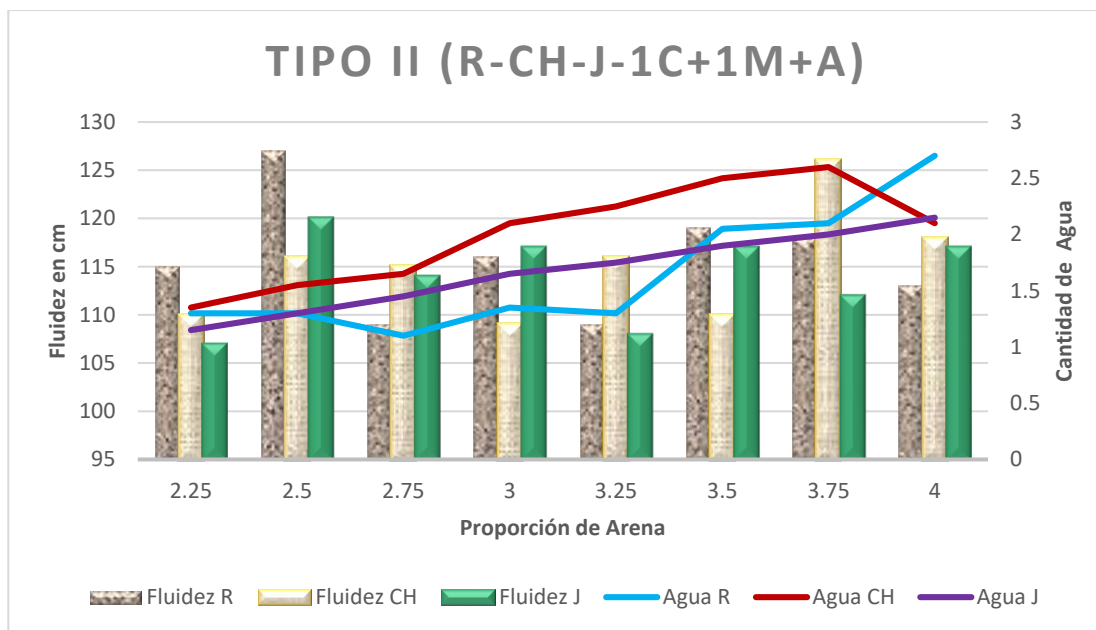


Ilustración 58. Gráfica de Mortero Tipo II para mezclas con Cemento + Arena + Mortero. (Fuente: Elaboración Propia.)

En la Ilustración 59 se muestra la relación de Fluidez de la arena R, CH y J, para el primer tipo de mezcla de Mortero Tipo III, que contiene lo siguiente: 1 unidad de cemento (CPC 30R RS), más arena, más una y una cuarta parte de cal, y diferentes proporciones de agua.

Se puede visualizar que el agregado denominado R, fue menos cantidad de agua empleada, a comparación con los agregados CH y J, ya que al utilizar más material cementante se necesitó más agua.

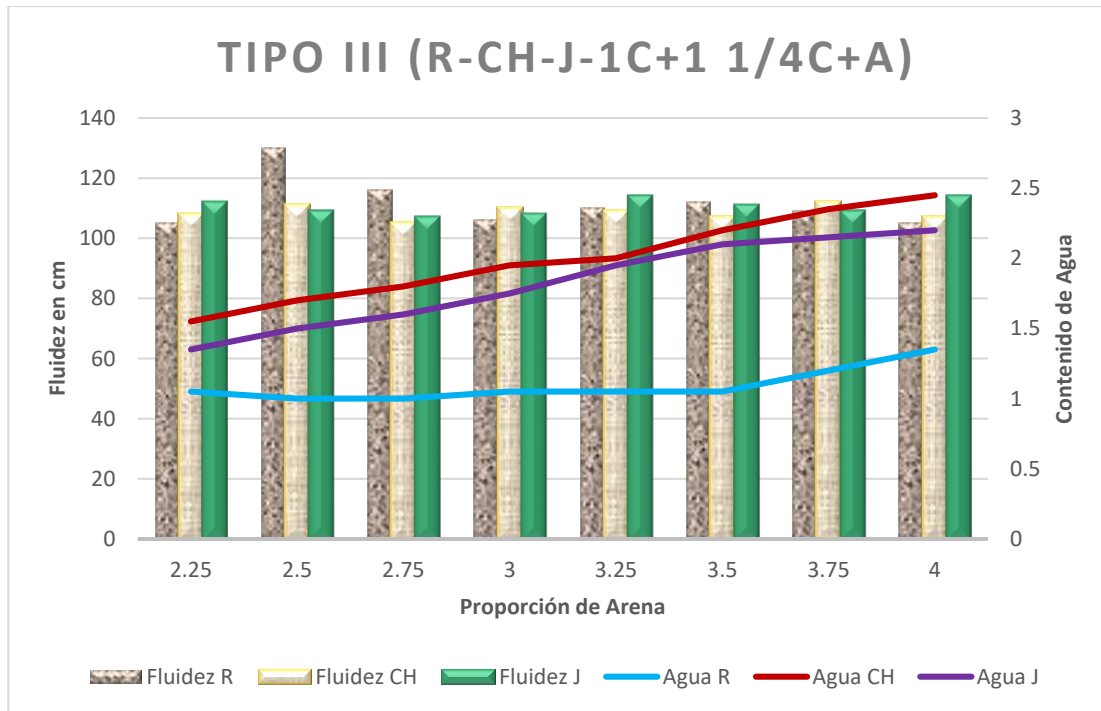


Ilustración 59. Gráfica de Mortero Tipo III para mezclas con Cemento + Arena + 1.25 de Cal. (Fuente: Elaboración Propia.)

### 4.3.2. Resistividad Eléctrica Húmeda (REH)

La Norma (NMX-C-514-ONNCCE, 2016) toma en cuenta el criterio de evaluación de la Resistividad eléctrica real para especímenes de concreto (Tabla 21).

Tabla 21. Criterio de evaluación de resistividad eléctrica real de especímenes de concreto. (Fuente: NMX-521-ONNCCE-2016.)

Resistividad	Probabilidad de Corrosión.
>100-200 kΩ-cm	El concreto es muy denso, por lo que su porosidad interconectada es extremadamente baja, al igual que el transporte de agentes agresivos hacia el acero de refuerzo.



## “DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”



50 a 100 kΩ-cm	El concreto tiene una porosidad interconectada baja, dificultando el transporte de agentes agresivos al acero de refuerzo. Las velocidades de corrosión del mismo acero son bajas.
10 a 50 kΩ-cm	El concreto tiene una porosidad interconectada de consideración, permitiendo que el transporte de agentes agresivos hacia el acero de refuerzo sea más rápido.
< 10 kΩ-cm	El concreto tiene una porosidad interconectada excesiva, permitiendo que el transporte de agentes agresivos hacia el acero de refuerzo, sea extremadamente alto.

Nota:

Tomando en cuenta los parámetros de la norma mencionada anteriormente, nos queda en el rango de < 10 kΩ-cm, por normativa quiere decir que es un material excesivamente poroso. En este caso son cubos de mortero, ya que por sus medidas y características no se va a tener un rango más grande, que 10 kΩ-cm, por lo tanto, ese valor mínimo se tomará como referencia para los cubos de mortero, ya que no hay ninguna norma, que nos mencione los valores máximos y mínimos para la resistividad eléctrica en cubos de mortero.

Dentro de la Ilustración 60 se encuentran los resultados en gráfica de la Resistividad Eléctrica Húmeda de mortero Tipo I, con los diferentes tipos de agregados pétreos, agregando una unidad de cemento (CPC 30R RS), más una proporción de arena y agua. A edades de 7 y 28 días. La mezcla que contiene el agregado pétreo del Banco “El Coro” denominado “CH”, a la edad de 28 días tiene mayor resistividad, por lo que se puede decir que el material no es poroso.



