



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**“ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS
DEL AGREGADO FINO DE LOS BANCOS DE MOTASTEPE, MIRAFLORES Y
LOS MARTINEZ PARA SER UTILIZADOS EN PROYECTOS DE
CONSTRUCCION EN LA CIUDAD DE MANAGUA.”**

Para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por

Br. Marvin Jose Areas Alegria.

Br. Marvin Alejandro Rivera Guido.

Tutor

M.Sc. ing. Claudia José Arauz Sánchez.

Managua, diciembre 2021

Dedicatoria

Este trabajo está dedicado primeramente a Dios por darme la sabiduría y el conocimiento para concluir exitosamente esta etapa de formación académica. A mi madre Claudia Alegría Valle y a mi padre Marvin Áreas Morales por su apoyo incondicional en todos estos años.

De igual manera le dedico este gran esfuerzo a demás familiares y amistades que siempre estuvieron conmigo en cada momento, también por el apoyo moral que me brindan que es fundamental en esta etapa de mi vida, además a todas aquellas personas que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

Marvin José Áreas Alegría

Dedicatoria

El siguiente trabajo monográfico se lo dedico a toda mi familia por ser motor y eje principal en toda mi vida para cumplir uno de mis sueños, principalmente a mi tía la Lic. Narcisa Aleyda Rivera por ser padre y madre a lo largo de toda mi vida, a mi tía la profesora Zaida Rivera, por todo su apoyo incondicional.

A todos mis maestros por compartir su sabiduría conmigo, principalmente a la profesora Joray Arana (q.e.p.d) por todo su apoyo y cariño en sus años de vida.

A los maestros de la Facultad de tecnología de la construcción de la Universidad Nacional de Ingeniería por guiarme en toda mi carrera universitaria.

Marvin Alejandro Rivera

Agradecimientos

A Dios por iluminarnos y guiarnos para culminar esta importante etapa de nuestras vidas, a nuestras familias por apoyarnos incondicionalmente por estos años.

A nuestra tutora M.Sc. Ing. Claudia José Arauz Sánchez que nos brindó su ayuda y apoyo en la estructuración y culminación de esta monografía

A la Universidad Nacional de Ingeniería, que nos abrió las puertas para trabajar en el Laboratorio de Materiales y Suelos para poder desarrollar este trabajo.

A todas las personas que nos apoyaron, y nos dieron su tiempo y sus conocimientos de forma desinteresada para que pudiéramos desarrollar esta monografía.

Resumen

El estudio monográfico se basó en comparar las propiedades físico-mecánicas de los agregados finos de los bancos de agregado fino de Motastepe, Miraflores y Los Martínez con el fin de comparar estos últimos dos con la arena Motastepe y proponer otras opciones y verificar su calidad para ser utilizados en mezclas de mortero y concreto.

Los materiales usados para elaborar las mezclas de mortero y concreto fueron cemento Canal tipo GU, y agregado grueso del banco de materiales de Proinco, ambos ensayados y analizados bajo su respectiva norma ASTM.

El trabajo de campo consistió en realizar una inspección visual, delimitación del área en estudio y extracción de muestras para analizarlas en laboratorio.

A las muestras obtenidas en bancos de materiales se les determinó sus propiedades físicas - mecánicas, tales como pesos unitarios, contenido de humedad, gravedad específica, análisis granulométrico, contenido de impureza orgánica (para el agregado fino) y resistencia al desgaste de materiales (para el agregado grueso), para el cemento se determinó gravedad específica, consistencia normal y tiempo de fraguado.

Para poder comparar las calidades de los diferentes bancos en estudio se procedió a realizar diseños de mezclas de mortero y concreto, utilizando la misma marca de cemento y la misma calidad de agregado grueso.

En esta investigación se realizaron 3 especímenes cúbicos de 2"x2" por día para las mezclas de mortero. En las mezclas de concreto se elaboraron 2 especímenes cilíndricos de 6"x12" por día para su ensayo a los 3, 7 y 28 respectivamente. Haciendo un total de 81 especímenes para mortero y 18 especímenes para concreto.

Culminando así con un análisis de resistencias obtenidas y propiedades del agregado fino para determinar sus aplicaciones en mezclas de mortero y concreto en proyectos de construcción en la ciudad de Managua.

INDICE

Capítulo I: Aspectos Generales	14
1.1. Introducción.	1
1.2. Antecedentes	2
1.3. Justificación	3
1.4. Objetivo General	4
1.4.1. Objetivos Específicos	4
Capítulo II: Marco Teórico	5
2.1.1. Agregados Finos (Arenas).....	5
2.1.2. Clasificación de los agregados finos según su procedencia	5
2.1.3. Clasificación del agregado fino según su tamaño.	5
2.1.4. Forma y textura superficial de los agregados finos	6
2.1.5. Propiedades físicas del agregado fino	6
2.2. Agregado Grueso (Grava)	10
2.2.1. Propiedades físicas y mecánicas del agregado grueso	10
2.3. Cemento	12
2.3.1. Cemento de tipo GU.....	13
2.3.2. Uso y aplicaciones del cemento tipo GU.....	13
2.3.3. Propiedades físicas del cemento.....	13
2.4. Aglomerados.....	14
2.4.1. Morteros	15
2.4.2. Propiedades mecánicas del mortero	17
2.4.3. Concreto.....	19
2.4.4. Propiedades mecánicas del concreto.....	21
Capítulo III: Estado actual de los bancos en estudio y Ensayos de Laboratorio .	22
3. Estado actual de los bancos en estudio	23
3.1.1. Banco de Motastepe	23
3.1.2. Banco de Miraflores	23
3.1.3. Banco los Martínez.....	24
3.1.4 Georefenciacion de bancos de agregado	25
3.2. Ensayos de laboratorio.....	25
3.2.1. Ensayos realizados al agregado fino y grueso	26

3.2.1.1. Determinación de muestras de agregados a tamaños de ensayos ASTM C – 702.....	26
3.2.1.2. Determinación del contenido de humedad de los agregados ASTM C – 566	26
3.2.1.3. Determinación de la gravedad específica y porcentaje de absorción del agregado fino ASTM C – 128	28
3.2.1.4. Determinación d la gravedad específica y porcentaje de absorción del agregado grueso ASTM C - 127	32
3.2.1.5. Determinación de los pesos unitarios seco sueltos y seco compacto de los agregados gruesos y finos ASTM C – 29.....	35
3.2.1.6. Determinación del análisis granulométrico de los agregados ASTM C – 136	40
3.2.1.7. Determinación a la resistencia al desgaste por cargas abrasivas, método de la máquina de los ángeles del agregado grueso ASTM C – 131 ...	46
3.2.1.8. Determinación de las impurezas orgánicas en el agregado fino para mezclas de concreto ASTM C – 40	47
3.2.3. Ensayos realizados al cemento	48
3.2.3.1. Determinación de la consistencia normal de pastas de cemento hidráulico ASTM C – 187.....	48
3.3.3.2. Determinación del tiempo de fraguado del cemento por el método de la aguja de Vicat ASTM C – 191.....	50
3.3.3.3. Determinación del peso específico relativo del cemento hidráulico ASTM C – 188.....	53
Capítulo IV: Diseño de mezclas de Mortero y Concreto y resultados de compresión	54
4.1. Diseño de mortero	55
4.1.1. Tipo de mortero a diseñar.....	55
4.1.2. Elección de relación agua/cemento y método de diseño de mortero.	55
4.1.3. Diseño de mortero con el agregado fino del banco de Motastepe.....	56
4.1.4. Diseño de mortero con el agregado fino del banco de Miraflores.....	62
4.1.5. Diseño de mortero con el agregado fino del banco de Los Martínez..	63
4.2. Diseño de concreto	64
4.2.1. Diseño de concreto con el agregado fino del banco de Motastepe	64
4.2.2. Diseño de concreto con el agregado fino del banco de Miraflores	72
4.2.3. Diseño de concreto con el agregado fino del banco de Los Martínez.	73
4.3. Resultados de pruebas a compresión.....	74

4.4.	Resultados a la compresión de mezclas de mortero	75
4.4.1.	Resultado de ensayo a la compresión de cubos de mortero a los 3, 7 y 28 días del agregado fino del banco de Motastepe	75
4.4.2.	Resultado de ensayo a la compresión de cubos de mortero a los 3, 7 y 28 días del agregado fino del banco de Miraflores	77
4.4.3.	Resultado de ensayo a la compresión de cubos de mortero a los 3, 7 y 28 días del agregado fino del banco de Los Martínez.	79
4.5.	Resultados a la compresión de mezclas de concreto.	81
4.5.1.	Resultado de ensayo a la compresión de probetas a los 3, 7 y 28 días del agregado fino Motastepe	81
4.5.2.	Resultado de ensayo a la compresión de probetas a los 3, 7 y 28 días del agregado fino de Miraflores	82
4.5.3.	Resultado de ensayo a la compresión probetas a los 3, 7 y 28 días del banco de agregado fino de Los Martínez	83
Capítulo V:	Comparación y análisis de resultados	83
5.1	Comparación de las propiedades físicas y mecánicas del agregado fino de los bancos en estudio	84
5.1.1	Contenido de humedad del agregado fino ASTM C – 566	84
5.1.2	Gravedad específica y porcentaje de absorción del agregado fino ASTM C – 128.....	85
5.1.3	Peso unitario seco suelto y seco compacto del agregado fino ASTM C – 29.....	87
5.1.4	Análisis granulométrico del agregado fino ASTM C – 136.	89
5.1.5	Impurezas orgánicas en el agregado fino para mezclas de concreto ASTM C – 40.....	90
5.2	Análisis de mezclas de mortero.	90
5.3	Comparación de resultado de ensayo a compresión según relación agua cemento a las diferentes edades de especímenes cúbicos de mortero	94
5.3.1	Relación agua/cemento de 0.59.....	94
5.3.2	Relación agua/cemento de 0.61.....	97
5.3.3.	Relación agua/cemento de 0.63.....	100
5.4	Análisis de mezclas de concreto.....	103
5.5	Comparación de resultado de ensayo a compresión según diferentes edades de mezclas de concreto con los diferentes agregados finos.	104
Capítulo VI:	Conclusiones y Recomendaciones	107
6.1.	Conclusiones	108

6.2. Recomendaciones	109
Bibliografía	110
Anexos	I
7.1 Visitas a bancos de agregado fino y grueso	II
7.2 Ensayos de laboratorio y resultados de compresión	IV
7.3 Resistencias a compresión de mortero y concreto	XV
7.4 Áreas y coordenadas de los bancos en estudio.....	XIX
7.5 Planos de los bancos en estudio	XVI

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Abertura de tamices para granulometría del agregado fino	8
Tabla 2 Especificaciones correspondientes al agregado fino	8
Tabla 3 Tamices correspondientes al agregado grueso	10
Tabla 4 Granulometría de la muestra para ensayo ASTM C - 131	12
Tabla 5 Esferas a usar según grado de muestra.....	12
Tabla 6 Especificación por proporción ASTM C - 270, C - 100	18
Tabla 7 Especificaciones por propiedades ASTM C - 270.....	19
Tabla 8 Contenido de humedad del agregado fino	27
Tabla 9 Contenido de humedad del agregado fino	27
Tabla 10 Contenido de humedad del agregado fino	28
Tabla 11 Gravedad específica por el método gravimétrico	31
Tabla 12 Gravedad específica por el método gravimétrico	31
Tabla 13 Gravedad específica por el método gravimétrico	32
Tabla 14 Gravedad específica por el método de la balanza hidrostática	35
Tabla 15 Peso volumétrico seco suelto del agregado fino	37
Tabla 16 Peso volumétrico seco suelto del agregado fino	38
Tabla 17 Peso volumétrico seco suelto del agregado fino	38
Tabla 18 Peso volumétrico seco suelto del agregado grueso	38
Tabla 19 Peso volumétrico seco compacto del agregado fino	39
Tabla 20 Peso volumétrico seco compacto del agregado fino	39
Tabla 21 Peso volumétrico seco compacto del agregado fino	39
Tabla 22 Peso volumétrico seco compacto del agregado grueso.....	40
Tabla 23 Análisis granulométrico del agregado fino	42
Tabla 24 Análisis granulométrico del agregado fino	43
Tabla 25 Análisis granulométrico del agregado fino	44
Tabla 26 Análisis granulométrico del agregado grueso.....	45
Tabla 27 Porcentaje de desgaste del agregado grueso.....	47
Tabla 28 Determinación de impurezas orgánicas del agregado fino	48
Tabla 29 Consistencia normal del cemento.....	50

Tabla 30 Tiempo de fraguado inicial y final del cemento	52
Tabla 31 Comparación de los tiempos de fraguados	53
Tabla 32 Gravedad específica del cemento	54
Tabla 33 Guía para seleccionar mezclas de mampostería	55
Tabla 34 Resistencia a la compresión del mortero según R a/c	56
Tabla 35 Propiedades de los materiales para mezcla de mortero	56
Tabla 36 Proporciones de mezclas de mortero	61
Tabla 37 Diseño de mezclas de mortero con relación agua/cemento de 0.61	61
Tabla 38 Diseño de mezcla de mortero con relación agua/cemento de 0.6361	61
Tabla 39 Propiedades de los materiales para mezcla de mortero	62
Tabla 40 Diseño de mezcla de mortero con relación agua/cemento de 0.5962	62
Tabla 41 Diseño de mezcla de mortero con relación agua/cemento de 0.6162	62
Tabla 42 Diseño de mezcla de mortero con relación agua/cemento de 0.6362	62
Tabla 43 Propiedades de los materiales para mezcla de mortero	63
Tabla 44 Diseño de mezcla de mortero con relación agua/cemento de 0.5963	63
Tabla 45 Diseño de mezcla de mortero con relación agua/cemento de 0.6163	63
Tabla 46 Diseño de mezcla de mortero con relación agua/cemento de 0.6363	63
Tabla 47 Propiedades de los materiales para mezcla de concreto	64
Tabla 48 Resistencia promedio a la compresión requerida cuando no hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra	64
Tabla 49 Revenimientos recomendados para diversos tipos de construcción	65
Tabla 50 Requisitos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes revenimientos y tamaño máximos de agregado	66
Tabla 51 Correspondencia entre la relación agua/cemento y la resistencia a la compresión del concreto	67
Tabla 52 Volumen de agregado grueso por volumen unitario de concreto	68
Tabla 53 Propiedades de los materiales para mezcla de concreto	72
Tabla 54 Diseño de mezcla de concreto	73
Tabla 55 Propiedades de los materiales para mezcla de concreto	73
Tabla 56 Diseño de mezcla de concreto	74
Tabla 57 Resistencia a la compresión a los 3, 7 y 28 días de especímenes cúbicos de 2 pulg x 2 pulg	75
Tabla 58 Resistencia a la compresión a los 3, 7 y 28 días de especímenes cúbicos de 2 pulg x 2 pulg	77
Tabla 59 Resistencia a la compresión a los 3, 7 y 28 días de especímenes cúbicos de 2 pulg x 2 pulg	79
Tabla 60 Resistencia a la compresión a los 3, 7 y 28 días de especímenes cilíndricos de 6 pulg x 12 pulg	81
Tabla 61 Resistencia a la compresión a los 3, 7 y 28 días de especímenes cilíndricos de 6 pulg x 12 pulg	82