## “DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”

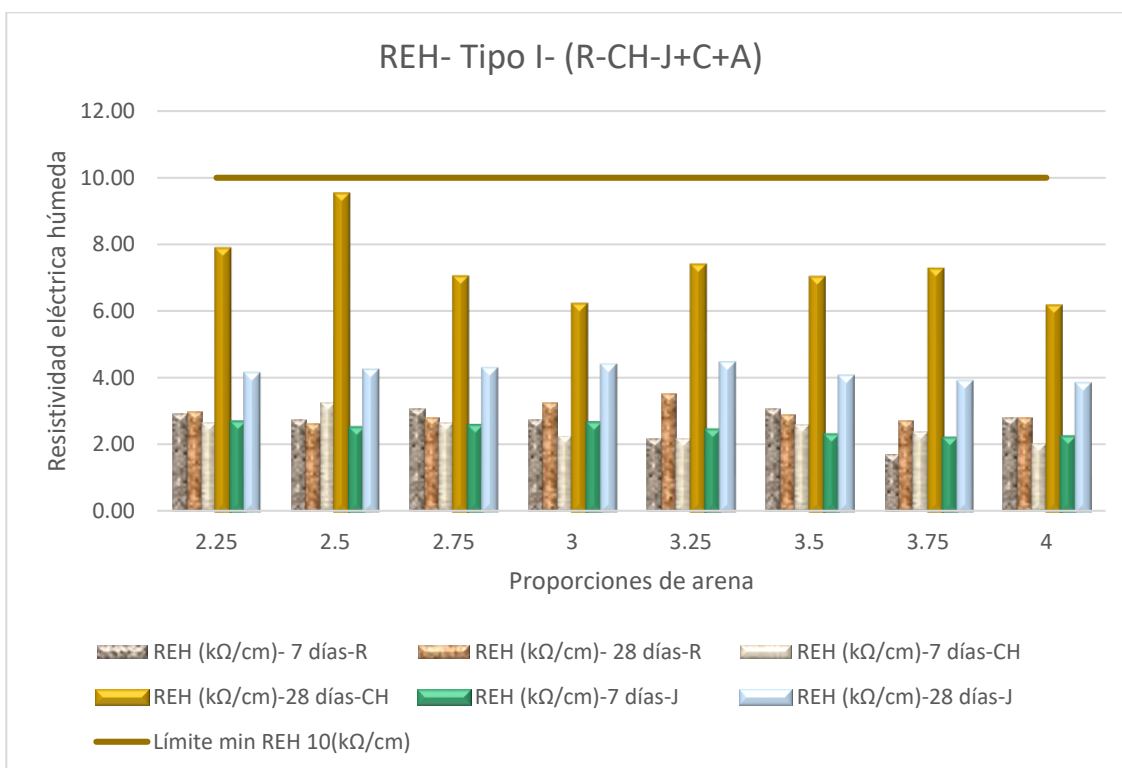


Ilustración 60. Gráfica de Resistividad Eléctrica Húmeda en mezcla de mortero Tipo I, cemento + arena. (Fuente: Elaboración Propia.)

En la Ilustración 61 se encuentran los resultados en gráfica de la Resistividad Eléctrica Húmeda de mortero Tipo I, con los diferentes tipos de agregados pétreos, agregando una unidad de cemento (CPC 30R RS), más 0.25 de cal, más una proporción de arena y agua. A edades de 7 y 28 días. La mezcla que obtuvo los mejores resultados es el agregado pétreo del Banco “El Coro” denominado “CH”, a la edad de 28 días, ya que tiene mayor resistividad en las proporciones de 2.25 a 3 partes de arena.



**“DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”**

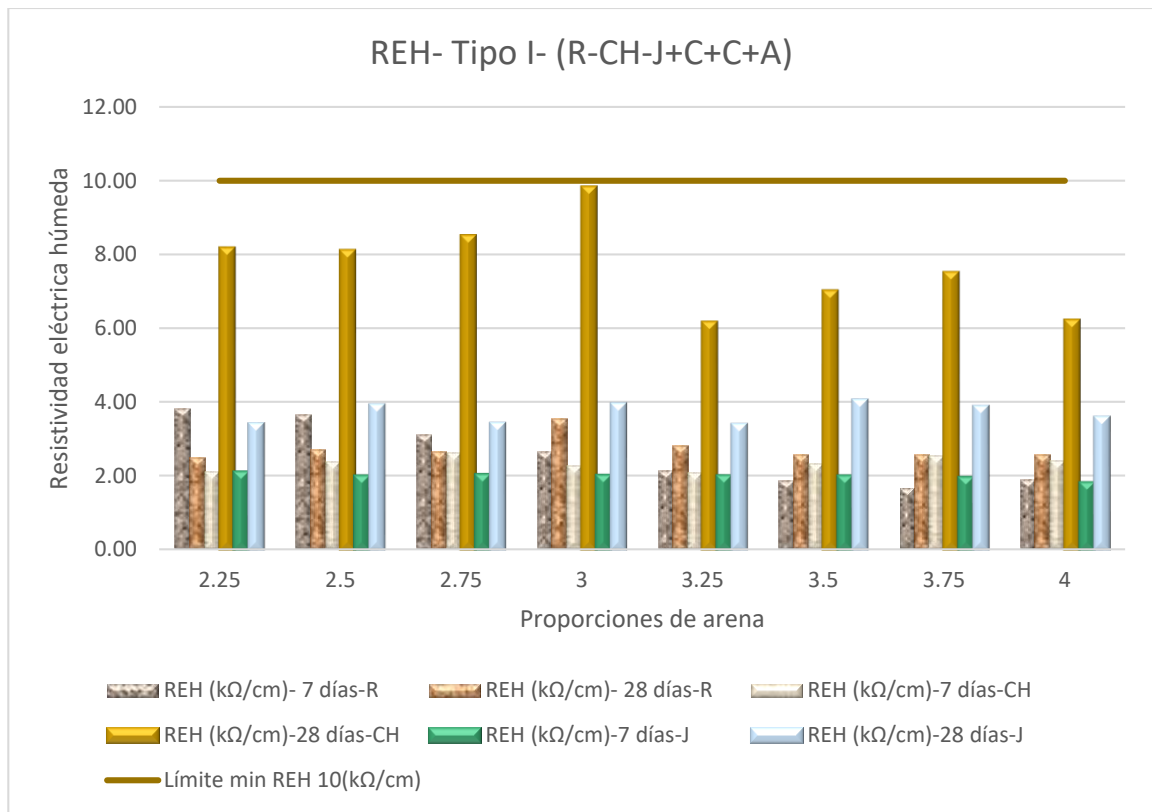


Ilustración 61. Gráfica de Resistividad Eléctrica Húmeda en mezcla de mortero Tipo I, cemento + arena + 1/4 de cal. (Fuente: Elaboración Propia.)

Para la Ilustración 62 se encuentran los resultados en gráfica de la Resistividad Eléctrica Húmeda de mortero Tipo I, con los diferentes tipos de agregados pétreos, agregando una unidad de cemento (CPC 30R RS), más 0.5 de mortero, más una proporción de arena y agua. A edades de 7 y 28 días. Se obtuvieron mejores valores de resistividad en el agregado pétreo del Banco “El Coro” denominado “CH” a la edad de 28 días, en las proporciones de arena de 2.5 y 3.75, la mezcla con el agregado pétreo del Banco “Joyitas” denominada “J”, tiene mayor resistividad en la proporción 3.5 partes de arena.

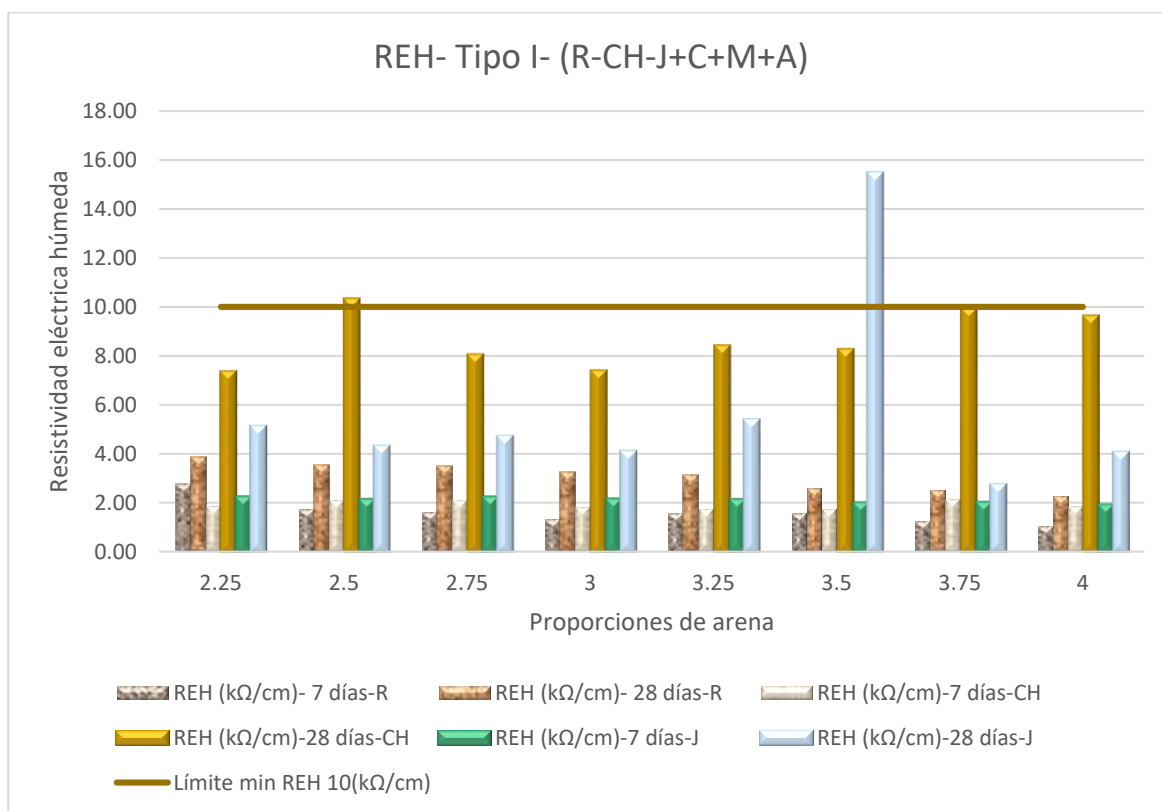


Ilustración 62. Gráfica de Resistividad Eléctrica Húmeda en mezcla de mortero Tipo I, cemento + arena+ 1/2 de mortero. (Fuente: Elaboración Propia.)