Tabla 62 Resistencia a la compresión a los 3, 7 y 28 días de especímenes cilíndricos de 6 pulg x 12 pulg	83
Tabla 63 Uso del agregado fino según sus impurezas orgánicas	90
Tabla 64 Resistencia a la compresión de los tres bancos de agregado fino con relación agua/cemento de 0.59	91
Tabla 65 Resistencia a la compresión de los tres bancos de agregado fino con una relación agua/cemento de 0.61	92
Tabla 66 Resistencia a la compresión de los tres bancos de agregado fino con una relación agua/cemento de 0.63	93
Tabla 67 Resistencia a la compresión con edad de tres días y una relación agua/cemento de 0.59	94
Tabla 68 Resistencia a la compresión con edad de siete días y una relación agua/cemento de 0.59	95
Tabla 69 Resistencia a la compresión con edad de veintiocho días y una relación agua/cemento de 0.59	96
Tabla 70 Resistencia a la compresión con una de tres días y una relación agua/cemento de 0.61	97
Tabla 71 Resistencia a la compresión con siete días de edad y una relación agua/cemento de 0.61	98
Tabla 72 Resistencia a la compresión a los veintiocho días de edad y una relación agua/cemento de 0.61	99
Tabla 73 Resistencia a la compresión con tres días de edad y una relación agua/cemento de 0.63	100
Tabla 74 Resistencia a la compresión con siete días de edad y una relación agua/cemento de 0.63	101
Tabla 75 Resistencia a la compresión con veintiocho días de edad y una relación agua/cemento de 0.63	102
Tabla 76 Promedio de resistencia a la compresión del concreto con los diferentes agregados finos	103
Tabla 77 Promedio de resistencia a compresión del concreto a los tres días	104
Tabla 78 Promedio de resistencia a compresión del concreto a los siete días	105
Tabla 79 Promedio de resistencia a compresión de concreto a los veintiocho días	106
Tabla A - 1 Resistencias a compresión de mortero	XV
Tabla A - 2 Resistencias a compresión de mortero	XVI
Tabla A - 3 Resistencias a compresión de mortero	XVII
Tabla A - 4 Resistencias a compresión de concreto	XVIII
Tabla A - 5 Resistencias a compresión de concreto	XVIII
Tabla A - 6 Resistencias a compresión de concreto	XVIII
Tabla A - 7 Area y coordenadas del banco de Motastepe	XIX

Tabla A - 8 Area y coordenadas del banco de Miraflores	XIX
Tabla A - 9 Area y coordenada del banco los Martínez	XIX

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Curva granulométrica	9
Ilustración 2 Cuarteador mecánico	26
Ilustración 3 Determinación de la gravedad específica del agregado fino ..	29
Ilustración 4 Determinación de la gravedad específica del agregado grueso	33
Ilustración 5 Determinación del PVSS del agregado fino y grueso	36
Ilustración 6 Análisis granulométrico del agregado fino y grueso	40
Ilustración 7 Curva granulométrica del agregado fino	42
Ilustración 8 Curva granulométrica del agregado fino	43
Ilustración 9 Curva granulométrica del agregado fino	44
Ilustración 10 Curva granulométrica del agregado grueso	45
Ilustración 11 Resistencia al desgaste por cargas abrasivas	46
Ilustración 12 Impurezas orgánicas en el agregado fino	47
Ilustración 13 Consistencia normal de la pasta de cemento	49
Ilustración 14 Consistencia normal del cemento	50
Ilustración 15 Tiempo de fraguado del cemento	51
Ilustración 16 Tiempo de fraguado del cemento	52
Ilustración 17 Resistencia a la compresión del agregado fino del banco de Motastepe	76
Ilustración 18 Resistencia a la compresión del agregado fino del banco de Miraflores	78
Ilustración 19 Resistencia a la compresión del agregado fino del banco de los Martínez	80
Ilustración 20 Resistencia a la compresión del agregado fino del banco Motastepe	81
Ilustración 21 Resistencia a la compresión del agregado fino del banco Miraflores	82
Ilustración 22 Resistencia a la compresión del agregado fino del banco de los Martínez	83
Ilustración 23 Contenido de humedad de los tres bancos del agregado fino en estudio	84
Ilustración 24 Porcentaje de absorción de los tres bancos de agregado fino en estudio	85
Ilustración 25 Gravedad específica de los tres bancos de agregado fino en estudio	86
Ilustración 26 Peso volumétrico seco suelto de los tres bancos de agregado fino en estudio	87

Ilustración 27	Peso volumétrico seco compacto de los tres bancos de agregado fino en estudio	88
Ilustración 28	Modulo de finura de los tres bancos de agregado fino en estudio	89
Ilustración 29	Resistencia a la compresión de los tres bancos con una relación agua/cemento de 0.59	91
Ilustración 30	Resistencia a la compresión de los tres bancos en estudio con una relación agua/cemento de 0.61	92
Ilustración 31	Resistencia a la compresión de los tres bancos en estudio con una relación agua/cemento de 0.63.....	93
Ilustración 32	Relación agua/cemento de 0.59.....	94
Ilustración 33	Relación agua/cemento de 0.59.....	95
Ilustración 34	Relación agua/cemento de 0.59.....	96
Ilustración 35	Relación agua/cemento de 0.61.....	97
Ilustración 36	Relación agua/cemento de 0.61.....	98
Ilustración 37	Relación agua/cemento de 0.61.....	99
Ilustración 38	Relación agua/cemento de 0.63.....	100
Ilustración 39	Relación agua/cemento de 0.63.....	101
Ilustración 40	Relación agua/cemento de 0.63.....	102
Ilustración 41	Promedio de resistencia a la compresión del concreto con los agregados finos en estudio	103
Ilustración 42	Promedio de la resistencia a la compresión del concreto a los tres días	104
Ilustración 43	Promedio de resistencia a la compresión del concreto a los siete días.....	105
Ilustración 44	Promedio de resistencia a la compresión del concreto a los veintiocho días.....	106
Ilustración A - 1	Banco de agregado fino Miraflores	II
Ilustración A - 2	Banco de agregado fino Motastepe.....	II
Ilustración A - 3	Banco de agregado fino los Martínez.....	III
Ilustración A - 4	Banco de agregado grueso PROINCO S.A	III
Ilustración A - 5	Determinación de muestras de agregados a tamaños de ensayos ASTM C – 702	IV
Ilustración A - 6	Determinación del contenido de humedad de los agregados ASTM C – 566	IV
Ilustración A - 7	Determinación de la gravedad específica y porcentaje de absorción del agregado fino ASTM C – 128	V
Ilustración A - 8	Determinación de la gravedad específica y porcentaje de absorción del agregado grueso ASTM C – 127	VI
Ilustración A - 9	Determinación de los pesos unitarios seco sueltos y seco compacto de los agregados gruesos y finos ASTM C – 29.....	VII

Ilustración A - 10 Determinación del análisis granulométrico de los agregados ASTM C – 136	VIII
Ilustración A - 11 Determinación a la resistencia al desgaste por cargas abrasivas, método de la máquina de los ángeles del agregado grueso ASTM C – 131	IX
Ilustración A - 12 Determinación de las impurezas orgánicas en el agregado fino para mezclas de concreto ASTM C – 40	IX
Ilustración A - 13 Determinación de la consistencia normal de pastas de cemento hidráulico ASTM C – 187.....	X
Ilustración A - 14 Determinación del tiempo de fraguado del cemento por el método de la aguja de Vicat ASTM C – 191	X
Ilustración A - 15 Elaboración de mezclas de mortero y concreto	XI
Ilustración A - 16 Revenimiento del concreto	XI
Ilustración A - 17 Especímenes de mortero y concreto.....	XII
Ilustración A - 18 Ensayos a compresión del mortero y concreto.....	XIII
Ilustración A - 19 Especificaciones del cemento CANAL.....	XIV

Capítulo I: Aspectos Generales

1.1. Introducción.

La arena es un elemento vital en la construcción y el más utilizado en ella, el desarrollo económico y poblacional del país de 4.6% (Banco Mundial) ha aumentado la necesidad de encontrar nuevas fuentes de materiales que puedan suplir los requerimientos para ser utilizados en proyectos de construcción.

Este estudio está basado en la importancia del agregado fino, comparando las resistencias del mortero y concreto con agregado de tres bancos de material de la ciudad de Managua, banco Motastepe, Los Martínez y Miraflores. Con el fin de utilizar estos últimos dos con la frecuencia que se utiliza el banco Motastepe.

Los morteros son usados como unidades de mampostería dentro de un elemento estructural como material de agarre o revestimiento de paredes. El concreto es un material durable y resistente, dado que se trabaja en su forma líquida, prácticamente puede adquirir cualquier forma

Hoy en día el control de calidad de los materiales empleados en la construcción es cada vez más exigente debido a las constantes fallas que presentan edificaciones ante la ocurrencia de sismos, debido al empleo de materiales deficientes para su construcción.

Es por ello, que creemos de vital importancia la obtención de datos sobre los bancos de materiales que son parte fundamental de las construcciones en Nicaragua.

Este estudio facilitará información sobre los agregados en los bancos en cuestión, permitiendo así mejorar la calidad y utilización de la arena en futuros proyectos en Nicaragua.

1.2. Antecedentes

Antes del terremoto en Managua de 1972 muchas edificaciones eran de adobe, este tipo de construcción consiste en paredes con esqueleto de madera rellenas con piedra y tierra vegetal, estas estructuras de enorme peso y poca resistencia no soportaron los esfuerzos generados por el sismo. Las estructuras de mortero y concreto tenían baja resistencia y carecían de un buen diseño previo.

Con el desarrollo económico y el crecimiento poblacional ha aumentado la necesidad de realizar estudios en busca de materiales constructivos que cumplan con las normas de calidad y seguridad internacional, considerando también que la población ha pasado de aproximadamente de 2.4 millones de habitantes en el año 1972 a casi 6.4 para 2020. (El Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas).

El banco de arena más utilizado como agregado fino en el diseño de mezclas de mortero y concreto, sobre todo en la ciudad de Managua, es el del banco de arena Motastepe. Este banco ha sido utilizado desde la época de los 50, el volumen extraído es de 8 a 10 millones de m³ y se presume que el cerro posee reservas para 15 a 20 años con el mismo ritmo de explotación. Desafortunadamente no cuenta con la cantidad de material necesaria para continuar abasteciendo las necesidades constructivas para los próximos años al ritmo de crecimiento de la capital.

Los bancos de materiales Miraflores y Los Martínez son relativamente nuevos que dan alternativas de materiales constructivos, cuentan con áreas de explotación parecidas cercanas a los 100,000 m². (Ver anexo 7.6.)

1.3. Justificación

La realización del presente estudio responde a la necesidad de búsqueda de nuevos bancos de agregados finos que cumplan con los requerimientos técnicos para ser utilizados en proyectos constructivos en la ciudad de Managua, principalmente en el diseño de mezclas de mortero y concreto.

Es por tal razón que nos hemos centrado en la comparación de sus propiedades con las del banco de Motastepe, Los Martínez y Miraflores para analizar si las podemos utilizar como una alternativa de material constructivo.

La falta de interés acerca de la resistencia requerida de los elementos usados en construcción, hace importante un estudio básico de esta índole, que explique de manera correcta los ensayos de laboratorio de los materiales que conforman el mortero y concreto.

Antiguamente se decía que los agregados eran elementos inertes dentro del mortero y concreto, ya que no intervienen directamente dentro en las reacciones químicas, la tecnología moderna se establece que siendo este material el que mayor porcentaje de participación tendrá, aproximadamente en rangos de entre el 70% y el 80%, sus propiedades y características diversas influyen en la calidad del mortero y concreto.

En este estudio comparativo se pretende determinar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados finos de los bancos de materiales Motastepe, Los Martínez y Miraflores delimitando el alcance de producción que estos bancos pueden tener y cómo influye su calidad en las resistencias finales de las mezclas de concreto y mortero.

1.4. Objetivo General

- Realizar un estudio comparativo de las propiedades físicas y mecánicas del agregado fino de los bancos de arena de Motastepe, Miraflores y los Martínez, para ser utilizados en mezclas de mortero y concreto en proyectos de construcción en la ciudad de Managua.

1.4.1. Objetivos Específicos

- Analizar el área de explotación y uso actual de los bancos de agregado fino de Motastepe, Miraflores y Los Martínez para ser usado en mezclas de mortero y concreto en diferentes proyectos de construcción en la ciudad de Managua.
- Determinar mediante ensayos de laboratorio las propiedades físicas-mecánicas de los agregados finos de los bancos de materiales en estudio y evaluar su calidad de acuerdo a normas nacionales e internacionales.
- Diseñar mezclas de concreto y mortero con los agregados en estudio. Realizar ensayos a compresión de mezclas de mortero y concreto utilizando la arena de los diferentes bancos de materiales en estudio que cumplan con las normas nacionales e internacionales, para ser usados como material de construcción.
- Comparar y analizar la resistencia a compresión de las mezclas de mortero y concreto obtenidas para ser utilizados en diferentes proyectos de construcción en la ciudad de Managua.

Capítulo II: Marco Teórico

2. Tipos de agregados

2.1. Agregados: En construcción se suele denominar agregado o árido a elementos de origen pétreo. La principal clasificación de los agregados radica en su granulometría pudiendo dividirse en agregados gruesos (gravas) y finos (arenas). También existen agregados muy finos como los limos y arcillas que por sus características no resultan ser convenientes en la mayoría de obras.

2.1.1. Agregados Finos (Arenas)

Los agregados finos o arenas consisten en arena natural extraída de los ríos, lagos, depósitos volcánicos o arenas artificiales, esto es, que han sido triturados. Estos agregados abarcan normalmente partículas entre 4.75 y 0.075 mm.

2.1.2. Clasificación de los agregados finos según su procedencia

Áridos naturales: Proceden directamente de la naturaleza y se encuentran para su explotación en canteras, graveras o grandes depósitos.

Áridos artificiales: Obtenidos mediante un proceso industrial a partir de materiales inorgánicos u orgánicos.

Áridos reciclados: Procedentes de derribos de edificaciones y estructuras.

2.1.3. Clasificación del agregado fino según su tamaño.

Arena fina: Es la que sus granos pasan por un tamiz de mallas de 1mm de diámetro y son retenidos por otro de 0.25mm.

Arena media: Es aquella cuyos granos pasan por un tamiz de 2.5mm de diámetro y son retenidos por otro de 1mm.

Arena gruesa: Es la que sus granos pasan por un tamiz de 5mm de diámetro y son retenidos por otro de 2.5mm.

2.1.4. Forma y textura superficial de los agregados finos

Por naturaleza los agregados tienen forma irregularmente geométrica compuestos aleatoriamente por caras redondeadas y angularidades. En términos descriptivos la forma de los agregados puede ser:

- Angular: Poca evidencia de desgaste en caras y bordes.
- Sub angular: Evidencia de algo de desgaste en caras y bordes.
- Sub redondeada: Considerable desgaste en caras y bordes.
- Redondeada: Bordos casi eliminados.
- Muy Redondeada: Sin caras ni bordes.

2.1.5. Propiedades físicas del agregado fino

Las propiedades físicas de un material son las características naturales con las que se presenta, es decir, las propiedades inherentes al mismo. Estas están regidas por la ***American Society for Testing and Materials (ASTM)***. En ellas se puede destacar las siguientes:

2.1.5.1. Peso Volumétrico (ASTM C – 29)

Es la relación que existe entre la masa de un material y el volumen que ocupa, considerando al volumen como el espacio que ocupan las partículas del agregado y sus correspondientes intersticios, es decir el espacio existente entre las partículas del agregado. Es importante destacar que este valor puede variar en base a la humedad y compactación. Esto da como resultado diferentes estados del material siendo los más comunes:

- Peso volumétrico seco suelto (PVSS)
- Peso volumétrico seco compacto (PVSC)

2.1.5.2. Gravedad Específica (ASTM C – 128)

Es el cociente que se obtiene al dividir la densidad de un material entre la de otro material de referencia. Para sólidos y líquidos se utiliza como referencia la densidad del agua en condiciones ideales (1 atm, 4°C) que es de 1000 kg/m³.