En cuanto la Ilustración 63 se encuentran los resultados en gráfica de la Resistividad Eléctrica Húmeda de mortero Tipo II, con los diferentes tipos de agregados pétreos, agregando una unidad de cemento (CPC 30R RS), más 0.5 de cal, más una proporción de arena y agua. A edades de 7 y 28 días, la mayoría de las mezclas tienen por debajo de 6 kΩ-cm, entre las que tienen una resistividad parecida a 28 días son las mezclas con agregado de los Bancos de material “El Coro” (CH) y “Joyitas” (J).



## “DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”

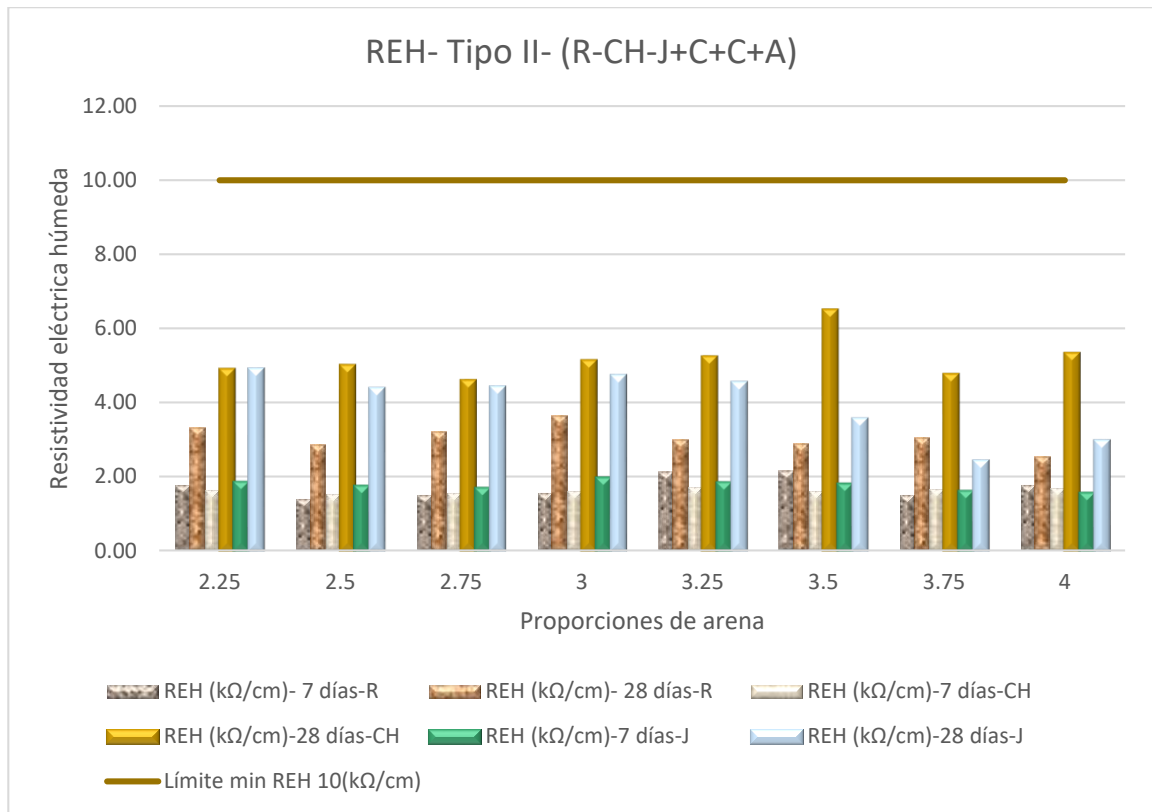


Ilustración 63. Gráfica de Resistividad Eléctrica Húmeda en mezcla de mortero Tipo II, cemento + arena + 1/2 de cal. (Fuente: Elaboración Propia.)

En la Ilustración 64 se muestran los resultados en gráfica de la Resistividad Eléctrica Húmeda de mortero Tipo II, con los diferentes tipos de agregados pétreos, agregando una unidad de cemento (CPC 30R RS), más una unidad de mortero, más una proporción de arena y agua. A edades de 7 y 28 días. La mezcla que presenta una mayor resistividad a una edad de 28 días es la que contiene la arena proveniente del Banco de material “El Coro” (CH), por el contrario, el agregado R, obtuvo los resultados más bajos.



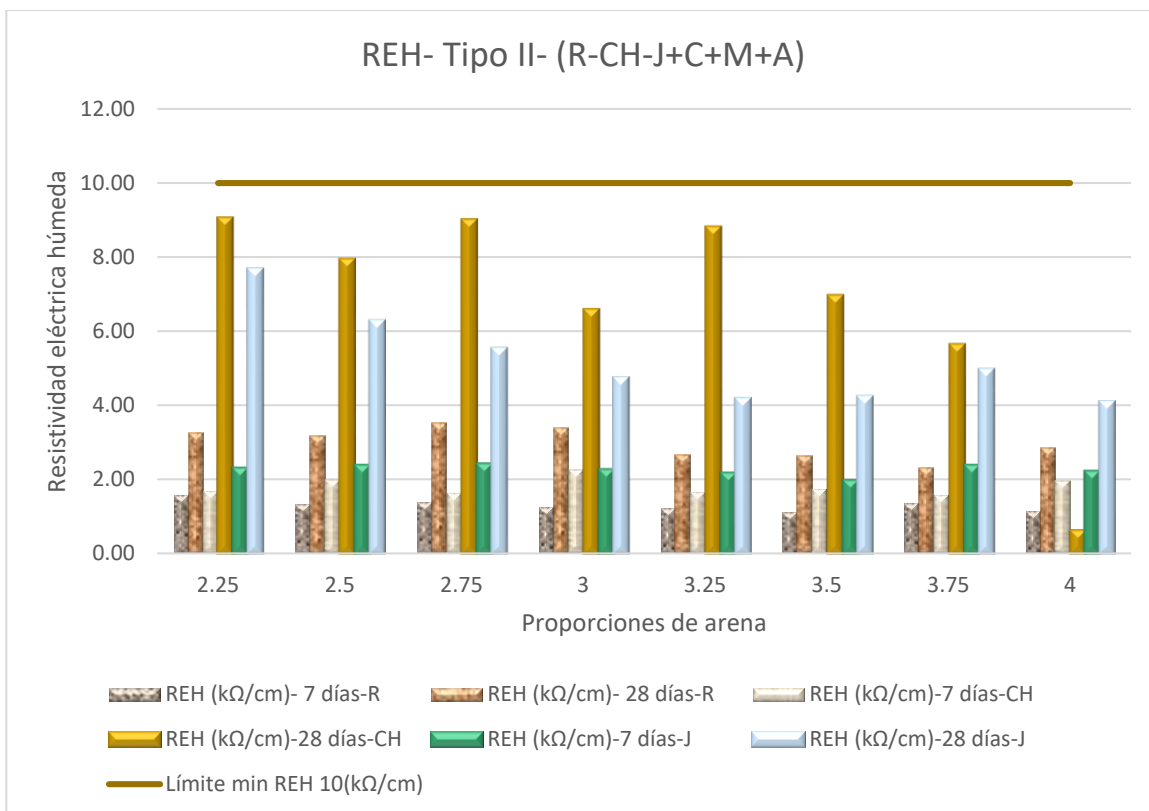


Ilustración 64. Gráfica de Resistividad Eléctrica Húmeda en mezcla de mortero Tipo II, cemento + arena+1 de mortero. (Fuente: Elaboración Propia.)

En la Ilustración 65 se visualizan los resultados en gráfica de la Resistividad Eléctrica Húmeda de mortero Tipo III, con los diferentes tipos de agregados pétreos, agregando una unidad de cemento (CPC 30R RS), más una unidad y un cuarto de cal, más una proporción de arena y agua. A edades de 7 y 28 días. La mezcla que presenta una mayor resistividad a una edad de 28 días es la que contiene la arena proveniente del Banco de material “El Coro” (CH), por el contrario, las mezclas del agregado R, tiene menores valores de resistividad.