2.1.5.3. Absorción (ASTM C – 128)

Es la capacidad de un material de adherir agua a su volumen. Se calcula mediante la relación que existe entre el peso del agua que es absorbida hasta saturarlo y el peso en seco de un material. Este valor se expresa en porcentaje.

2.1.5.4. Contenido de Humedad (ASSTM C – 566)

Es la cantidad de agua contenida dentro del material. También se expresa en porcentaje. En construcción es muy importante conocer este valor por diversas razones entre las que se destacan las siguientes:

- Cuando el porcentaje de humedad es elevado, una helada podría congelar el agua que al aumentar su volumen terminaría fracturando la pieza internamente.
- Cuando el contenido de agua es alto, ofrece menor resistencia al paso del calor.
- Un desconocimiento de la humedad dentro del agregado provocaría variaciones que aumentarían o disminuirían la relación agua/cemento de una mezcla con sus consecuencias correspondientes.

2.1.5.5. Análisis Granulométrico (ASTM C – 136)

Es la distribución de los tamaños de las partículas de un agregado tal como se determina por análisis de tamices normado por la ASTM C 136. El tamaño de partícula del agregado se determina por medio de tamices de malla de alambre, aberturas cuadradas. Los siete tamices estándar (ASTM C 33) para agregado fino tiene aberturas que varían desde la malla No. 100 hasta la malla 9.52 mm.

Tabla 1. Abertura de tamices para granulometría del agregado fino

Tamices	Abertura libre del tamiz	
	Pulgadas	Milímetros
3/8"	0.3748	9.52
No. 4	0.1870	4.75
No. 8	0.0937	2.38
No. 16	0.0468	1.19
No. 30	0.0232	0.59
No. 50	0.0116	0.297
No. 100	0.0058	0.149
No. 200	0.00295	0.075

FUENTE: GUÍAS DE LABORATORIO MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN – UNI

El agregado fino debe de ser graduado dentro de los siguientes límites.

Tabla 2 Especificaciones correspondientes al agregado fino

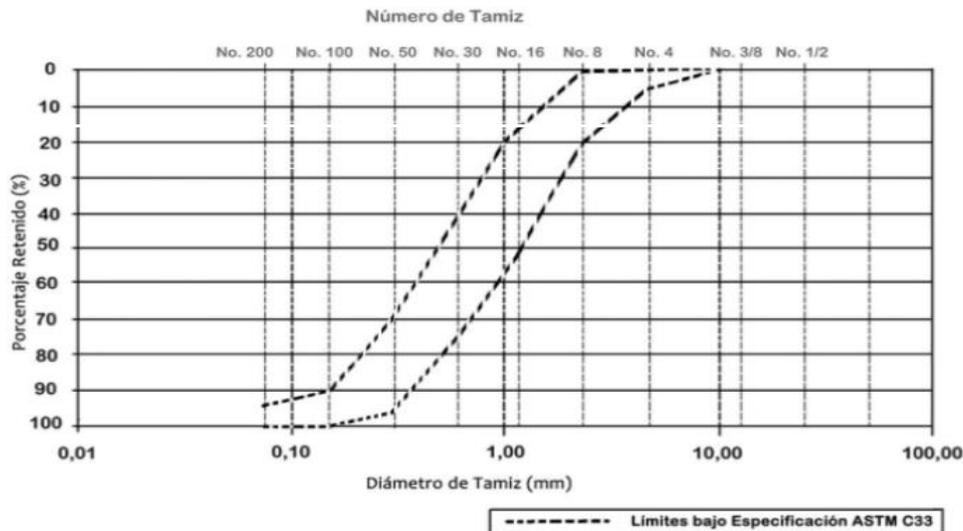
Tamices	Porcentaje que pasa
3/8"	100
No. 4	95 a 100
No. 8	80 a 100
No. 16	50 a 85
No. 30	25 a 60
No. 50	10 a 30
No. 100	2 a 10
No. 200	0 a 2

FUENTE: GUÍAS DE LABORATORIO MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN – UNI

Curva granulométrica: La curva granulométrica es una representación gráfica de los resultados del ensayo de granulometría Se representa gráficamente en un

papel denominado "log-normal" por tener en la horizontal una escala logarítmica, y en la vertical una escala natural.

Ilustración 1 Curva granulométrica



FUENTE: GRANULOMETRÍA DE LA ARENA, LABORATORIO DE ESTRUCTURAS DE MATERIALES Y SISTEMAS ESTRUCTURALES.

2.1.5.6. Módulo de Finura (FM) (ASTM C – 33)

Se obtiene, conforme a la norma ASTM C 33, sumando los porcentajes acumulados en peso de los agregados retenidos acumulados desde el tamiz 3/8" hasta el tamiz No. 100 dividiendo entre 100. Este módulo de finura no debe de ser menor de 2.3 ni mayor de 3.1.

2.1.5.7. Colorimetría (ASTM C – 40)

En los agregados finos naturales a veces se presentan impurezas orgánicas, las cuales menoscaban la hidratación del cemento y el desarrollo consecuente de la resistencia del concreto. Normalmente esas impurezas se evitan por medio del despejado adecuado del depósito, para eliminar por completo la tierra vegetal, y un enérgico lavado en la arena. La detección del alto contenido orgánico en la arena se lleva a cabo con facilidad por medio de la prueba colorimétrica con hidróxido de sodio.

2.2. Agregado Grueso (Grava)

Se denomina grava a las rocas sedimentarias detríticas producto de la división natural o artificial de otras rocas y minerales. Los fragmentos de la grava miden entre 2 y 64 milímetros de diámetro y su composición química es variada. Está constituida principalmente por rocas ricas en cuarzo y cuarcita. También por clastos de caliza, basalto, granito y dolomita. Al igual que la arena, la grava puede ser de origen natural o artificial.

2.2.1. Propiedades físicas y mecánicas del agregado grueso

2.2.1.1. Granulometría del agregado grueso (ASTM C – 136)

Al igual que la arena, la grava debe de ser cribada usando los tamices establecidos por la ASTM C – 136.

Tabla 3 Tamices correspondientes al agregado grueso

Tamices	Abertura libre del tamiz	
	Pulgadas	Milímetros
3"	3	76.2
2.5"	2.5	63.5
2"	2	50.8
1.5"	1.5	38.1
1"	1	25.4
3/4"	0.7677	19.1
1/2"	0.50	12.7
3/8"	0.3748	9.52
1/4"	0.25	6.35
No. 4	0.1870	4.75
No. 8	0.0937	2.38

FUENTE: GUÍAS DE LABORATORIO MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN – UNI

2.2.1.2. Tamaño máximo y tamaño máximo nominal de la grava (ASTM C – 125)

El tamaño máximo de un agregado, es el menor tamaño de malla por el cual todo el agregado debe pasar. El tamaño máximo nominal de un agregado, es el menor tamaño de malla por el cual debe pasar la mayor parte del agregado. La malla de tamaño máximo nominal, puede retener de 5% a 15% del agregado dependiendo del número de tamaño.

2.2.1.3. Resistencia al desgaste por cargas abrasivas del agregado grueso (ASTM C – 131)

Se mide la resistencia que ofrecen los agregados gruesos a la abrasión o golpes, Es imprescindible que los áridos usados en la construcción, ya sea para la fabricación de concretos o morteros, tengan una adecuada resistencia a la abrasión que garantice la no excesiva fragmentación durante su manipulación o uso. Esta resistencia se obtiene mediante el ensayo del material por medio de la máquina de los ángeles, normados por la ASTM C 131.

En la siguiente tabla se muestra el peso del material a usar según su granulometría.

Tabla 4 Granulometría de la muestra para ensayo ASTM C - 131

Tamices		Cantidades de cada fracción de tamaño de acuerdo con el grado de la muestra (gramos)						
Pasa por	Retiene en	A	B	C	D	E	F	G
3"	2.5"					2500 ± 50		
2.5"	2"					2500 ± 50		
2"	1.5"					5000 ± 50	5000 ± 50	
1.5"	1"	1250 ± 25					5000 ± 50	5000 ± 50
1"	3/4"	1250 ± 25						5000 ± 50
3/4"	1/2"	1250 ± 10	2500 ± 10					
1/2"	3/8"	1250 ± 10	2500 ± 10					
3/8"	1/4"			2500 ± 10				
1/4"	No. 4			2500 ± 10				
No. 4	No.8				5000 ± 10			
Total		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	10000 ± 50	10000 ± 50	10000 ± 50

FUENTE: GUÍAS DE LABORATORIO MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN – UNI

Una vez obtenido el peso de la muestra, se selecciona la carga abrasiva a la que se someterá la muestra seleccionada anteriormente, esta carga se selecciona mediante la siguiente tabla.

Tabla 5 Esferas a usar según grado de muestra

Grado de la muestra	Numero de esferas	Peso de carga (gramos)
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	8	3330 ± 20
D	6	2500 ± 20
E	12	5000 ± 25
F	12	5000 ± 25
G	12	5000 ± 25

FUENTE: GUÍAS DE LABORATORIO MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN – UNI

2.3. Cemento

El cemento es el aglomerante más utilizado del mundo. Al mezclarlo con agua, la reacción química que sobreviene lo transforma en una pasta con la propiedad de dejarse moldear mientras se encuentra en estado plástico, luego fragua, endurece

y forma un compuesto resistente, estable y durable. Debido a ésta y otras cualidades admirables, a este fino polvo se le ha llamado "polvo mágico".

2.3.1. Cemento de tipo GU.

El cemento Hidráulico tipo GU es aquel tipo de cemento que puede ser utilizado en todo tipo de construcciones siempre y cuando éstas no requieran las características y propiedades especiales de otro tipo de cemento. Los usos de este tipo de cemento son principalmente obras de albañilería y estructuras. Cabe destacar que este cemento es el más utilizado en nuestro país.

2.3.2. Uso y aplicaciones del cemento tipo GU.

- Preparación de mezcla para concretos y morteros
- Diferentes tipos de elementos prefabricados: bloques, adoquines, tuberías de concreto, postes, lozas.
- Estabilización de suelos.
- Solidificación de desechos
- Acabados.
- Pega de ladrillos y mampostería.

2.3.3. Propiedades físicas del cemento

2.3.3.1. Determinación de la gravedad especifica del cemento (ASTM C – 188)

La gravedad especifica es la relación entre el peso de un volumen dado de material a cierta temperatura, al peso de un volumen igual de agua a esa misma temperatura. La principal utilidad que tiene la gravedad específica del cemento está relacionada con el diseño y control de mezclas de concreto.

2.3.3.2. Determinación de la consistencia normal del cemento hidráulico (ASTM C – 197)

Es la característica que indica el grado de fluidez con que se puede manejar la pasta de cemento, este parámetro se determina con la aguja de Vicat. Los cementos tienen unos requerimientos de agua diferentes, dependiendo si son o no adicionados; generalmente los cementos adicionados requieren de más agua. Existe una fluidez para la cual debe agregarse cierta cantidad de agua, y es lo que se denomina consistencia normal.

2.3.3.3. Determinación del tiempo de fraguado del cemento hidráulico (ASTM C – 191)

Se usa para describir la rigidez de la pasta de cemento, es decir, determinar el cambio de estado fresco a estado endurecido. El fraguado inicial se define como el tiempo que transcurre desde el momento que la pasta de cemento recibe el agua y va perdiendo fluidez hasta que no tiene toda su viscosidad y se eleva su temperatura. El fraguado final es definido como el tiempo transcurrido hasta que la pasta de cemento deja de ser deformable por cargas relativamente pequeñas, llegando a su temperatura máxima donde la pasta se vuelve dura. En este momento empieza el proceso de endurecimiento y adquisición de resistencia mecánica. Con estos parámetros sabemos qué tiempo tenemos disponible para mezclar, transportar, colocar, vibrar, afinar y curar el concreto en obra.

2.4. Aglomerados

No son más que el producto resultante entre un agregado y un aglomerante. Resultando por lo general un material de características similares al agregado pero más fuertes y al mismo tiempo es más trabajable durante su formación.

Entre los aglomerados más comunes se encuentran el concreto (hormigón), el concreto asfáltico, morteros, etc.

2.4.1. Morteros

Son mezclas plásticas que en estado pastoso tienen la propiedad de poderse moldear, de adherirse fácilmente a otros materiales, de unirlos entre sí, protegerlos, endurecerse y alcanzar resistencias. Los morteros varían según los materiales con los que son elaborados y comúnmente se elaboran de forma manual, mecánicamente o bien, premezclados.

Existen diferentes tipos de morteros, entre los cuales tenemos: Mortero de Arena, Mortero de Yeso, Mortero de Cal y Mortero de Cemento.

2.4.1.1. Clasificación de los morteros (ASTM C – 91)

Tipo N: es un mortero de propósito general utilizado en estructuras de mampostería sobre el nivel del suelo. Bueno para recubrimientos internos y divisiones. Mortero de mediana resistencia que presenta la mejor combinación entre trabajabilidad y economía.

Tipo M: es una mezcla de alta resistencia usada en mampostería con o sin reforzar sujeta a grandes cargas de compresión, acción severa a congelación, altas cargas laterales de tierra, vientos fuertes o temblores. Debe usarse en estructuras en contacto con el suelo como cimentaciones, muros de contención, aceras, tuberías de agua servidas y pozos.

Tipo S: alcanza alta resistencia a la adherencia, y debe utilizarse en estructuras sujetas a cargas compresivas normales que requieran alta resistencia a la adherencia y cuando sea el único agente de adherencia con la pared; como es revestimientos de terracota o baldosas de barro, paredes exteriores e interiores de un nivel, junteo de losetas prefabricadas.

2.4.1.2. Características generales del mortero

El mortero debe cumplir con varios requerimientos para ser utilizado adecuadamente en obra, garantizando resistencias y que sea fácilmente manipulable en sitio.

Trabajabilidad: Es una medida de la facilidad de colocación de la mezcla, en las unidades de mampostería y en revestimientos. El indicador de la trabajabilidad es la consistencia, la cual se refiere al estado de fluidez del mortero; comúnmente se definen tres tipos de consistencia: seca, en la cual la mezcla cemento y agua, sólo alcanza llenar los vacíos interparticulares, obteniendo mezclas ásperas y poco trabajables debido al rozamiento entre partículas.

Otro tipo de consistencia es la plástica donde se dispone de una cantidad de agua mayor sin perjudicar la resistencia.

En la consistencia fluida la cohesión se reduce y las partículas tienden a segregarse por acción de la gravedad. En general se acepta como la medida de la trabajabilidad, la característica de fluidez medida en la mesa de flujo como lo especifica la norma ASTM C-230, sin embargo en sitio la fluidez depende en gran parte de la apreciación del albañil.

El mortero no debe ser muy pesado cuando se utilice para dar recubrimientos y acabado a una superficie para evitar desprendimientos, además se requiere una consistencia adecuada que facilite las tareas de mezclado y puesta en obra.

La inclusión de cal en el mortero hace que la trabajabilidad mejore debido a la reducción de la tensión superficial de la pasta conglomerante (agua-cemento) asociada a la lechada de cal; por otro lado, el alto grado de finura de la cal permite que funcione como lubricante y como retenedor de agua. Algo similar ocurre cuando al mortero se le incorpora un aditivo para retención de agua que logra aumentar su plasticidad.

Retención de agua: El mortero debe contar con la cantidad de agua necesaria para permitir la hidratación de las partículas de cemento y a la vez tener una mezcla fluida, lo que influye en gran medida en la velocidad de endurecimiento y la resistencia final a la compresión. Esta propiedad se ve afectada tanto por el clima donde se trabaja, como por la capacidad de absorción de las superficies en contacto con el mortero como lo son las unidades de mampostería.