## “DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”

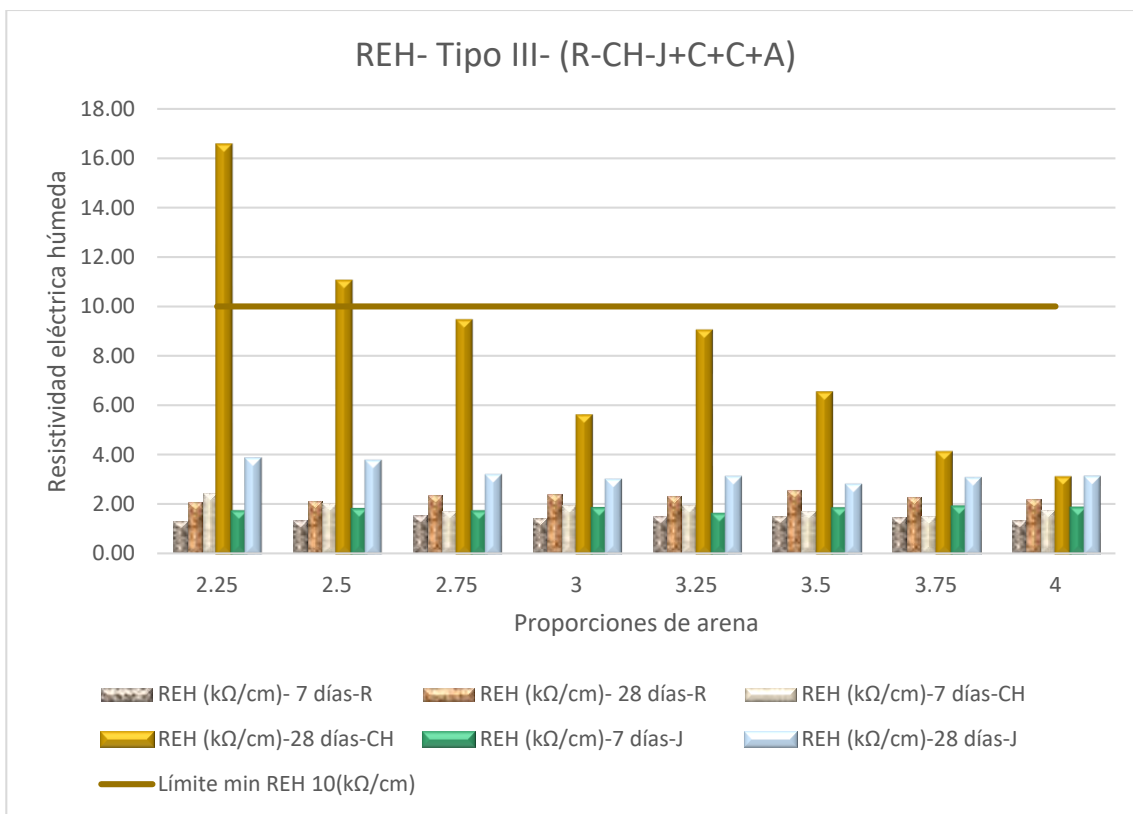


Ilustración 65. Gráfica de Resistividad Eléctrica Húmeda en mezcla de mortero Tipo III, cemento + arena+1 1/4 de cal. (Fuente: Elaboración Propia.)



### 4.3.3. Resistencia

Para el tipo de mortero seleccionado siguiendo la norma (NMX-C-486-ONNCCE, 2014), nos dice que la resistencia mínima o igual debe ser como está indicado en la Tabla 22, a una edad de 28 días.

Tabla 22. Tipos de Mortero y resistencia de diseño a la compresión. (Fuente: NMX-481-ONNCCE-2014)

Tipo de Mortero	Resistencia mínima individual a la compresión f <sub>j</sub> min MPa (kg/cm <sup>2</sup> )
I	12.5 (125)
II	7.5 (75)
III	4.0 (40)

Siendo este nuestro parámetro para revisar que mezclas nos cumplen adecuadamente a compresión simple.

En la Ilustración 66, que es mezcla de mortero Tipo I, con los tres diferentes tipos de agregados finos, más una unidad de cemento, más la proporción de arena que corresponda. Podemos ver que la arena CH a 28 días y el agregado J a 7 y 28 días, nos cumplen adecuadamente como se nos hace mención en la norma anterior. En este caso el agregado denominado como R, tiene menor resistencia a la compresión independientemente de la edad en que se probó.

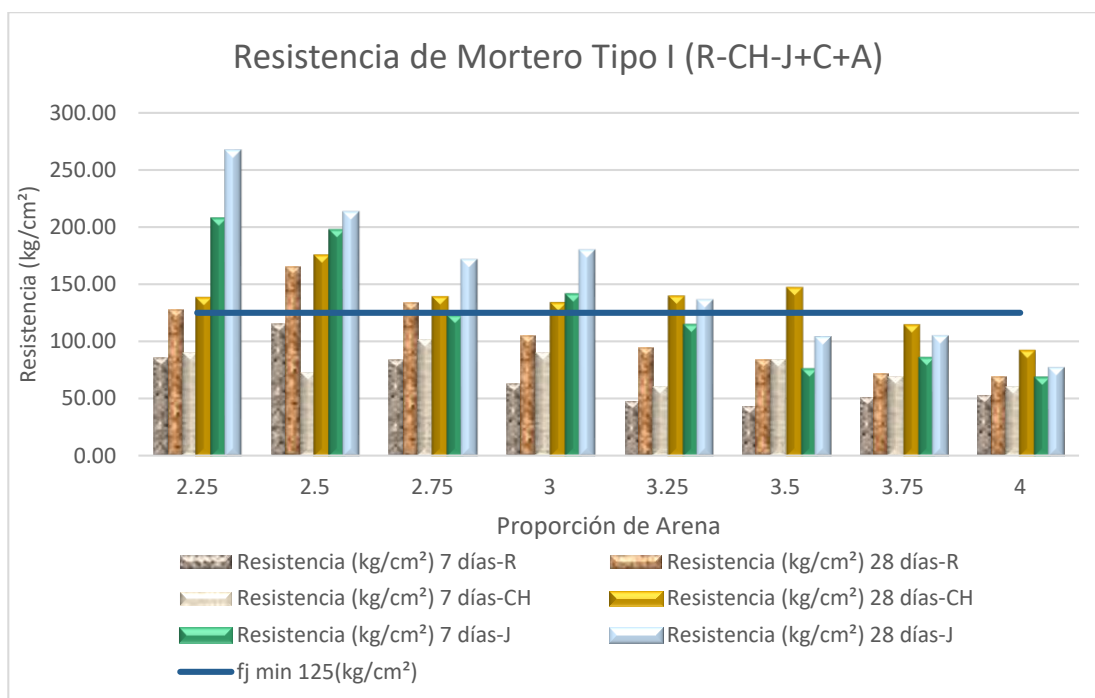


Ilustración 66. Gráfica a 7 y 28 días de edad en resistencia a la compresión de mezclas de mortero Tipo I, cemento + arena. (Fuente: Elaboración Propia.)

En la Ilustración 67, que es mezcla de mortero Tipo I, con los tres diferentes tipos de agregados finos, más una unidad de cemento, más 0.25 de cal, más la proporción de arena que corresponda. Podemos notar que de las proporciones de arena de 2.25, 2.5, 2.75 y 3, la mayoría de las mezclas alcanza a tener la resistencia marcada por la norma mencionada anteriormente.



## “DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”

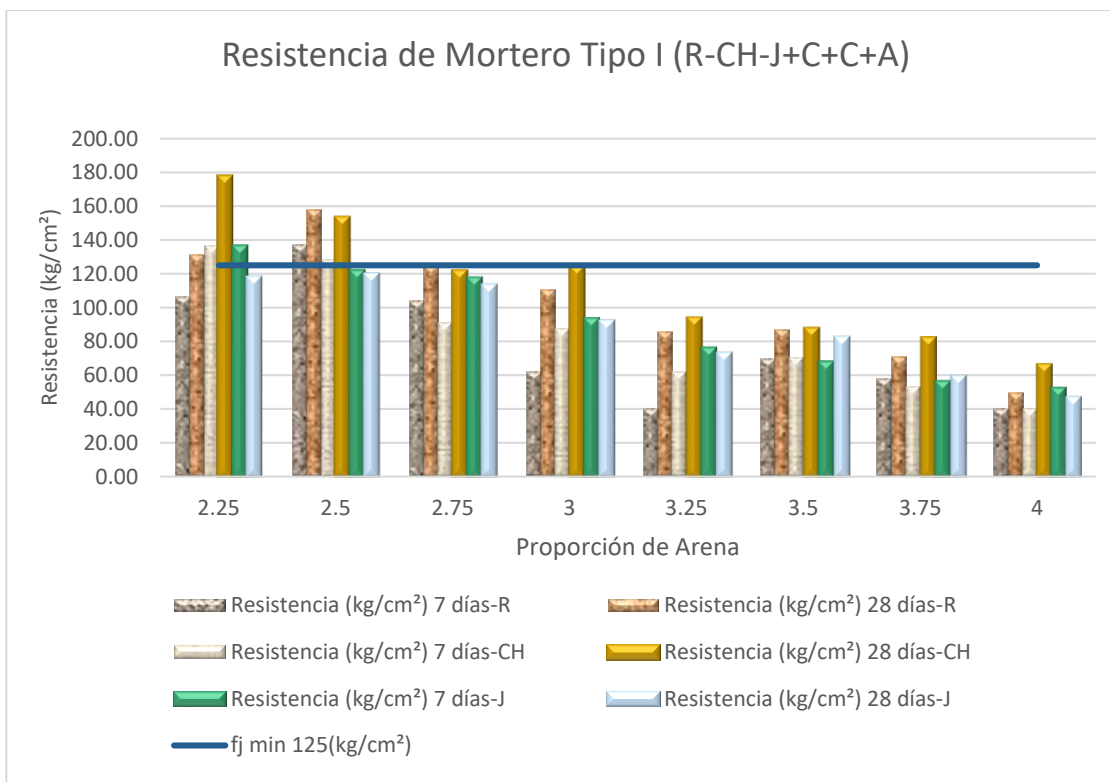


Ilustración 67. Gráfica a 7 y 28 días de edad en resistencia a la compresión de mezclas de mortero Tipo I, cemento + arena + 1/4 de cal. (Fuente: Elaboración Propia.)