La retención de agua puede ser mejorada mediante la adición de cal, dada su capacidad plastificante, aumentando el contenido de finos, la adición de aditivos plastificantes y agentes incorporadores de aire o simplemente utilizando cementos puzolánicos o cementos de adición, con carga inherente que cada día cobran mayor importancia.

Adherencia: Es la capacidad del mortero de soportar tensiones normales o tangenciales a la superficie que une la mezcla con la estructura.

Morteros de baja capacidad de retención de agua y morteros de alta resistencia se adhieren sólo en partes por lo que su adherencia es pobre. En el caso de la mampostería, para obtener una buena adherencia es necesario que la superficie del bloque sea tan rugosa como sea posible para permitir la unión mecánica del mortero y además de tener un nivel de absorción adecuado y compatible con la mezcla del mortero. Los morteros plásticos de buena adherencia, buena capacidad de retención de agua y que no requieran de superficies húmedas para su colocación, son los más adaptables y de mayor utilización en mampostería ya que permiten una adecuada unión entre las piezas.

2.4.2. Propiedades mecánicas del mortero

2.4.2.1. Resistencia del mortero

Una vez aplicado en obra, el mortero debe actuar como unión resistente. Se requiere una alta resistencia a la compresión cuando el mortero deba soportar cargas altas y sucesivas, siendo ésta un indicio de las resistencias a esfuerzos de corte y tensión. El mortero alcanza su resistencia final a los 28 días.

2.4.2.2. Dosificación para la elaboración de morteros (ASTM C – 270, C – 100)

La norma ASTM C 270 clasifica los morteros atendiendo a sus propiedades (resistencia) y las proporciones en que se deben combinar los componentes del mortero. Las tablas 6 y 7 muestran las clasificaciones antes mencionadas.

Tabla 6 Especificación por proporción ASTM C - 270, C - 100

Mortero	tipo	Cemento Portland o mezcla de Cemento	proporciones por Volumen (materiales cementantes)						Relación de agregados (Medida en condición húmeda y suelta)	
			mortero de Cemento			Cemento de Mampostería				Cal hidratada o apagada
			M	S	N	M	S	N		
Cemento y Cal	M	1							No menor que 2.25 y no Mayor que 3.5 sume los volúmenes separados de materiales cementantes	
	S	1						1/4 de 1/4 a 1/2		
	N	1						de 1/2 a 1 1/4		
	O	1						de 1 1/4 a 2 1/2		
Mortero de Cemento	M	1					1			
	M		1							
	S	1/2						1		
	S			1				1		
Cemento de Mampostería	M	1					1			
	M				1					
	S	1/2						1		
	S							1		
	N							1		
	N							1		
	O							1		
	O							1		

FUENTE: NORMA ASTM C - 270.

Tabla 7 Especificaciones por propiedades ASTM C - 270

Mortero	Tipo	Resistencia mínima promedio a compresión a 28 días psi(Mpa)	Retención mínima de agua	Contenido máximo de aire (%) ^B	Relación de agregados (medida en condición húmeda y suelta)
Cemento - cal	M	2500 (17.2)	75	12	No menor que 2.25 y no mayor que 3.5 veces la suma de los volúmenes separados de materiales cementantes
	S	1800 (12.4)	75	12	
	N	750 (5.2)	75	14 ^C	
	O	350 (2.4)	75	14 ^C	
mortero de cemento	M	2500 (17.2)	75	12	
	S	1800 (12.4)	75	12	
	N	750 (5.2)	75	14 ^C	
	O	350 (2.4)	75	14 ^C	
Cemento de mampostería	M	2500 (17.2)	75	18	
	S	1800 (12.4)	75	18	
	N	750 (5.2)	75	20 ^D	
	O	350 (2.4)	75	20 ^D	

FUENTE: NORMA ASTM C – 270.

2.4.3. Concreto

El concreto es una mezcla de dos componentes: agregados y pasta. La pasta, compuesta de cemento Portland y agua, une a los agregados (arena y grava o piedra triturada) para formar una masa semejante a una roca, pues la pasta endurece debido a la reacción química entre el agua y el cemento. La versatilidad, resistencia a la compresión, impermeabilidad, durabilidad y economía del concreto lo han convertido en el material de construcción más usado en el mundo

2.4.3.1. Clasificación del concreto

El concreto se puede clasificar de tres maneras, las cuales serán detalladas a continuación.

Por su resistencia: Esta se divide a su vez en: baja resistencia, resistencia moderada, normal, muy alta resistencia y alta resistencia temprana.

Por su peso volumétrico: El cual se divide en: ligero celular (alta trabajabilidad), normal, pesado (mejor relación resistencia/peso).

Por su consistencia: Este se encuentra dividido de la siguiente manera: fluido, normal o convencional, masivo y sin revenimiento.

2.4.3.2. Características generales del concreto

Trabajabilidad: Está definida por la mayor o menor dificultad para el mezclado, transporte, colocación y compactación del concreto. Su evaluación es relativa, por cuanto depende realmente de las facilidades manuales o mecánicas de que se disponga durante las etapas del proceso, ya que un concreto que puede ser trabajable bajo ciertas condiciones de colocación y compactación, no necesariamente resulta tal si dichas condiciones cambian.

Está influenciada principalmente por la pasta, el contenido de agua y el equilibrio adecuado entre gruesos y finos, que produce en el caso óptimo una suerte de continuidad en el desplazamiento natural y/o inducido de la masa.

Por lo general un concreto es trabajable en la mayoría de circunstancias, cuando durante su desplazamiento mantiene siempre una película de mortero de al menos $\frac{1}{4}$ " sobre el agregado grueso.

El método tradicional de medir la trabajabilidad ha sido desde hace muchos años el "Slump" o asentamiento con el cono de Abrams, ya que permite una aproximación numérica a esta propiedad del concreto, sin embargo debe tenerse clara la idea que es más una prueba de uniformidad que de trabajabilidad, pues es

fácilmente demostrable que se pueden obtener concretos con igual slump pero trabajabilidades notablemente diferentes para las mismas condiciones de trabajo.

Segregación: Las diferencia de densidades entre los componentes del concreto provocan una tendencia natural a que las partículas más pesadas descendan, pero en general, la densidad de la pasta con los agregados finos es sólo un 20% menor que la de los gruesos (para agregados normales) lo cual sumado a su viscosidad produce que el agregado grueso quede suspendido e inmerso en la matriz.

Cuando la viscosidad del mortero se reduce por insuficiente concentración la pasta, mala distribución de las partículas o granulometría deficiente, las partículas gruesas se separan del mortero y se produce lo que se conoce como segregación.

Exudación: Propiedad por la cual una parte del agua de mezcla se separa de la masa y sube hacia la superficie del concreto.

Es un caso típico de sedimentación en que los sólidos se asientan dentro de la masa plástica. El fenómeno está gobernado por las leyes físicas del flujo de un líquido en un sistema capilar, antes que el efecto de la viscosidad y la diferencia de densidades.

Está influenciada por la cantidad de finos en los agregados y la finura del cemento, por lo que cuanto más fina es la molienda de este y mayor es el porcentaje de material menor que la malla N° 100, la exudación será menor pues se retiene el agua de mezcla.

2.4.4. Propiedades mecánicas del concreto

2.4.4.1. Resistencia del concreto

Es la capacidad de soportar cargas y esfuerzos, siendo su mejor comportamiento en compresión en comparación con la tracción, debido a las propiedades adherentes de la pasta de cemento.

2.5.4.2 Dosificación para elaboración de concreto (ACI 211.1)

Para el diseño de mezclas de concreto, seguiremos el método del Instituto Americano del Concreto (ACI) sección 211.1-91 este método desarrolla un procedimiento de diseño de mezclas basadas en algunas tablas, mismas que permiten obtener valores de los diferentes materiales que integran la unidad cúbica de concreto.

**Capítulo III: Estado
actual de los bancos
en estudio y Ensayos
de Laboratorio**

3. Estado actual de los bancos en estudio

3.1.1. Banco de Motastepe

Este banco de materiales está ubicado en el km 8 de la carretera nueva a León (ver anexo cap. VII, pag. XVI), siendo el banco más explotado y su arena la más utilizada del país, siendo referencia para proyectos en la ciudad de Managua por más de 50 años. El grupo ANSA es el encargado de la explotación del banco de arena con una concesión de 2,200 hectáreas.

Ansa se dedica a la explotación mecanizada de áridos para la construcción, (arenas, hormigón y tierras para relleno) estos productos han sido extraídos y utilizados desde la época de los 50. Diariamente se explota alrededor de 400 m³ a 500 m³. Según estudios realizados por Ansa el corazón del cerro es de hormigón.

Los usos de esta arena en el departamento de Managua son muy amplios ya que distribuidores la llevan hasta cada rincón para su reventa.

Los precios de la arena son 200 córdobas por m³

3.1.2. Banco de Miraflores

Está situado en la carretera a Xiloa km 1.2, a pocos km de la ciudad de Managua (ver anexo cap. VII, pág. XVIII). Cuenta con grandes extensiones de elevaciones de arena, las cuales se extienden por las orillas del lago Xolotlán, actualmente la comercializadora de materiales de construcción las palmas poseen una concesión minera para su explotación de 25 hectáreas, verificándose esta área con delimitaciones brindadas por los dueños con el programa AutoCAD.

Este banco de materiales brinda los siguientes productos: Arena, Hormigón, Material selecto, tierra vegetal. Siendo principal surtidor de estos materiales del municipio de ciudad Sandino y el Oeste de la ciudad de Managua.

Los datos generales del banco son los siguientes:

Área de explotación: 25 Hectáreas

Explotación: 600 m³ por día, de lunes a sábado.

Costo de la arena: 180 córdobas por m³.

Costo de hormigón: 100 córdobas por m³.

Costo de material selecto: 125 córdobas por m³.

Costo de tierra vegetal: 95 córdobas por m³.

3.1.3. Banco los Martínez

Este banco de materiales se encuentra ubicado en el km 7 de la pista héroes y mártires, 500 m al norte (ver anexo cap. VII, pag. XVII), a orillas del lago de Managua. Cuenta con un área de explotación de 9 hectáreas, contando con un volumen de explotación aproximado de 3 millones de metros cúbicos (Según estudios previos del propietario).

Este banco de agregados cuenta también con grandes cantidades de material selecto el cual venden en grandes cantidades, ha sido explotado desde el año 2009

La alcaldía de Managua tiene una concesión con el propietario para la explotación del banco, su agregado es utilizado en diversos proyectos en la capital. En los cuales principalmente se utiliza el material selecto en mezclas con escoria volcánica para ser utilizado como bases de pavimentos.

Los costos de los productos son los siguientes:

Costo de arena: 200 córdobas por m³.

Costo de material selecto: 600 córdobas por m³

3.1.4 Georefenciación de bancos de agregado



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

En la imagen se observan los tres bancos de agregado fino con sus respectivas coordenadas, en la parte superior el banco Miraflores, en el centro banco los martinez y en la parte inferior banco motastepe, los tres bancos poseen la característica de ubicarse en la parte oeste de la ciudad de Managua, encontrándose el banco y Miraflores y los martinez a orillas del lago de Managua.

Los tres bancos poseen áreas totales que satisfacen las necesidades de demanda de metros cúbicos por día. (Ver anexo cap VII, pag XV)

3.2. Ensayos de laboratorio

Se le realizaran ensayos de laboratorio al agregado fino de los bancos de Motastepe, Miraflores y los Martínez, para determinar sus propiedades físicas mecánicas, así mismo se le realizara pruebas al agregado grueso del banco de PROINCO S.A.

El cemento a usar será “cemento canal” de tipo GU, distribuido por CEMEX Nicaragua.

3.2.1. Ensayos realizados al agregado fino y grueso

3.2.1.1. Determinación de muestras de agregados a tamaños de ensayos ASTM C – 702

Se tomara una muestra representativa del agregado fino utilizando un cuarteador mecánico, siguiendo el método establecido en la norma ASTM C – 702.

Ilustración 2 Cuarteador mecánico



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

3.2.1.2. Determinación del contenido de humedad de los agregados ASTM C – 566

Primero se seleccionó un recipiente o tara, a este se le anoto su identificación y su peso, luego se tomó la muestra representativa del material y se depositó en la tara elegida anteriormente.

Siguiente a esto se pesó la muestra con el recipiente y se dejó secar por un periodo de 24 horas en un horno, pasado este tiempo se tomó el peso del material seco más el recipiente.

- ✓ Contenido de humedad (%W)

Ecuación No. 1

$$\%w = \frac{\text{Peso de la muestra húmeda} - \text{Peso de la muestra seca}}{\text{Peso de la muestra seca}} * 100$$

Tabla 8 Contenido de humedad del agregado fino

Agregado: Fino	Procedencia: Motastepe		
Ensaye No.	1	2	3
tara No.	No. 8	S - 11	R - 22
Peso de tara (gr)	53.5	53.4	54.1
Peso de tara más agregado húmedo (gr)	220.3	220.4	220.6
Peso de agregado húmedo (gr)	166.8	167	166.5
Peso de tara más agregado seco (gr)	208.8	208.5	208.7
peso de agregado seco (gr)	155.3	155.1	154.6
Contenido de humedad (%)	7.41	7.67	7.7
Contenido de humedad promedio (%)	7.59		

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 9 Contenido de humedad del agregado fino

Agregado: Fino	Procedencia: Miraflores		
Ensaye No.	1	2	3
tara No.	A - 120	A - 100	E - Y0
Peso de tara (gr)	47.1	31.9	47.2
Peso de tara más agregado húmedo (gr)	215.1	202.3	215.3
Peso de agregado húmedo (gr)	168	170.4	168.1
Peso de tara más agregado seco (gr)	203.6	190.6	204
peso de agregado seco (gr)	156.5	158.7	156.8
Contenido de humedad (%)	7.35	7.37	7.21
Contenido de humedad promedio (%)	7.31		

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 10 Contenido de humedad del agregado fino

Agregado: Fino	Procedencia: Los Martínez		
Ensaye No.	1	2	3
tara No.	A - 07	M - 3	A - 18
Peso de tara (gr)	40	54	41.3
Peso de tara más agregado húmedo (gr)	207.7	220	208.9
Peso de agregado húmedo (gr)	167.7	166	167.6
Peso de tara más agregado seco (gr)	194.5	207.5	196.2
peso de agregado seco (gr)	154.5	153.5	154.9
Contenido de humedad (%)	8.54	8.14	8.2
Contenido de humedad promedio (%)	8.29		

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

3.2.1.3. Determinación de la gravedad específica y porcentaje de absorción del agregado fino ASTM C – 128

Antes de realizar este ensaye se preparó previamente una muestra del material, y se seleccionó el método gravimétrico para determinar la gravedad específica.

Una vez obtenida la muestra a ensayar se llenó el picnómetro con agua y se le agrego la muestra preparada anteriormente, luego se le agrego agua adicional hasta llenar el 90% el picnómetro, concluido esto manualmente se rodó y agio el picnómetro para eliminar burbujas de aire atrapadas en la muestra.

Una vez que le eliminaron las burbujas de aire se ajustó la temperatura del picnómetro con un baño maría, y se tomó la temperatura, seguido de esto se removió el material y se depositó en una tara (previamente pesada e identificada).

Se introdujo la muestra en el horno por un periodo de $1 \pm \frac{1}{2}$ hora y se determinó el peso.

Por último, se pesó el picnómetro lleno de agua a su capacidad de calibración y se tomó la temperatura de este.

Ilustración 3 Determinación de la gravedad específica del agregado fino



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

✓ Gravedad específica (Ge)

Ecuación No. 2

$$Ge = \frac{A}{D + B - C}$$

Donde:

A: Peso de la muestra secada al horno (gr)

B: Peso de la muestra en condición saturada superficialmente seca (gr)

C: Peso del picnómetro con la muestra y lleno de agua hasta la marca de calibración (gr)

D: Peso del picnómetro lleno de agua hasta la marca de calibración (gr)

✓ Gravedad específica saturada superficialmente seca (Ge_{SSS})

Ecuación No. 3

$$Ge_{sss} = \frac{B}{D + B - C}$$

Donde:

B: Peso de la muestra en condición saturada superficialmente seca (gr)

C: Peso del picnómetro con la muestra y lleno de agua hasta la marca de calibración (gr)

D: Peso del picnómetro lleno de agua hasta la marca de calibración (gr)

✓ Gravedad específica aparente (Ge)

Ecuación No.4

$$Ge_{ap} = \frac{A}{D + A - C}$$

Donde:

A: Peso de la muestra secada al horno (gr)

D: Peso del picnómetro con la muestra y lleno de agua hasta la marca de calibración (gr)

C: Peso del picnómetro lleno de agua hasta la marca de calibración (gr)

✓ Porcentaje de absorción ($\%Abs$)

Ecuación No. 5

$$\%Abs = \frac{B - A}{A} * 100$$

Donde:

A: Peso de la muestra secada al horno (gr)

B: Peso de la muestra en condición saturada superficialmente seca (gr)

Tabla 11 Gravedad específica por el método gravimétrico

Agregado: Fino	Procedencia: Motastepe		Temperatura de ensaye
	1	2	
Ensaye No.			28.7
Peso seco de la arena (gr) (A)	491.8	492.7	
Peso de la arena en condición SSS (gr) (B)	500.4	500.9	
Peso del Picnómetro más muestra más agua (gr)(C)	998.2	1003.1	
Peso del Picnómetro más agua (gr)(D)	687.1	687.1	
			Promedio
Gravedad específica de la arena	2.60	2.66	2.63
Gravedad específica SSS	2.64	2.71	2.68
Gravedad específica aparente	2.72	2.79	2.76
Porcentaje de absorción	1.75	1.66	1.7

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 12 Gravedad específica por el método gravimétrico

Agregado: Fino	Procedencia: Miraflores		Temperatura de ensaye
	1	2	
Ensaye No.			30
Peso seco de la arena (gr) (A)	492.2	493	
Peso de la arena en condición SSS (gr) (B)	501.9	501.2	
Peso del Picnómetro más muestra más agua (gr)(C)	1011.8	1012.7	
Peso del Picnómetro más agua (gr)(D)	686.95	686.95	
			Promedio
Gravedad específica de la arena	2.78	2.81	2.80
Gravedad específica SSS	2.83	2.86	2.85
Gravedad específica aparente	2.94	2.81	2.88
Porcentaje de absorción	1.97	1.66	1.82

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Tabla 13 Gravedad específica por el método gravimétrico

Agregado: Fino	Procedencia: Los Martínez		Temperatura de ensaye
	1	2	
Ensaye No.	1	2	28.8
Peso seco de la arena (gr) (A)	480.8	485.6	
Peso de la arena en condición SSS (gr) (B)	500.2	501.8	
Peso del Picnómetro más muestra más agua (gr)(C)	1004.9	1009.8	
Peso del Picnómetro más agua (gr)(D)	687.1	687.1	
			Promedio
Gravedad específica de la arena	2.64	2.71	2.68
Gravedad específica SSS	2.74	2.80	2.77
Gravedad específica aparente	2.95	2.98	2.97
Porcentaje de absorción	4.03	3.34	3.69

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

3.2.1.4. Determinación de la gravedad específica y porcentaje de absorción del agregado grueso ASTM C - 127

Antes de realizar este ensaye se preparó previamente una muestra del material, y se usó el método de la balanza hidrostática para determinar la gravedad específica.

Una vez hecho lo anterior se pesó la muestra en condición saturada superficialmente seca y se pesó la cesta vacía, luego se sumergió en agua a una temperatura de $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$, terminado esto se colocó la muestra en la cesta se sumergió y se determinó su peso.

Una vez tomado el peso se retiró la muestra de la cesta y se depositó en el horno hasta obtener un peso constante.

Ilustración 4 Determinación de la gravedad específica del agregado grueso



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

✓ Gravedad específica (G_e).

Ecuación No. 6

$$G_e = \frac{A}{B - C}$$

Donde:

A: Peso de la muestra secada al horno (gr).

B: Peso de la muestra en condición saturada superficialmente seca (gr).

D: Peso de la muestra sumergida (gr).

✓ Muestra sumergida (C)

Ecuación No.7

$$C = D - E$$

Donde:

D: Peso de la muestra más la cesta sumergida (gr)

E: Peso de la cesta sumergida (gr)

✓ Gravedad específica (Ge_{sss})

Ecuación No. 8

$$Ge_{sss} = \frac{B}{B - C}$$

Donde:

B: Peso de la muestra en condición saturada superficialmente seca (gr).

C: Peso de la muestra sumergida (gr).

✓ Gravedad específica aparente (Ge).

Ecuación No.9

$$Ge_{ap} = \frac{A}{A - C}$$

Donde:

A: Peso de la muestra secada al horno (gr)

C: Peso de la muestra sumergida (gr)

✓ Porcentaje de absorción ($\%Abs$)

Se utilizó la Ecuación No. 5

Tabla 14 Gravedad específica por el método de la balanza hidrostática

Agregado: Grueso	Procedencia: Proinco S.A		
Ensaye No.	1	2	
Tara No.	S - 81	M - 17	
Peso de Tara	166.4	165	
Peso de Grava en condición SSS (gr)(B)	2000.3	2000.7	
Peso de cesta vacía (gr)(E)	925.7	925.9	
Peso de cesta más grava sumergida (gr)(D)	2203.9	2205	
Peso del agregado grueso seco más tara (gr)	2130	2127.8	
Peso del agregado grueso seco (gr)(A)	1963.60	1962.8	
Ensaye No.	1	2	Promedio
Gravedad específica	2.68	2.72	2.70
Gravedad específica SSS	2.77	2.77	2.77
Gravedad específica aparente	2.86	2.87	2.87
Porcentaje de absorción	1.87	1.93	1.90

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

3.2.1.5. Determinación de los pesos unitarios seco sueltos y seco compacto de los agregados gruesos y finos ASTM C – 29

3.2.1.5.1. Determinación del peso volumétrico o peso unitario seco suelto (PVSS)

Primeramente, se seleccionó, se tomó el peso y calibre el recipiente a usar, posteriormente se depositó el material con ayuda de un cucharón a una altura constante de cinco centímetros.

Una vez llenado el recipiente se enrasó, luego se tomó el peso del recipiente más el material.

Ilustración 5 Determinación del PVSS del agregado fino y grueso



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

✓ Peso volumétrico seco suelto (PVSS)

Ecuación No.10

$$PVSS = \frac{W_s}{Vol}$$

Donde:

W_s : Peso del material seco suelto en $\frac{kg}{m^3}$

Vol: Volumen del recipiente en m^3

Material seco contenido en el recipiente

Ecuación No. 11

$$W_s = (W_m + W_{mat}) - W_m$$

Donde:

W_s : Peso del material seco contenido en el recipiente

$W_m + W_{mat}$: Peso del molde más material seco

W_m : Peso del molde

3.2.1.5.2. Determinación del peso volumétrico o peso unitario seco compacto (PVSC)

Al igual que en el PVSC, se seleccionó, peso y se calibro el recipiente a usar, luego con ayuda de un cucharón y a una altura no mayor de cinco centímetros se depositó el material en el recipiente en tres capas, cada capa a un tercio de la altura del recipiente, a cada capa se le aplicó veinticinco golpes con ayuda de la varilla punta de bala, se distribuyó los golpes en toda el área procurando que esta no tocara el fondo del recipiente.

Se realizó en mismo procedimiento para las dos capas siguientes, una vez llenado el recipiente se enrasó y se tomó el peso del recipiente más el molde.

✓ Peso volumétrico seco compacto (PVSC)

Ecuación No. 12

$$PVSC = \frac{W_s}{Vol}$$

Donde:

W_s : Peso del material seco compacto contenido en el recipiente $\frac{kg}{m^3}$

Vol: Volumen del recipiente m^3

Tabla 15 Peso volumétrico seco suelto del agregado fino

Agregado: Fino	Procedencia: Motastepe		
	1	2	3
Ensaye No.			
Molde No.	M - B	M - B	M - B
Volumen del molde (m^3)	0.00325	0.00325	0.00325
Peso del molde (Kg)	2.867	2.867	2.867
Peso del agregado suelto más molde (Kg)	7.154	7.193	7.227
Peso del agregado suelto en el molde (Kg)	4.287	4.326	4.360
Peso volumétrico seco suelto (Kg/m^3)	1319.08	1331.08	1341.54
Peso volumétrico promedio seco suelto (Kg/m^3)	1330.57		

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 16 Peso volumétrico seco suelto del agregado fino

Agregado: Fino	Procedencia: Miraflores		
Ensaye No.	1	2	3
Molde No.	M - B	M - B	M - B
Volumen del molde (m ³)	0.00325	0.00325	0.00325
Peso del molde (Kg)	2.867	2.867	2.867
Peso del agregado suelto más molde (Kg)	7.770	7.850	7.780
Peso del agregado suelto en el molde (Kg)	4.903	4.983	4.913
Peso volumétrico seco suelto (Kg/m ³)	1508.62	1533.23	1511.69
Peso volumétrico promedio seco suelto (Kg/m ³)	1517.85		

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 17 Peso volumétrico seco suelto del agregado fino

Agregado: Fino	Procedencia: Los Martínez		
Ensaye No.	1	2	3
Molde No.	M - B	M - B	M - B
Volumen del molde (m ³)	0.00325	0.00325	0.00325
Peso del molde (Kg)	2.867	2.867	2.867
Peso del agregado suelto más molde (Kg)	7.758	7.815	7.866
Peso del agregado suelto en el molde (Kg)	4.891	4.948	4.999
Peso volumétrico seco suelto (Kg/m ³)	1504.92	1522.46	1538.15
Peso volumétrico promedio seco suelto (Kg/m ³)	1521.84		

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 18 Peso volumétrico seco suelto del agregado grueso

Agregado: Grueso	Procedencia: Proinco S.A		
Ensaye No.	1	2	3
Molde No.	M - D	M - D	M - D
Volumen del molde (m ³)	0.0102	0.0102	0.0102
Peso del molde (Kg)	5.6252	5.6252	5.6252
Peso del agregado suelto más molde (Kg)	21.005	21.900	20.895
Peso del agregado suelto en el molde (Kg)	15.3798	16.2748	15.2698
Peso volumétrico seco suelto (Kg/m ³)	1507.82	1595.57	1497.04
Peso volumétrico promedio seco suelto (Kg/m ³)	1533.48		

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 19 Peso volumétrico seco compacto del agregado fino

Agregado: Fino	Procedencia: Motastepe		
Ensaye No.	1	2	3
Molde No.	M - B	M - B	M - B
Volumen del molde (m ³)	0.00325	0.00325	0.00325
Peso del molde (Kg)	2.867	2.867	2.867
Peso del agregado compacto más molde (Kg)	7.400	7.464	7.468
Peso del agregado compacto en el molde (Kg)	4.533	4.597	4.601
Peso volumétrico seco compacto (Kg/m ³)	1394.77	1414.46	1415.69
Peso volumétrico promedio seco compacto (Kg/m ³)	1408.31		

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 20 Peso volumétrico seco compacto del agregado fino

Agregado: Fino	Procedencia: Miraflores		
Ensaye No.	1	2	3
Molde No.	M - B	M - B	M - B
Volumen del molde (m ³)	0.00325	0.00325	0.00325
Peso del molde (Kg)	2.867	2.867	2.867
Peso del agregado compacto más molde (Kg)	8.115	8.143	8.110
Peso del agregado compacto en el molde (Kg)	5.248	5.276	5.243
Peso volumétrico seco compacto (Kg/m ³)	1614.77	1623.38	1572.31
Peso volumétrico promedio seco compacto (Kg/m ³)	1603.49		

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 21 Peso volumétrico seco compacto del agregado fino

Agregado: Fino	Procedencia: Los Martínez		
Ensaye No.	1	2	3
Molde No.	M - B	M - B	M - B
Volumen del molde (m ³)	0.00325	0.00325	0.00325
Peso del molde (Kg)	2.867	2.867	2.867
Peso del agregado compacto más molde (Kg)	8.185	8.230	8.263
Peso del agregado compacto en el molde (Kg)	5.318	5.363	5.396
Peso volumétrico seco compacto (Kg/m ³)	1636.31	1650.15	1660.31
Peso volumétrico promedio seco compacto (Kg/m ³)	1648.92		

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 22 Peso volumétrico seco compacto del agregado grueso

Agregado: Grueso	Procedencia: Proinco S.A		
Ensaye No.	1	2	3
Molde No.	M - D	M - D	M - D
Volumen del molde (m ³)	0.0102	0.0102	0.0102
Peso del molde (Kg)	5.6252	5.6252	5.6252
Peso del agregado compacto más molde (Kg)	21.650	21.730	22.180
Peso del agregado compacto en el molde (Kg)	16.0248	16.1048	16.5548
Peso volumétrico seco compacto (Kg/m ³)	1571.06	1578.90	1623.02
Peso volumétrico promedio seco compacto (Kg/m ³)	1591		

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

3.2.1.6. Determinación del análisis granulométrico de los agregados ASTM C – 136

Primeramente, se preparó una muestra representativa del agregado a ensayar, posterior a esto se colocaron los tamices a usar de mayor a menor diámetro de la siguiente manera: 3/8", No. 4, No 8, No.16, No.30, No. 50, No. 100, No. 200 y un fondo.

Una vez colocados los tamices se depositó el material y se cribó por medio de un movimiento de vaivén por un periodo de 5 minutos, pasado este tiempo se pesó lo retenido por cada tamiz.

Ilustración 6 Análisis granulométrico del agregado fino y grueso



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

- ✓ Peso retenido parcial (%RP)

Ecuación No. 13

$$\%RP = \frac{\text{Peso retenido en cada tamiz}}{\text{Peso seco total}} * 100$$

- ✓ Peso retenido acumulado %Ra

Ecuación No. 14

$$\%RA = \%RA_i + \%RP_{i+1}$$

Donde:

$\%RA_i$: Porcentaje retenido acumulado

$\%RP_{i+1}$: Porcentaje retenido parcial siguiente al acumulado que se está calculando

- ✓ Porcentaje que pasa

Ecuación No. 15

$$\% \text{ que pasa} = 100 - \%RA$$

- ✓ Módulo de finura (FM).