En la Ilustración 68, que es mezcla de mortero Tipo I, con los tres diferentes tipos de agregados finos, más una unidad de cemento, más 0.5 de mortero, más la proporción de arena que corresponda. Podemos notar que de las proporciones de arena de 2.25, 2.5, junto con la arena CH y J, cumplen por resistencia indicada en la norma mencionada anteriormente.

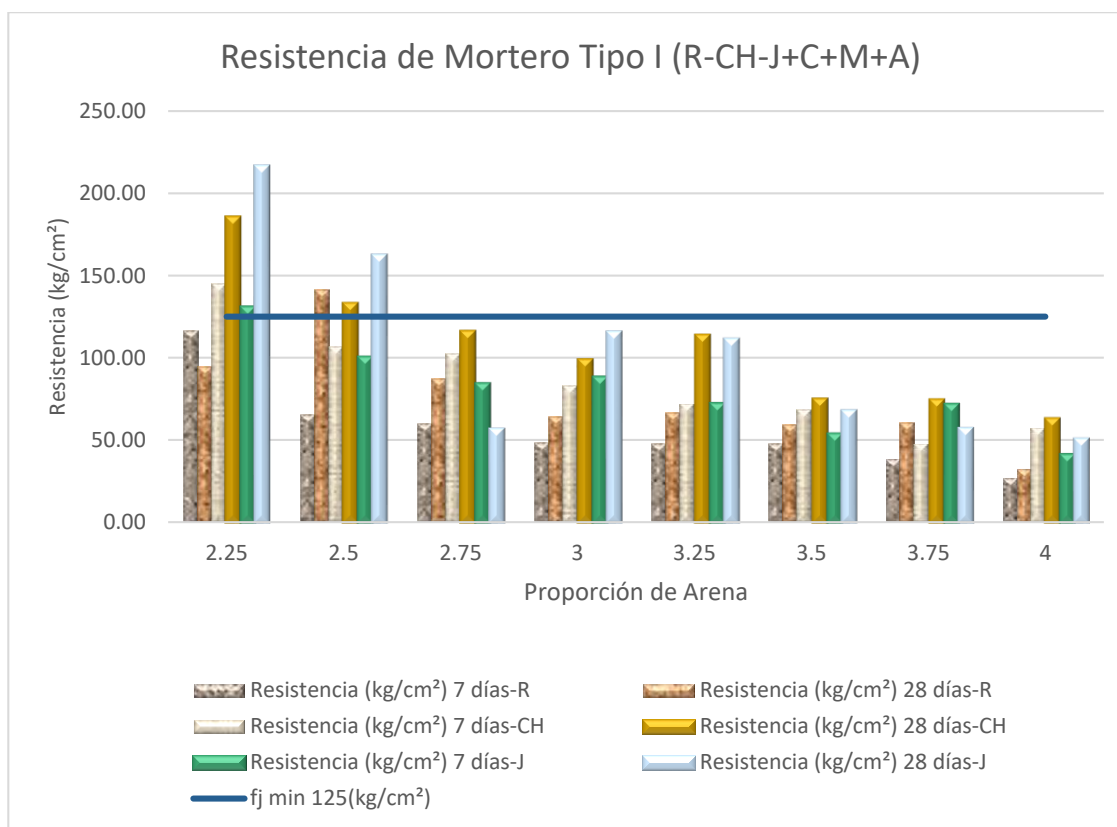


Ilustración 68. Gráfica a 7 y 28 días de edad en resistencia a la compresión de mezclas de mortero Tipo I, cemento + arena + 1/2 de mortero. (Fuente: Elaboración Propia.)

En la Ilustración 69, que es mezcla de mortero Tipo II, con los tres diferentes tipos de agregados finos, más una unidad de cemento, más 0.5 de cal, más la proporción de arena que corresponda. Podemos notar que de las proporciones de arena de 2.25, 2.5, 2.75, 3 y 3.25, para las mezclas con arena R, CH y J, a 28 días nos cumplen con lo indicado en la norma.



## “DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”

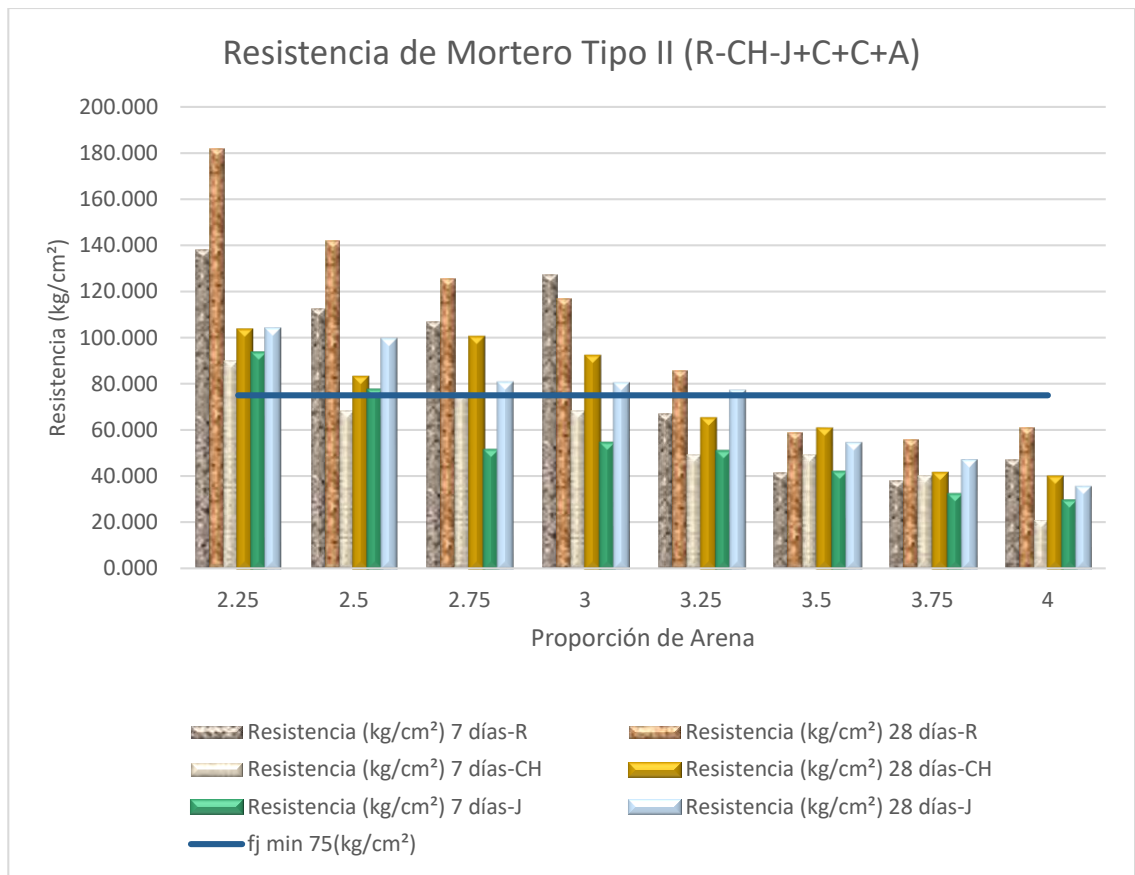


Ilustración 69. Grafica a 7 y 28 días de edad en resistencia a la compresión de mezclas de mortero Tipo II, cemento + arena+1/2 de cal. (Fuente: Elaboración Propia.)

En la Ilustración 70, que es mezcla de mortero Tipo II, con los tres diferentes tipos de agregados finos, más una unidad de cemento, más una unidad de mortero, más la proporción de arena que corresponda. Podemos notar que de las proporciones de arena de 2.25, 2.5, para la arena R, CH y J, nos cumple con lo indicado en la norma a 28 días, en el caso de las proporciones de arena de 2.75 y 3, con el agregado de CH y J, nos cumplen de nuevo con lo indicado en la norma, y en la proporción de arena de 3.75 el agregado J, nos cumple a 7 y 28 días con lo mencionado en la normativa.



## “DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”

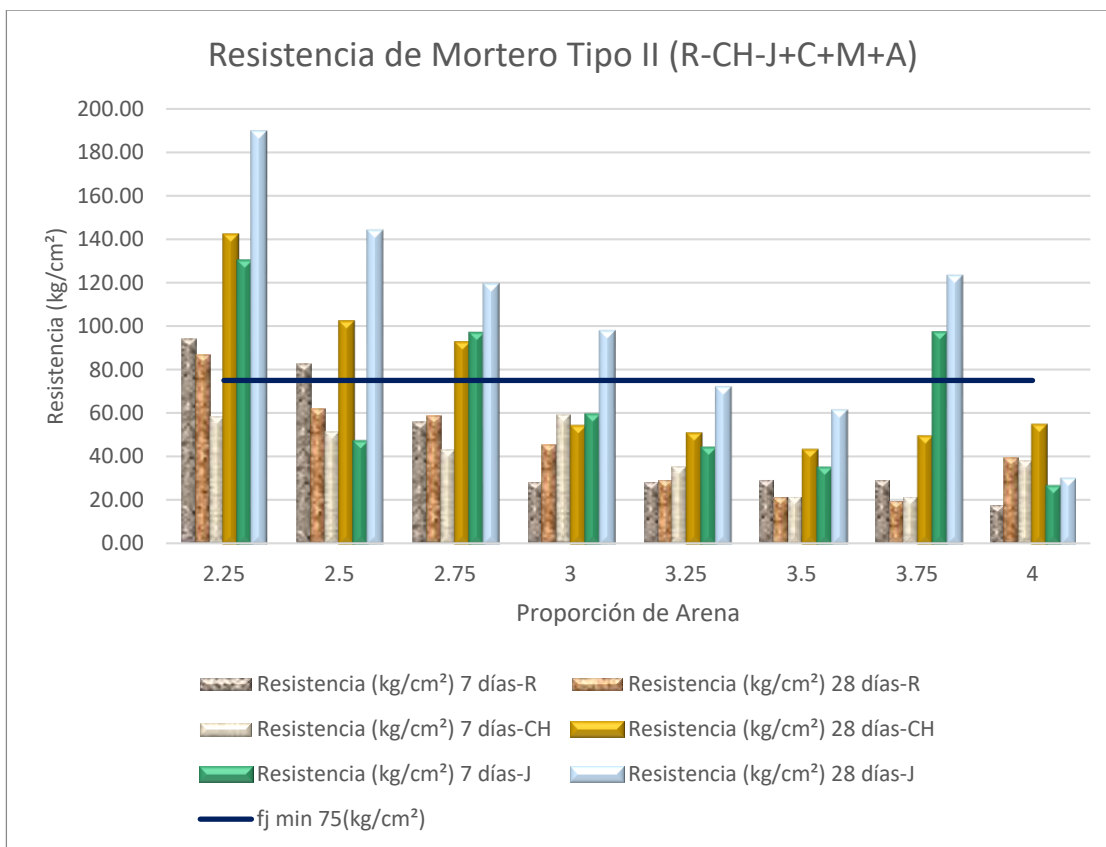


Ilustración 70. Gráfica a 7 y 28 días de edad en resistencia a la compresión de mezclas de mortero Tipo II, cemento + arena+1 de mortero. (Fuente: Elaboración Propia.)

En la Ilustración 71, que es mezcla de mortero Tipo III, con los tres diferentes tipos de agregados finos, más una unidad de cemento, más una unidad y un cuarto de cal, más la proporción de arena que corresponda. Podemos apreciar que el tipo de agregado pétreo conocido como R, cumple para cualquier proporción de arena, con la resistencia mínima individual mencionada en la norma.



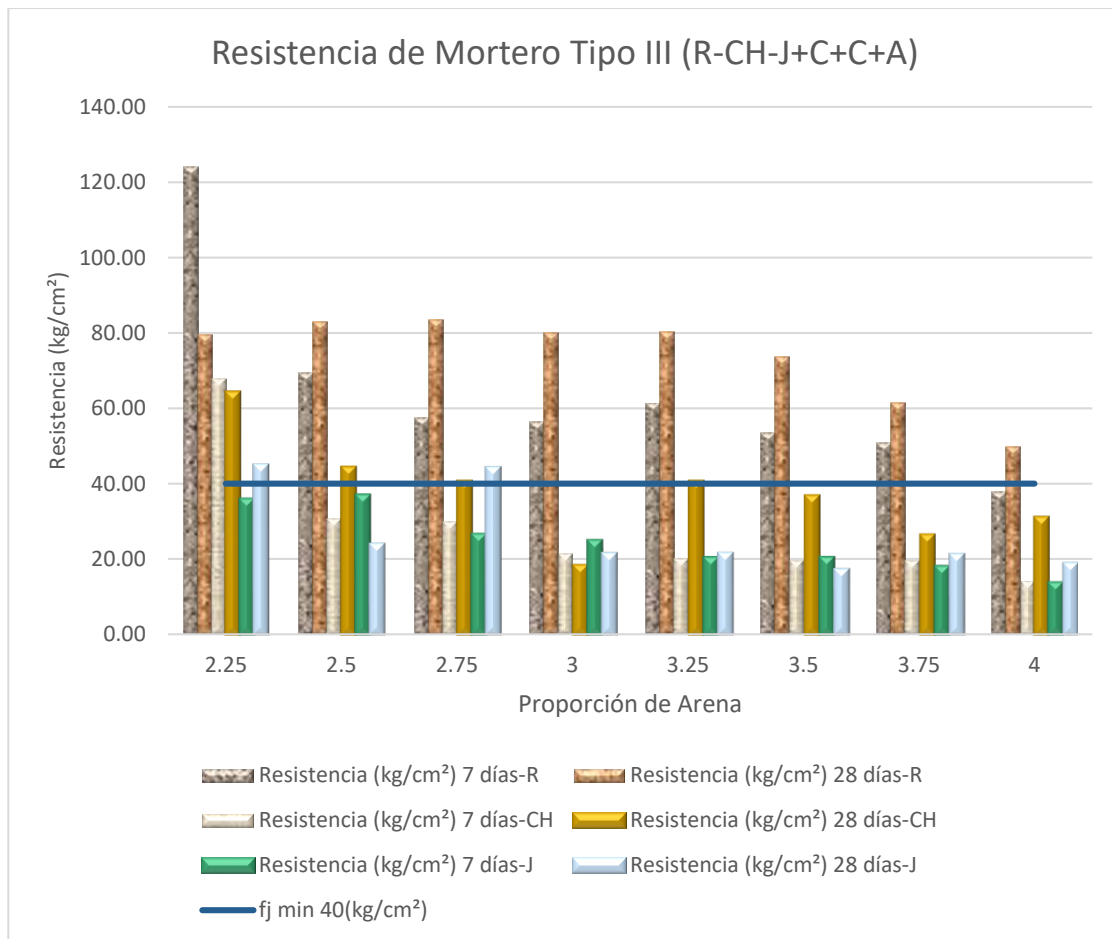


Ilustración 71. Gráfica a 7 y 28 días de edad en resistencia a la compresión de mezclas de mortero Tipo III, cemento + arena+1 1/4 de cal. (Fuente: Elaboración Propia.)

### 4.3.3.1. Resistencia vs Resistividad

Se hizo una correlación entre los resultados de Resistencia a la Compresión Simple y Resistividad Eléctrica Húmeda, de las mezclas de mortero Tipo I, II y III, independientemente si la mezcla tuviese diferentes tipos de cementantes, tomando solo en cuenta los resultados a 28 días, como se nos marca en la normativa para “Resistencia a Compresión Simple” (NMX-C-486-ONNCCE, 2014).



## “DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”



En la Ilustración 72, se encuentran los valores de resistencia y resistividad, de las mezclas de mortero Tipo I, de los tres tipos de arena R, CH, y J, tomando en cuenta que son los resultados encontrados a la edad de 28 días.

Como se aprecia en cuanto el agregado R y J, en algunos puntos se tiene una correlación entre los resultados que se muestran, mientras que la arena CH no existe ningún tipo de correlación, a pesar de que son los mismos tipos de mezcla.

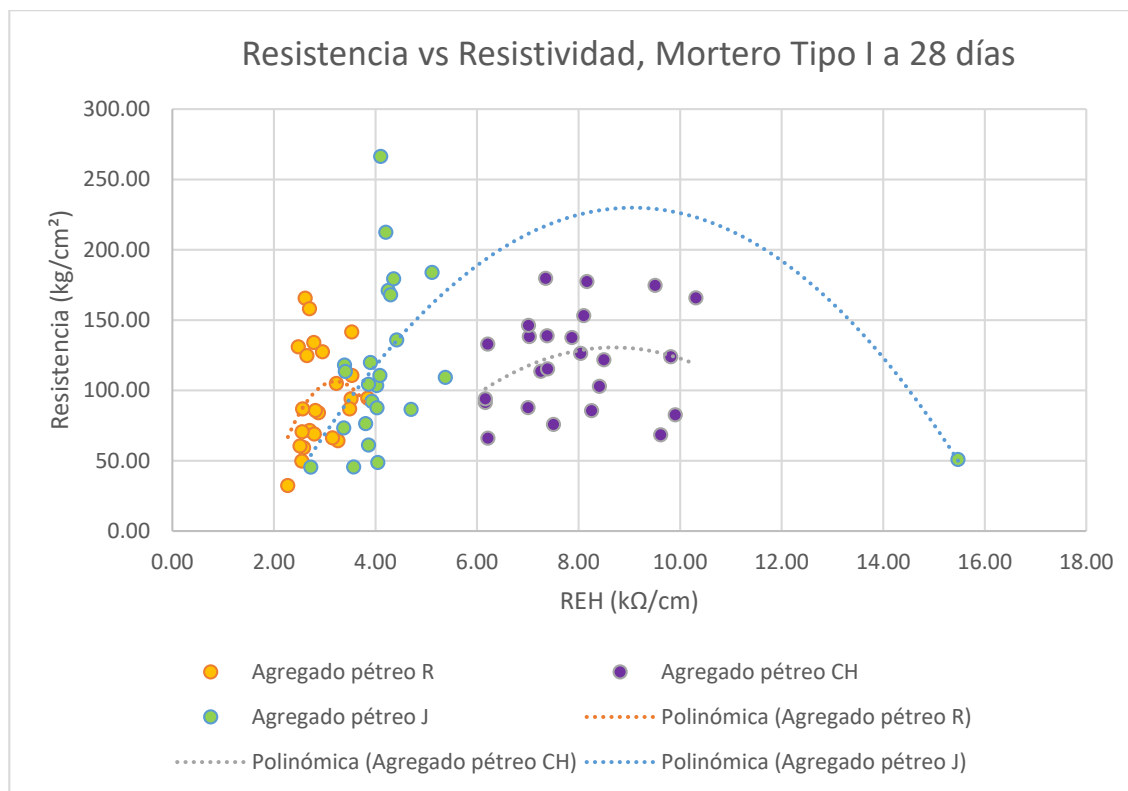


Ilustración 72. Gráfica de Resistencia vs Resistividad en mortero Tipo I con los agregados pétreos utilizados en investigación. (Fuente: Elaboración Propia.)