Ecuación No. 16

$$MF = \frac{\sum \%RA \text{ (desde } 3/8'' \text{ hasta No. 100)}}{100}$$

Donde:

$\%RA$: Porcentaje retenido acumulado

Procedencia: **Motastepe**

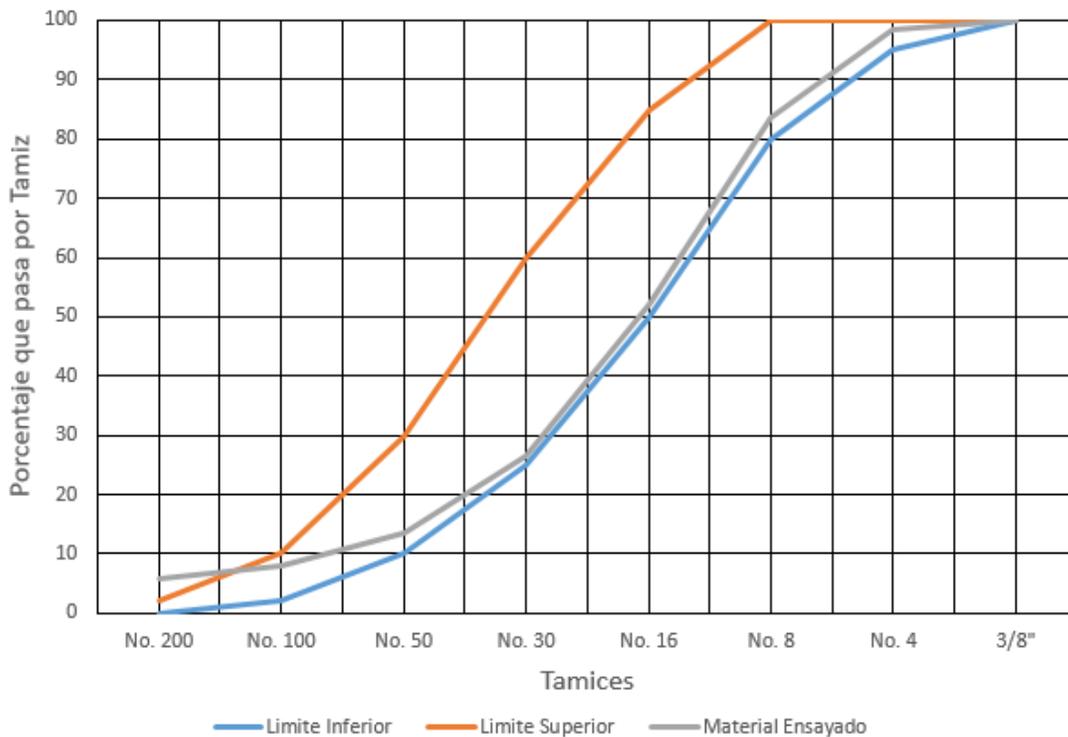
Tabla 23 Análisis granulométrico del agregado fino

Tamiz	Peso Retenido en cada tamiz	% Retenido parcial	Porcentaje Retenido acumulado	% que pasa	Límite Inferior	Límite Superior
3/8"	0	0	0	100	100	100
No. 4	8.6	1.72	1.72	98.28	95	100
No. 8	73.2	14.64	16.36	83.64	80	100
No. 16	158.2	31.64	48	52	50	85
No. 30	127.1	25.42	73.42	26.58	25	60
No. 50	65.3	13.06	86.48	13.52	10	30
No. 100	27.4	5.48	91.96	8.04	2	10
No. 200	11.6	2.32	94.28	5.72	0	2
pasa No. 200	28.6	5.72	100			
suma	500	100				

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Módulo de finura: 3.18

Ilustración 7 Curva granulométrica del agregado fino



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Procedencia: **Miraflores**

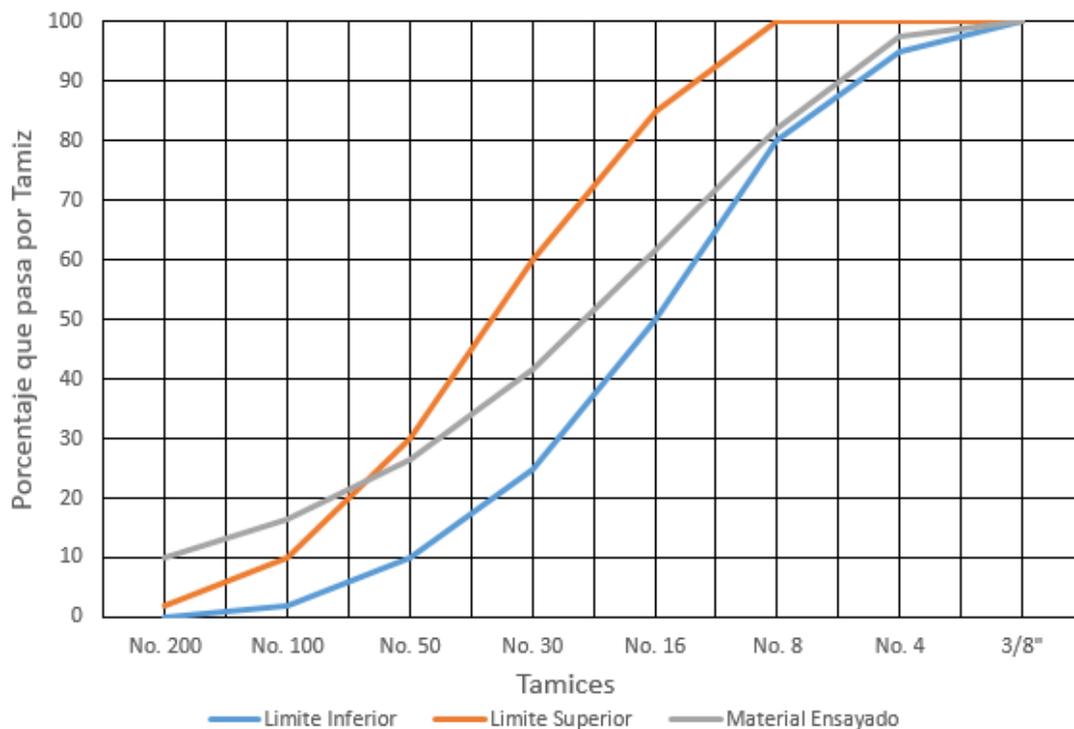
Tabla 24 Análisis granulométrico del agregado fino

Tamiz	Peso Retenido en cada tamiz	% Retenido parcial	Porcentaje Retenido acumulado	% que pasa	Límite Inferior	Límite Superior
3/8"	0	0	0	100	100	100
No. 4	13.1	2.62	2.62	97.38	95	100
No. 8	76.9	15.38	18.00	82.00	80	100
No. 16	102.4	20.48	38.48	61.52	50	85
No. 30	99.3	19.86	58.34	41.66	25	60
No. 50	75.5	15.10	73.44	26.56	10	30
No. 100	51.2	10.24	83.68	16.32	2	10
No. 200	31.8	6.36	90.04	9.96	0	2
pasa No. 200	49.8	9.96	100.00			
suma	500	100				

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Módulo de Finura: 2.75

Ilustración 8 Curva granulométrica del agregado fino



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Procedencia: **Los Martínez**

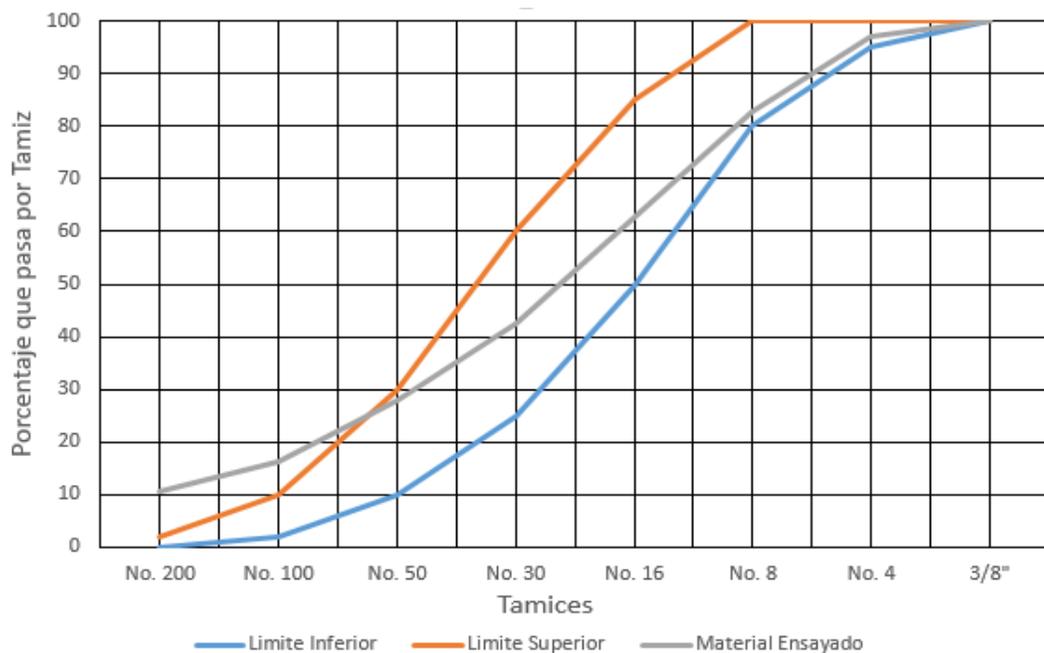
Tabla 25 Análisis granulométrico del agregado fino

Tamiz	Peso Retenido en cada tamiz	% Retenido parcial	Porcentaje Retenido acumulado	% que pasa	Límite Inferior	Límite Superior
3/8"	0	0	0	100	100	100
No. 4	14.6	2.92	2.92	97.08	95	100
No. 8	70.9	14.18	17.10	82.90	80	100
No. 16	100	20.00	37.10	62.90	50	85
No. 30	101.6	20.32	57.42	42.58	25	60
No. 50	73.7	14.74	72.16	27.84	10	30
No. 100	58.8	11.76	83.92	16.08	2	10
No. 200	27.6	5.52	89.44	10.56	0	2
pasa No. 200	52.8	10.56	100.00			
suma	500	100				

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Módulo de Finura: 2.71

Ilustración 9 Curva granulométrica del agregado fino



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Procedencia: **Proinco S.A**

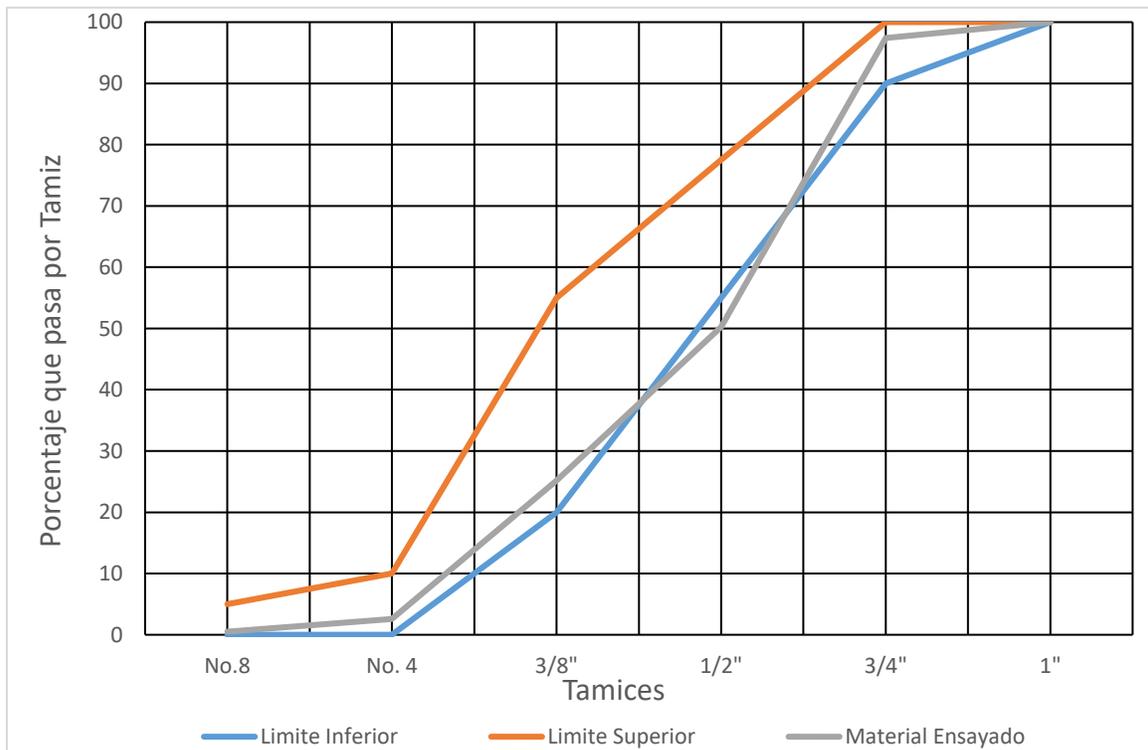
Tabla 26 Análisis granulométrico del agregado grueso

Tamiz	Peso Retenido en cada tamiz	% Retenido parcial	Porcentaje Retenido acumulado	% que pasa	Límite Inferior	Limite Superior
1"	0	0	0	100	100	100
3/4"	312.6	3	3	97	90	100
1/2"	4397.7	44	47	53	55	77.5
3/8"	2681	27	73	27	20	55
No. 4	2361.9	24	97	3	0	10
No.8	187.2	2	99	1	0	5
pasa No. 8	53.2	1	100	0	0	0
suma	9993.6	100				

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

- ✓ Tamaño máximo del agregado (TM): 1"
- ✓ Tamaño máximo nominal del agregado (TMN): 3/4"

Ilustración 10 Curva granulométrica del agregado grueso



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

3.2.1.7. Determinación a la resistencia al desgaste por cargas abrasivas, método de la máquina de los ángeles del agregado grueso ASTM C – 131

Previamente se preparó una muestra del agregado grueso a ensayar.

Una vez obtenida la muestra, se limpió el tambor de la máquina y se colocaron las cargas abrasivas correspondientes, terminado esto se giró el cilindro a una velocidad entre 30 – 33 revoluciones por minutos hasta completar las 500 revoluciones.

Una vez concluida las 500 revoluciones se descargó el material y se lavó el material retenido por el tamiz 12, y se procedió a secar la muestra por medio del horno.

Ilustración 11 Resistencia al desgaste por cargas abrasivas



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

✓ Porcentaje de desgaste.

Ecuación No. 17

$$\% \text{ desgaste} = \frac{P_1 - P_2}{P_1} * 100$$

Dónde:

P_1 : Peso de la muestra seca antes del ensaye

P_2 : Peso de la muestra seca después del ensaye y su correspondiente lavado

Tabla 27 Porcentaje de desgaste del agregado grueso

Peso inicial (Kg)	5004
Peso final (lavado) (Kg)	3575.4
Peso de esferas (Kg)	4474
Porcentaje de desgaste (%)	28.5

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

3.2.1.8. Determinación de las impurezas orgánicas en el agregado fino para mezclas de concreto ASTM C – 40

Primeramente, se seleccionó una muestra representativa del agregado a ensayar, luego se llenó una botella de vidrio a un nivel de 4 ½ onzas, con el agregado fino a ensayar.

Una vez realizado lo anterior dicho se le agrego una solución de hidróxido de sodio hasta que el volumen del agregado fino y liquido indico 7 onzas luego de ser agitado.

Terminado este se tapó y se agitó la botella y se dejó reposar por 24 horas.

Ilustración 12 Impurezas orgánicas en el agregado fino



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

✓ Determinación del color

3.2.1.8.1. Con tarjeta de colores de referencia

Una vez concluido el periodo de 24 horas, se sostuvo la botella con la muestra del ensayo y la tarjeta de colores de referencia, lado a lado y se comparó el color del líquido a través de la muestra de ensayo con el color de los cinco vidrios de color estándar.

Tabla 28 Determinación de impurezas orgánicas del agregado fino

Placa Orgánica No.	Banco		
	Motastepe	Miraflores	Los Martínez
1		✓	✓
2	✓		
3 (Estándar)			
4			
5			

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

3.2.3. Ensayos realizados al cemento

3.2.3.1. Determinación de la consistencia normal de pastas de cemento hidráulico ASTM C – 187

Se empleó el procedimiento manual

Se pesó una muestra de 650 gr de cemento, la cantidad de agua oscila entre un 20 y 33% del peso del cemento.

Concluido esto se mezcló tal y como esta descrito en la norma ASTM C – 187 utilizando el método manual.

Terminado el proceso de mezclado se procedió a determinar la consistencia normal del cemento con la ayuda de la aguja de Vicat.