En la Ilustración 73, se encuentran los valores de resistencia y resistividad, de las mezclas de mortero Tipo II, de los tres tipos de arena R, CH, y J, tomando en cuenta que son los resultados encontrados a la edad de 28 días.



## “DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”



Como se puede apreciar, en el agregado denominado J, se obtuvo mejor línea de tendencia, por lo tanto, entre sus mezclas tiene mayor correlación, por el contrario, a las arenas CH y R, no tiene ninguna correlación.

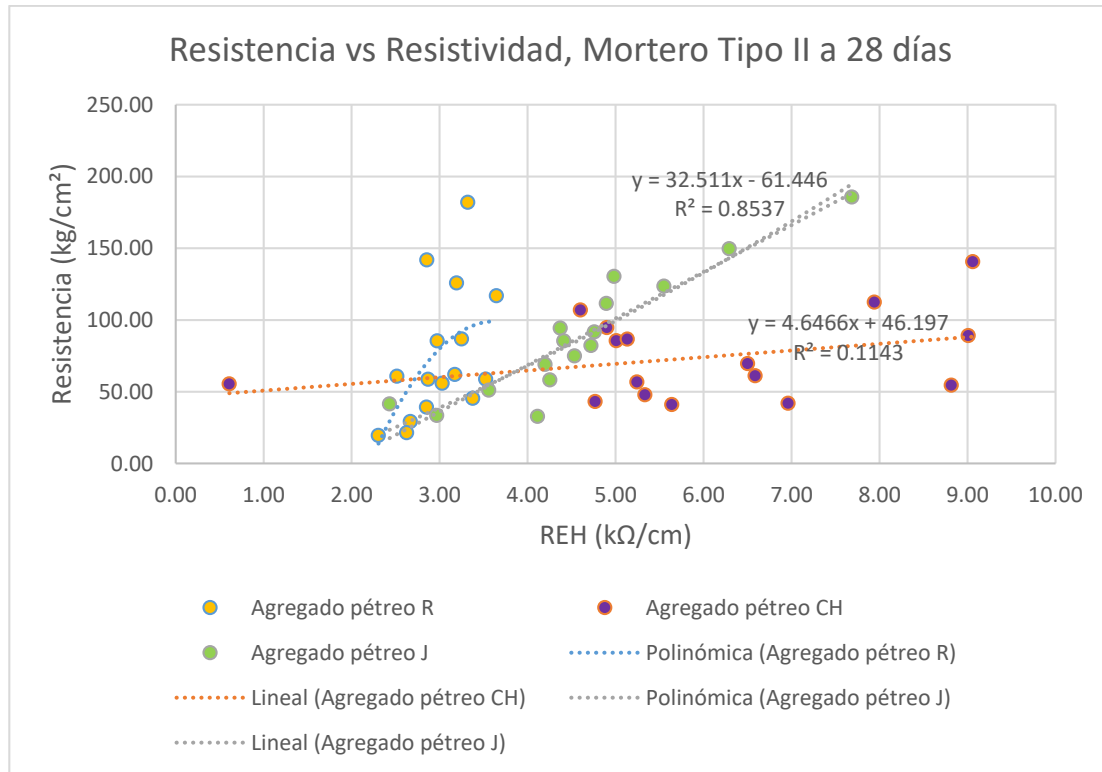


Ilustración 73. Gráfica de Resistencia vs Resistividad en mortero Tipo II con los agregados pétreos utilizados en investigación. (Fuente: Elaboración Propia.)

En la Ilustración 74, se encuentran los valores de resistencia y resistividad, de las mezclas de mortero Tipo III, de los tres tipos de arena R, CH, y J, a la edad de 28 días.

Como se puede apreciar en la gráfica, en el agregado denominado CH, se obtuvo mejor línea de tendencia, por lo tanto, entre sus mezclas tiene mayor correlación, por el contrario, a las arenas J y R, no tiene ninguna correlación.

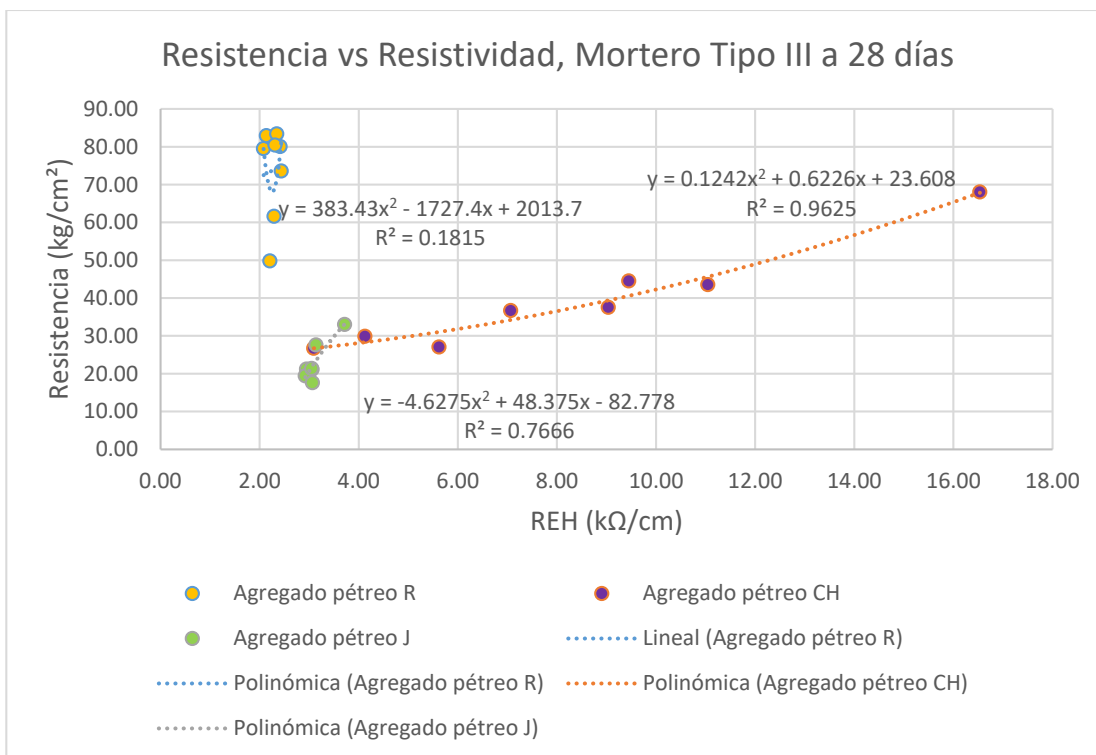


Ilustración 74. Gráfica de Resistencia vs Resistividad en mortero Tipo III con los agregados pétreos utilizados en investigación. (Fuente: Elaboración Propia.)



## 5. Conclusiones

La investigación cumplió con los objetivos definidos al inicio, partiendo desde el comportamiento de los agregados pétreos que se usaron para su estudio.

- En cuanto las mezclas de fluidez, podemos decir que en todas las mezclas cumplió con la norma, ya que se hicieron de manera controlada agregando agua hasta llegar a la fluidez que marca la normativa, por lo tanto, en la fluidez, en todas las arenas, en los diferentes tipos de mortero, sus variaciones de cementantes y arena, nos cumplen en el parámetro de  $105 \pm 130$  cm; en este punto podemos mencionar que la arena que necesito menos cantidad de agua fue la de Joyitas (J), ya que desde el principio vemos que tiene menor porcentaje de absorción en comparación con las demás arenas, y la que necesitó mayor cantidad de agua fue la arena “El Cuervo” ya que tiene mayor porcentaje de absorción.
- Podemos mencionar también que a mayor proporción de arena y cementantes se requiere mayor cantidad de agua.
- Las mejores resistencias obtenidas en las mezclas de mortero Tipo I y II a la edad de 28 días fueron, las mezclas que tienen el agregado de Joyitas (J) con un valor obtenido de:  $266.31 \text{ kg/cm}^2$  (Tipo I C+2.25A) y “El Coro” (CH) con un resultado de  $177.40 \text{ kg/cm}^2$  (Tipo I C+C+2.25A), ya que cumplen con la resistencia mínima individual que requiere la normativa como se ve en la Tabla 22. Obteniendo mejores resultados en el rango de las proporciones de arena de 2.25 a 3 partes de esta.