Ilustración 13 Consistencia normal de la pasta de cemento



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

✓ Cantidad de agua

Ecuación No. 18

$$W_w = \%agua * W_c$$

Donde:

W_w : Peso del agua a añadir

W_c : Peso del cemento (gr)

✓ Penetración en la pasta

Ecuación No. 19

$$P = L_f - L_0$$

Donde:

P: penetración

L_0 : Lectura inicial

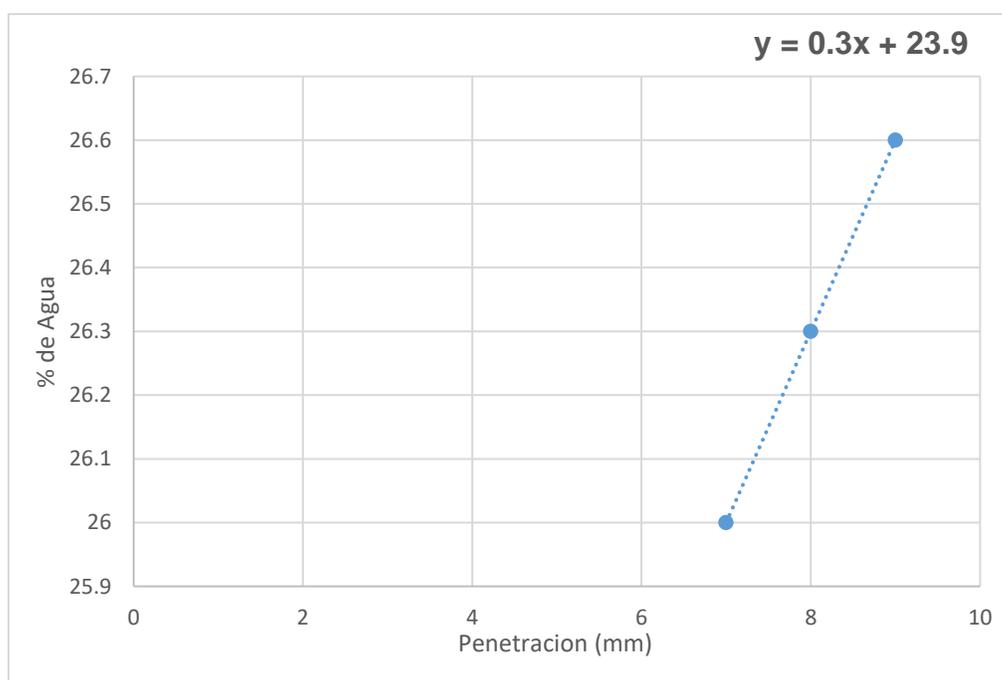
L_f : Lectura final

Tabla 29 Consistencia normal del cemento

Ensayo No.	Peso de la muestra (gr)	Cantidad de agua (ml)	Penetración (mm)	% de Agua
1	650	169	7	26
2	650	171	8	26.3
3	650	173	9	26.6

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Ilustración 14 Consistencia normal del cemento



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

A partir del resultado obtenido en el gráfico, se concluyó que el porcentaje de agua para obtener la consistencia normal del cemento es de 26.3%.

3.3.3.2. Determinación del tiempo de fraguado del cemento por el método de la aguja de Vicat ASTM C – 191

Se pesó 650 gr de cemento y el porcentaje de agua a usar fue el que se obtuvo mediante el ensayo de la ASTM C – 187.

Una vez obtenida la pasta se introdujo en el molde cónico y en la parte superior de este se colocó la aguja de Vicat, transcurrido 30 minutos se puso en contacto la aguja de Vicat con la pasta de cemento y se dejó descender libremente durante 30 segundos y se anotó la penetración.

Se realizó este mismo proceso cada 15 minutos hasta que la aguja penetre 0 mm.

Ilustración 15 Tiempo de fraguado del cemento



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Ecuación No. 20

$$\text{Tiempo de fraguado inicial (minutos)} = \left[\left(\frac{H - E}{C - D} \right) * (C - 25) \right] + E$$

Donde:

E: Tiempo en minutos de la última penetración a 25 mm

H: Tiempo en minutos de la primera penetración inferior a 25 mm

C: lectura de penetración en el tiempo E

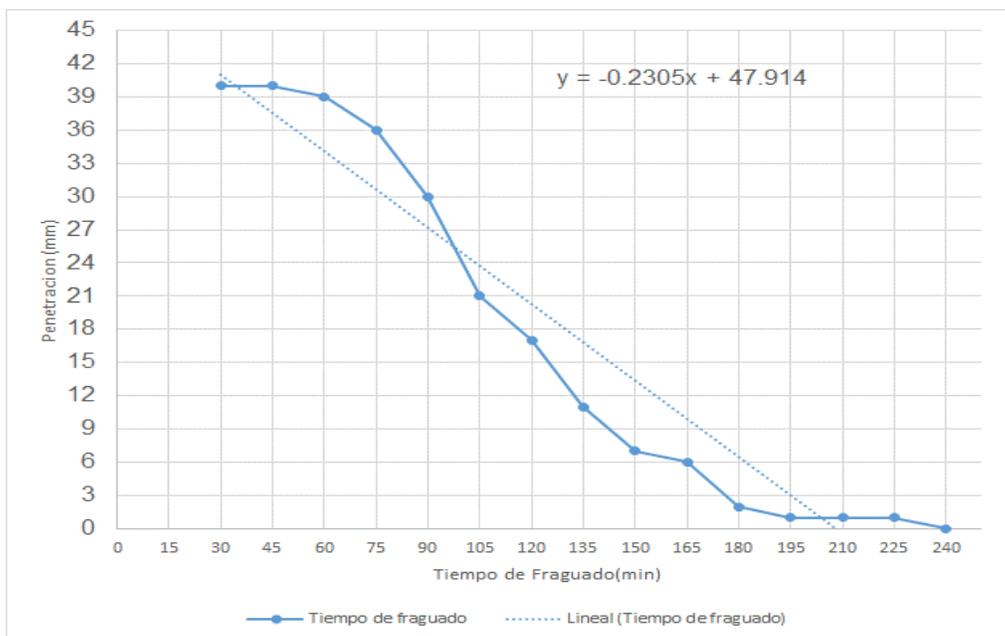
D: lectura de penetración en el tiempo H

Tabla 30 Tiempo de fraguado inicial y final del cemento

Tipo de cemento: GU			Procedencia: Cemex Nic.	
Lectura No.	Tiempo transcurrido		Penetración (mm)	Observaciones
	Hora	Minutos		
0	8:31	0	0	
1	9:01	30	40	
2	9:16	45	40	
3	9:31	60	39	
4	9:46	75	36	
5	10:01	90	30	
6	10:16	105	21	
7	10:31	120	17	
8	10:46	135	11	
9	11:01	150	7	
10	11:16	165	6	
11	11:31	180	2	
12	11:46	195	1	
13	12:01	210	1	
14	12:16	225	1	
15	12:31	240	0	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Ilustración 16 Tiempo de fraguado del cemento



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

✓ Tiempo de fraguado inicial

Se utilizó la ecuación 20 para determinar el tiempo de fraguado.

$$\text{Tiempo de fraguado inicial (minutos)} = \left[\left(\frac{105-90}{30-21} \right) * (30 - 25) \right] + 105$$

Obteniéndose un tiempo de fraguado inicial de 98 minutos, y un tiempo de fraguado final de 4 horas, estos datos obtenidos se compraron con los datos facilitados por el fabricante y la NTON, encontrando ciertas diferencias.

Tabla 31 Comparación de los tiempos de fraguados

Tiempos	Datos del fabricante	NTON 12 006-11	Resultados del ensayo
Fraguado inicial	45 min	45 min	98 min
Fraguado final	420 min	420 min	240 min

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

3.3.3.3. Determinación del peso específico relativo del cemento hidráulico ASTM C – 188.

Se ensayaron dos muestras del cemento utilizado en las mezclas.

Posterior a esto se llenó con Kerosene el frasco Le ´Chatelier entre la marca de 0 – 1 ml tomando este como volumen inicial, a como indica la norma ASTM C – 188.

Una vez realizado esto, se procedió a introducir el cemento con ayuda de un embudo, se tapó y se rodó con el fin de eliminar las burbujas de aire atrapadas en el frasco, la temperatura se ajustó mediante un baño maría, y se tomó el volumen final.

✓ Gravedad específica del cemento (Ge_c)

Ecuación 21

$$Ge_c = \frac{W_c}{V_o - V_f}$$

Donde:

W_c : Peso del cemento

V_o : Volumen inicial

V_f : Volumen final

Tabla 32 Gravedad especifica del cemento

Cemento (gr)	Volumen inicial (ml)	Volumen final (ml)	Temperatura inicial (C°)	Temperatura final (C°)	Gravedad especifica
64.2	0.4	22.4	30.1	27.9	2.92
64.1	0.4	22.4	29.1	27.2	2.91
Promedio					2.92

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Capítulo IV: Diseño de mezclas de Mortero y Concreto y resultados de compresión

4.1. Diseño de mortero

El diseño de mortero tiene como objetivo principal, el determinar las proporciones a usar para una determinada mezcla de mortero, la cual esta tiene que ser la más óptima y económicamente baja.

Así como tener un punto de partida en cuanto a la resistencia a la compresión que deseamos que tenga esta mezcla.

Esta investigación estudia con qué tipo de agregado fino el mortero obtiene mejor resistencia, y con cual arena la mezcla es la más óptima para construcción.

4.1.1. Tipo de mortero a diseñar

En base a la tabla 34, Se diseñó un mortero tipo M, ya que este tiene múltiples aplicaciones en las diferentes construcciones.

El mortero elaborado se diseñó bajo la premisa de cumplir con una resistencia mínima de 2500 PSI a los 28 días (ver tabla 7, Cap. II, pag. 20).

Tabla 33 Guía para seleccionar mezclas de mampostería

Localización	Segmento constructivo	Tipo de mezcla	
		Recomendado	Alternativo
Exterior	Paredes de carga	N	S o M
	Paredes sin carga	O	N o S
	Parapetos	N	S
Exterior, bajo el terreno	Muros de cimentación Muros de contención Pozos, descarga de aguas negras, pavimentos, aceras y patios	s	M o N
Interior	Paredes de carga	N	S o M
	Paredes sin carga	O	N

FUENTE: CARTILLA DE LA CONSTRUCCIÓN: CAPITULO III.

4.1.2. Elección de relación agua/cemento y método de diseño de mortero.

En base a la tabla 34 se propusieron tres relaciones agua/cemento de 0.59, 0.61 y 0.63, tratando de cumplir con una resistencia a la compresión de 2500 PSI a los

28 días, así como una trabajabilidad adecuada, y una proporción de mezcla que resulte económicamente baja.

Tabla 34 Resistencia a la compresión del mortero según R a/c

Relación A/C	Resistencia media requerida a 28 Días de edad	
	kg/cm ²	PSI
0.45	340	4826
0.50	290	4116
0.55	250	3548
0.60	210	2981
0.65	180	2556
0.70	160	2271

FUENTE: TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN DOSIFICACIÓN MÉTODO ACI.

El método de diseño de mortero que se empleó está basado en el documento titulado “Diseño de mezclas de mortero” elaborado por el Ing. Axel Francisco Martínez Nieto.

A continuación, se desarrollará un diseño de mortero con relación agua/cemento de 0.59 del banco de agregado fino de Motastepe.

4.1.3. Diseño de mortero con el agregado fino del banco de Motastepe.

Tabla 35 Propiedades de los materiales para mezcla de mortero

Material	PVSS (kg/m ³)	G _e	%Abs	R a/c	%W
Arena	1331	2.63	1.7	0.59	0
Cemento	1310	2.92			

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

- ✓ Volumen de lechada para 1 m³ de mortero

El volumen de mortero está compuesto de arena, cemento y agua, la lechada se define como la sumatoria de estos volúmenes. A partir de esto, el volumen de lechada se calculó restandole a 1 m³ el volumen de arena.

Ecuación 22

$$V.L = 1 m^3 - \frac{W_{arena}}{G_{e_{arena}} * \gamma_w}$$

$$V.L = 1 \text{ m}^3 - \frac{1331 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{2.63 * 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$V.L = 0.494 \text{ m}^3$$

✓ Volumen de lechada para 1 bolsa de cemento

A partir del peso del cemento (42.5 kg) y la relación agua/cemento, se encontró el peso del agua y volumen, luego con el peso de la bolsa de cemento se encuentra el peso y volumen de cemento, obtenido estos dos volúmenes se sumaron y calculo el volumen de lechada.

Ecuación 23

$$W_w = R \frac{a}{c} * W_c$$

$$W_w = 0.59 * 42.5 \text{ kg}$$

$$W_w = 25.075 \text{ kg}$$

Ecuación 24

$$V_w = \frac{W_w}{G_{e_w} * \gamma_w}$$

$$V_w = \frac{25.0750 \text{ kg}}{1 * 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$V_w = 0.025 \text{ m}^3$$

Ecuación 25

$$V_{\text{cemento}} = \frac{W_{\text{cemento}}}{G_{\text{cemento}} * \gamma_w}$$

$$V_{\text{cemento}} = \frac{42.5 \text{ kg}}{2.92 * 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$V_{\text{cemento}} = 0.015 \text{ m}^3$$

Ecuación 26

$$V.L = V_w + V_{\text{cemento}}$$

$$V.L = 0.025 \text{ m}^3 + 0.015 \text{ m}^3$$

$$V.L = 0.04 \text{ m}^3$$

✓ Volumen de cemento y agua para 1 m³ de mortero

Una vez obtenido el volumen de lechada para 1 m³ y una bolsa de cemento se calcularon los volúmenes de cemento y agua para 1 m³ de mortero, utilizando la ecuación 27 y 28.

Ecuación 27

$$\frac{V.L \rightarrow 1 \text{ m}^3}{V_c \rightarrow 1 \text{ m}^3} = \frac{V.L \rightarrow 1 \text{ bol}}{V_c \rightarrow 1 \text{ bol}}$$

$$\frac{0.494 \text{ m}^3}{V_c \rightarrow 1 \text{ m}^3} = \frac{0.04 \text{ m}^3}{0.015 \text{ m}^3}$$

$$V_c = 0.185 \text{ m}^3$$

Ecuación 28

$$\frac{V.L \rightarrow 1 \text{ m}^3}{V_w \rightarrow 1 \text{ m}^3} = \frac{V.L \rightarrow 1 \text{ bol}}{V_w \rightarrow 1 \text{ bol}}$$

$$\frac{0.494 \text{ m}^3}{V_w \rightarrow 1 \text{ m}^3} = \frac{0.04 \text{ m}^3}{0.025 \text{ m}^3}$$

$$V_w = 0.309 \text{ m}^3$$

✓ Pesos de los materiales para 1 m³

Una vez calculado los tres volúmenes (cemento, arena y agua), se procedido a encontrar los pesos de los materiales para 1 m³.

Ecuación 29

$$V_{arena} = 1 \text{ m}^3 - V.L$$

$$V_{arena} = 1 \text{ m}^3 - 0.494 \text{ m}^3$$

$$V_{arena} = 0.506 \text{ m}^3$$

✓ **Cemento**

Ecuación 30

$$W_{cemento} = V_{cemento} * G_{cemento} * \gamma_w$$

$$W_{cemento} = 0.185 \text{ m}^3 * 2.92 * 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$W_{cemento} = 540.2 \text{ kg}$$

✓ **Arena**

Ecuación 31

$$W_{arena} = V_{arena} * G_{arena} * \gamma_w$$

$$W_{arena} = 0.506 \text{ m}^3 * 2.63 * 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$W_{arena} = 1330.78 \text{ kg}$$

✓ **Agua**

Ecuación 32

$$W_{agua} = V_{agua} * \gamma_w$$

$$W_{agua} = 0.309 \text{ m}^3 * 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$W_{agua} = 309 \text{ kg}$$

- ✓ Corrección por absorción.

Ya que el agregado fino cuenta con un porcentaje de absorción por lo que el agua que se ha calculado no es suficiente para una óptima hidratación ya que parte de ella será absorbida por la arena, se procedió a corregir el agua de diseño de la siguiente manera.

Ecuación 33

$$W_{W_{abs}} = W_{arena} * \left(\frac{\%abs}{100} \right)$$

$$W_{W_{abs}} = 1330.78 \text{ kg} * \left(\frac{1.7}{100} \right)$$

$$W_{W_{abs}} = 22.62 \text{ kg}$$

Ecuación 34

$$W_{W_{mezclado}} = 309 \text{ kg} + 22.62 \text{ kg}$$

$$W_{W_{mezclado}} = 331.62 \text{ kg}$$

- ✓ Volumen suelto de los materiales

Ecuación 35.

$$V_{cemento} = \frac{W_{cemento}}{PVSS} = \frac{540.2 \text{ kg}}{1310 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0.4124 \text{ m}^3$$

Ecuación 36

$$V_{arena} = \frac{W_{arena}}{PVSS} = \frac{1330.78 \text{ kg}}{1331 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 1 \text{ m}^3$$

Ecuación 37

$$\frac{V_{cemento}}{V_{cemento}} = \frac{0.4124 \text{ m}^3}{0.4124 \text{ m}^3} = 1$$

Ecuación 38

$$\frac{V_{arena}}{V_{cemento}} = \frac{1 \text{ m}^3}{0.4124 \text{ m}^3} = 2.43$$

En la siguiente tabla se muestran las dos relaciones restantes así como su proporción respectivamente.

Tabla 36 Proporciones de mezclas de mortero

Relaciones agua/cemento	0.59	0.61	0.63
Proporción	1:2.43	1:2.53	1:2.58

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Para efectos de comodidad se trabajó con una proporción 1:3

A continuación, se presentarán los pesos de materiales para 1m³ de mezcla de las relaciones agua/cemento de 0.61 y 0.63.

Tabla 37 Diseño de mezclas de mortero con relación agua/cemento de 0.61

Material	Proporción	Peso de material para 1 m ³ (kg)	Volumen suelto de material (m ³)
Cemento	1	518.57	0.96
Arena	3	1331	1
Agua		338.95	0.33895

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 38 Diseño de mezcla de mortero con relación agua/cemento de 0.63

Material	Proporción	Peso de material para 1 m ³ (kg)	Volumen suelto de material (m ³)
Cemento	1	507.9	0.388
Arena	3	1331	1
Agua		342.6	0.3426

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Se siguió el mismo procedimiento para los bancos de material de Miraflores y los Martínez, encontrando los siguientes pesos, y proporciones para cada relación agua cemento.

4.1.4. Diseño de mortero con el agregado fino del banco de Miraflores

Tabla 39 Propiedades de los materiales para mezcla de mortero

Material	PVSS (kg/m ³)	G _e	%Abs
Arena	1518	2.80	1.82
Cemento	1310	2.92	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 40 Diseño de mezcla de mortero con relación agua/cemento de 0.59

Material	Proporción	Peso de material para 1 m ³ (kg)	Volumen suelto de material (m ³)
Cemento	1	491.02	0.375
Arena	3	1518	1
Agua		317.33	0.31733

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 41 Diseño de mezcla de mortero con relación agua/cemento de 0.61

Material	Proporción	Peso de material para 1 m ³ (kg)	Volumen suelto de material (m ³)
Cemento	1	480.71	0.367
Arena	3	1518	1
Agua		320.86	0.32086

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 42 Diseño de mezcla de mortero con relación agua/cemento de 0.63

Material	proporción	Peso de material para 1 m ³ (kg)	Volumen suelto de material (m ³)
Cemento	1	470.82	0.359
Arena	3	1518	1
Agua		324.24	0.32424

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

4.1.5. Diseño de mortero con el agregado fino del banco de Los Martínez

Tabla 43 Propiedades de los materiales para mezcla de mortero

Material	PVSS (kg/m ³)	G _e	%Abs
Arena	1522	2.68	3.67
Cemento	1310	2.92	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 44 Diseño de mezcla de mortero con relación agua/cemento de 0.59

Material	proporción	Peso de material para 1 m ³ (kg)	Volumen suelto de material (m ³)
Cemento	1	463.38	0.354
Arena	3	1522	1
Agua		329.25	0.32925

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 45 Diseño de mezcla de mortero con relación agua/cemento de 0.61

Material	proporción	Peso de material para 1 m ³ (kg)	Volumen suelto de material (m ³)
Cemento	1	453.65	0.346
Arena	3	1522	1
Agua		332.59	0.33259

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 46 Diseño de mezcla de mortero con relación agua/cemento de 0.63

Material	proporción	Peso de material para 1 m ³ (kg)	Volumen suelto de material (m ³)
Cemento	1	444.32	0.339
Arena	3	1522	1
Agua		335.78	0.33578

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

4.2. Diseño de concreto

4.2.1. Diseño de concreto con el agregado fino del banco de Motastepe

A continuación, se desarrollará un diseño de concreto con el método ACI 211 con una resistencia de 3000 PSI del banco de agregado fino de Motastepe.

Tabla 47 Propiedades de los materiales para mezcla de concreto

Material	PVSS (kg/m ³)	PVSC (kg/m ³)	G _e	M.F	%Abs
Cemento	1130	1250	2.92		
Arena	1331	1408	2.63	3.18	1.7
Grava	1533	1591	2.72	7.43	1.9

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

✓ Características del diseño

Concreto: 3000 psi (Vigas, columnas y muros reforzados)

Tamaño máximo: (1") Es el menor tamiz por el cual toda la muestra de agregado grueso puede pasar.

TMN: (¾") Es el menor tamiz por el cual la mayor parte de la muestra de agregado grueso puede pasar.

El método del ACI 211, nos aconseja realizar un cálculo aritmético para encontrar el factor de resistencia de diseño por medio de datos estadísticos, al no contar con estos, el mismo método nos aconseja la utilización de una serie de fórmulas, las cuales dependiendo de nuestra resistencia de diseño 210 kg/cm² se aplica un factor de seguridad establecido en el comité 211 del ACI tabla N°5.3.2.2

Tabla 48 Resistencia promedio a la compresión requerida cuando no hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra

F'c	F'cr
Menos de 200	F'c + 70
210 - 350	F'c + 84
> 350	F'c + 98

FUENTE: ACI 211.1-91

Resistencia de diseño más factor de seguridad: $210 \text{ kg/cm}^2 + 84 = 294 \text{ kg/cm}^2$

- ✓ Elección de revenimiento

Para determinar el asentamiento de diseño lo hacemos determinándolo por la tabla 6.3.1 dada por comité 211 del ACI, en los cuales para este diseño se tomó un asentamiento 6"- 7" para obtener una consistencia con buena trabajabilidad y ser usado en vigas o muros armados, según lo recomendado por el ACI.

Tabla 49 Revenimientos recomendados para diversos tipos de construcción

Tipo de construcción	Revenimiento (cm)	
	Máximo*	Mínimo
Muros de subestructura sencillos, zapatas, muros y cajones de cimentación	7.5	2.5
Vigas y muros reforzados	10	2.5
Columnas para edificios	10	2.5
Pavimentos y losas	7.5	2.5
Concreto masivo	7.5	2.5

FUENTE: ACI 211.1-91

- ✓ Estimación del agua de mezclado

El contenido de agua de diseño se determina mediante la tabla 6.3.3 dada por el comité 211 del ACI, en donde dependiendo del TMN del agregado grueso y el revenimiento de diseño obtenemos la cantidad de agua y porcentaje de aire, el TMN es de 3/4" y el asentamiento propuesto es de 6"- 7", por lo tanto, la cantidad de agua y porcentaje de contenido de aire son los siguientes:

- ✓ Contenido de agua de diseño: 216 lt.
- ✓ Contenido de aire: 2%

Tabla 50 Requisitos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes revenimientos y tamaño máximos de agregado

Revenimiento	Tamaño máximo de la grava (mm)							
	9.5	12.5	19	25	38	50	75	150
Concreto sin aire incluido								
2.5 > 5	207	199	190	179	166	154	130	113
7.5 > 10	228	216	205	193	181	169	145	124
15 > 17.5	243	228	216	202	190	178	160	...
Aire atrapado aprox. (%)	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Concreto con aire incluido								
2.5 > 5	181	175	168	160	150	142	122	107
7.5 > 10	202	193	184	175	165	157	133	119
15 > 17.5	216	205	197	174	174	166	154	...
Promedio recomendado de aire a incluir según el tipo de exposición (%)								
Exposición ligera	4.5	4	3.5	3	2.5	2	1.5	1
Exposición moderada	6	5.5	5	4.5	4.5	4	3.5	3
Exposición severa	7.5	7	6	6	5.5	5	4.5	4

FUENTE: ACI211.1-91

- ✓ Elección de la relación agua/cemento

Tabla 51 Correspondencia entre la relación agua/cemento y la resistencia a la compresión del concreto

Resistencia a la compresión a los 28 días, kg/cm ²	Relación agua/cemento por peso	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
6000	0.41	..
5000	0.48	0.40
4000	0.57	0.48
3000	0.68	0.59
2000	0.82	0.74

FUENTE: ACI 211.1-91

Se determina la Ra/c mediante la tabla 6.3.4 del comité 211 del ACI, en la cual encontramos una serie de resistencias y sus respectivas Ra/c, al no estar nuestra resistencia se procede a realizar una interpolación para determinar el dato faltante:

La relación agua/cemento calculada es igual a **0.552**.

- ✓ Contenido de cemento

Ecuación 39

$$W_c = \frac{\text{contenido de agua}}{R \frac{a}{c}}$$

$$W_c = \frac{216 \text{ kg}}{0.552} = 391.30 \text{ kg}$$

$$W_c = 391.30 \text{ kg}$$

- ✓ Cantidad de bolsas para 1m³

$$\text{cant. de bolsas} = \frac{W_c}{42.5 \text{ kg}}$$

Dónde:

42.5 kg es el peso de un bolsa de cemento.

$$cant. de bolsas = 9.21$$

- ✓ Estimación del contenido de agregado grueso

Tabla 52 Volumen de agregado grueso por volumen unitario de concreto

Tamaño máximo del agregado (mm)	Módulo de finura de la arena			
	2.40	2.60	2.80	3.00
9.5	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5	0.59	0.57	0.55	0.53
19	0.66	0.64	0.62	0.60
25	0.71	0.69	0.67	0.65
37.5	0.75	0.73	0.71	0.69
50	0.78	0.76	0.74	0.72
75	0.82	0.80	0.78	0.76
150	0.87	0.85	0.83	0.81

FUENTE: ACI 211.1-91

Se calcula la cantidad de agregado grueso mediante la tabla 6.3.6 del comité 211 del ACI, en donde se determina mediante el TMN del agregado grueso y el módulo de finura del agregado fino. Al no estar nuestro módulo de finura en la tabla se procede a realizar una interpolación para determinar el dato faltante:

Para un TM = 3/4" y un MF = 3.18 obtenemos un volumen de agregado grueso igual a **0.58**.

Ecuación 40

$$W_g = PVSC_G * V_g$$

$$W_g = 1591 * 0.58$$

$$W_g = 922.78 \text{ kg}$$

✓ Estimación del contenido de agregado fino

Se basa en el uso de los volúmenes absolutos de los materiales. El volumen total de materiales conocidos (grava, agua, cemento, y aire) se resta del volumen unitario (1m³) para obtener el volumen del agregado fino.

Ecuación 41

$$\text{Vol. de cemento} = \frac{\text{Cantidad de cemento}}{\text{Gravedad específica} * \text{Densidad de agua}}$$

$$\text{Vol. de cemento} = \frac{391.30 \text{ kg}}{2.92 * 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0.134\text{m}^3$$

$$\text{Vol. de cemento} = 0.134\text{m}^3$$

Ecuación 42

$$\text{Vol. de agregado grueso} = \frac{\text{Cantidad de agregado grueso}}{\text{Gravedad específica} * \text{Densidad de agua}}$$

$$\text{Vol. de agregad grueso} = \frac{922.78 \text{ kg}}{2.72 * 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0.339\text{m}^3$$

$$\text{Vol. de agregad grueso} = 0.339\text{m}^3$$

Ecuación 43

$$\text{Vol. de aire} = \frac{\text{Contenido de aire}}{100}$$

$$\text{vol. de aire} = \frac{2\%}{100} * 1\text{m}^3 = 0.02\text{m}^3$$

Ecuación 44

$$\text{vol de agua} = \frac{\text{Contenido de agua}}{1000}$$

$$vol. de agua = \frac{216 \text{ kg}}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0.216 \text{ m}^3$$

$$vol. de agua = 0.216 \text{ m}^3$$

✓ Suma de volúmenes

Ecuación 45

$$\sum volumen = vol_{cemnto} + vol_{grava} + vol_{aire} + vol_{agua}$$

$$\sum volumen = 0.134 \text{ m}^3 + 0.339 \text{ m}^3 + 0.02 \text{ m}^3 + 0.216 \text{ m}^3$$

$$\sum volumen = 0.709 \text{ m}^3$$

✓ Volumen absoluto de arena

Ecuación 46

$$1 \text{ m}^3 - \sum volumen$$

$$1 \text{ m}^3 - 0.709 \text{ m}^3$$

$$vol_{arena} = 0.291 \text{ m}^3$$

✓ Peso unitario de arena

Ecuación 47

$$W_{arena} = vol. arena * peso esp. de arena * densidad del agua$$

$$W_{arena} = 0.291 \text{ m}^3 * 2.63 * 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 765.33 \text{ kg}$$

$$W_{arena} = 765.33 \text{ kg}$$

- ✓ Corrección por absorción

Se tiene que mencionar que en este método no se realizó corrección por humedad dado que los materiales fueron secados hasta no retener humedad en sus agregados por lo que su corrección fue solo por absorción.

Ecuación 48

$$W_{mezclado} = W_{diseño} + W_{arena} * \left(\frac{abs. de arena}{100}\right) + W_{grava} * \left(\frac{abs. de grava}{100}\right)$$

$$W_{mezclado} = 216 + 765.33 * \left(\frac{1.7}{100}\right) + 922.78 \left(\frac{1.9}{100}\right)$$

$$W_{mezclado} = 246.54 \text{ lt}$$

- ✓ Volumen Suelto de los materiales

Ecuación 49

$$vol_{cemento} = \frac{W_{cemento}}{PVSS}$$

$$vol_{cemento} = \frac{391.30}{1130}$$

$$vol_{cemento} = 0.346 \text{ m}^3$$

Ecuación 50

$$vol_{arena} = \frac{W_{arena}}{PVSS}$$

$$vol_{arena} = \frac{765.53}{1331}$$

$$vol_{arena} = 0.575 \text{ m}^3$$

Ecuación 51

$$vol_{grava} = \frac{W_{grava}}{PVSS}$$

$$vol_{arena} = \frac{922.78}{1533}$$

$$vol_{arena} = 0.602 \text{ m}^3$$

✓ Proporción

Ecuación 52

$$\frac{V_c}{V_c} = \frac{0.346m}{0.346m} = 1$$

Ecuación 53

$$\frac{V_a}{V_c} = \frac{0.611}{0.346} = 1.77$$

Ecuación 54

$$\frac{V_g}{V_c} = \frac{0.602}{0.329} = 1.83$$

Se trabajó con una proporción 1:2:2 y R a/c de 0.55

Se desarrollará el mismo procedimiento para los bancos de material de Miraflores y los Martínez, encontrando los siguientes pesos, y proporciones para la resistencia elegida.

4.2.2. Diseño de concreto con el agregado fino del banco de Miraflores

Tabla 53 Propiedades de los materiales para mezcla de concreto

Material	PVSS (kg/m ³)	PVSC (kg/m ³)	G _e	M.F	%