Mientras que en el mortero Tipo III, a la edad de 28 días, la que obtuvo mejores resistencias ya que cumplieran con los parámetros de la normativa ya mencionada, fue la arena “El Cuervo”, en los parámetros de arena entre 2.25 a 3 partes de esta.

- En cuanto a la resistividad, los resultados más altos para mortero Tipo I, II y III, se obtuvieron en las muestras elaboradas con la arena “El coro” (CH), ya



## “DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”



que como es un material bastante fino hace que tenga menos poros y aumente su resistividad.

- La que obtuvo mejor comportamiento en Resistencia y Fluidez, son las mezclas que contienen 2.25 partes de arena del banco de materiales “Joyitas” (J).
- La que obtuvo mejor comportamiento en las pruebas de Resistividad, Fluidez, Resistencia a la compresión, son las mezclas que contienen 2.5 partes de arena del banco de materiales “El Coro” (CH). De igual manera con las pruebas empíricas de adherencia, mediante observación es la que mejor se adhería al tabique y tenía mejor acabado.

### **Recomendaciones:**

Se propone que sigan con nuevas investigaciones desde más bancos de material, también tener otra forma de verificar al agua para que al momento que cumpla en fluidez sean las mismas que cumplan en resistencia, ya que puede ser algo tardado y lleva bastante material el hacer mezcla por cada porción de arena.

De igual forma, con las mezclas que cumplieron en resistencia, fluidez y tengan buena resistividad se propone que se hagan más pruebas, como la de adherencia con el equipo “Pull of”, ya que esa prueba ya está normada, así como seguir con pruebas de muretes y pilas, para saber cuánta adherencia se tendrá con la mampostería y como verificar la forma de falla con la junta, para tener más noción en cuanto las características de la mezcla más adecuada.



## 6. Bibliografía

- Álvarez Galindo, J. I., Martín Pérez, A., & García Casado, P. J. (1995). Historia de los morteros. *Revista PH*, 13. <https://doi.org/10.33349/1995.13.263>
- C., J. L., S., R., & M., É. I. (2003). Influencia de los agregados pétreos en las características del concreto. *Ingeniería*, 7, 39–46. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46770203>
- Calcinor. (2018). *Tipos de cal*. Construcción.
- Calidra. (2019). Hidróxido de Calcio . *Calidra*.
- CEMEX. (2019, June 19). *Hablando de Cementos Portland*. Artículos de Construcción. <https://www.cemex.com.pe/-/hablando-de-cementos-portland>
- CEMEX. (2021). Cemento CPC 30R RS. CEMEX. <https://www.cemex.com/documents/27057941/45887874/ficha-digital-CPC-30R-RS.pdf/85067743-f419-b55d-68b6-990f57ef4119>
- E. Vidaud. (2013). De la historia del cemento. *Construcción y Tecnología En Concreto*, 1–6.
- Edward J; Lutgens, F. K. (2010). Rocas Sedimentarias. In *Ciencias de la Tierra* (8th ed., Vol. 2, pp. 202–208).
- F., A. (2012). El agua: un recurso esencial. *Química Viva*, 11, 147–170. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86325090002>
- Fundación Aquae. (2021). *Agua destilada. Propiedades y diferencias* . <https://www.fundacionaquae.org/que-es-agua-destilada/>
- Giordani, C., & Masuero, A. B. (2019). Blended mortars: Influence of the constituents and proportioning in the fresh state. *Construction and Building Materials*, 210. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.02.077>
- Holcim. (2021). Cemento para albañilería. *Holcim*.



**“DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”**



- IECA. (2018, May 26). *Componentes y propiedades del cemento*.
- M. Neville, A. (2013). *Tecnología del Concreto* (1st ed.). IMYC.
- N-CMT-2-01-004/02. (2002). Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la construcción y Edificación, S.C. *Características de Los Materiales- Materiales Para Estructuras- Materiales Para Mamposterías- Morteros*.
- N-CMT-2-02-003/02. (2002). Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la construcción y Edificación, S.C. *Características de Los Materiales- Materiales Para Estructuras- Materiales Para Concreto Hidráulico- Calidad Del Agua Para Concreto Hidráulico*.
- NMX-C-021-ONNCCE. (2015). Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la construcción y Edificación, S.C. *Industria de La Construcción - Cemento Para Albañilería (Mortero)- Especificaciones y Metodos de Ensayo*.
- NMX-C-030-ONNCCE. (2004). Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la construcción y Edificación, S.C. *Industria de La Construcción - Agregados - Muestreo*.
- NMX-C-057-ONNCCE. (2015). Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la construcción y Edificación, S.C. *Industria de La Construcción- Cementantes Hidráulicos-Determinación de La Consistencia Normal, 1–8*.
- NMX-C-059-ONNCCE. (2017). Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la construcción y Edificación, S.C. *Industria de La Construcción - Cementantes Hidráulicos - Determinación Del Tiempo de Fraguado de Cementantes Hidráulicos (Método Vicat)*.
- NMX-C-061-ONNCCE. (2015). Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la construcción y Edificación, S.C. *Industria de La Construcción- Cementantes Hidráulicos-Determinación de La Resistencia a La Compresión de Cementantes Hidráulicos*.
- NMX-C-073-ONNCCE. (2014). Organismo Nacional de Normalización y





**“DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”**



Certificación de la construcción y Edificación, S.C. *Industria de La Construcción. Agregados. Masa Volumétrica. Método de Prueba.*

NMX-C-077-ONNCCE. (1997). Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la construcción y Edificación, S.C. *Industria de La Construcción - Agregados Para Concreto - Análisis Granulométrico- Método de Prueba.*

NMX-C-144-ONNCCE. (2015). Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la construcción y Edificación, S.C. *Industria de La Construcción- Cementantes Hidráulicos-Requisitos Para El Aparato Usado En La Determinación de La Fluides de Morteros.*

NMX-C-152-ONNCCE. (2015). Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la construcción y Edificación, S.C. *Industria de La Construcción - Cementantes Hidráulicos - Determinación de La Densidad.*

NMX-C-165-ONNCCE. (2014). Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la construcción y Edificación, S.C. *Industria de La Construcción - Agregados - Determinación de La Masa Específica y Absorción de Agua Del Agregado Fino - Método de Prueba.*

NMX-C-170-ONNCCE. (2019). Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la construcción y Edificación, S.C. *Industria de La Construcción- Agregados-Reducción de Las Muestras de Agregados Obtenidas En El Campo Al Tamaño Requerido Para Los Ensayos .*

NMX-C-486-ONNCCE. (2014). Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la construcción y Edificación, S.C. *Industria de La Construcción- Mampostería-Mortero Para Uso Estructural-Especificaciones y Métodos de Ensayo.*

NMX-C-514-ONNCCE. (2016). Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la construcción y Edificación, S.C. *Industria de La Construcción - Resistividad Eléctrica Del Concreto Hidráulico - Especificaciones y Metodos de Ensayo .*



**“DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”**



- Orozco-Centeno, W. P., Branch Bedoya, J. W., & Jiménez-Builes, J. A. (2014). Classification of fine-grained igneous, sedimentary and metamorphic rocks through structured programming. *Boletín de Ciencias de La Tierra*, 36. <https://doi.org/10.15446/rbct.n36.44037>
- P., V. (2009). Historia de la producción de cal en el norte de la cuenca de México. *CIENCIA ergo-sum, Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva*, 16, 227–234. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10412057002>
- Padilla Rodríguez A. (2015). *Agregados Pétreos*.
- Pesaralanka, V., & Khed, V. C. (2020). Flowability and compressive strength test on self compacting mortar using graphene oxide. *Materials Today: Proceedings*, 33. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.05.067>
- S., R. (2001). La tecnología de los morteros. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 41–48. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=91101107>
- Servicio Geológico Mexicano. (2017, March 22). *Rocas*. <https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Rocas/Introduccion-rocas.html>
- SMIE, Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural, A. C. (2011a). Reglamento de Construcción de Michoacán. *Reglamento de Construcción de Morelia*.
- SMIE, Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural, A. C. (2011b). Reglamentos de Construcción de Michoacán. *Reglamento de Construcción de Hidalgo*.
- SMIE, Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural, A. C. (2011c). Reglamentos de Construcción de Michoacán. *Reglamento de Construcción de Uruapan*.
- Universidad de Sonora. (2014). *Agregados para el concreto; propiedades y clasificación*. Universidad de Sonora.
- WISE. (2016). *PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LOS TRITURADOS Y AGREGADOS*. <https://blog.wise.com.mx/propiedades-fisicas-quimicas-y-mecanicas-de-los-triturados-y-agregados>



**“DISEÑO DE MEZCLAS PLÁSTICAS AGLOMERANTES Y SU CONSIDERACIÓN DE PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ.”**

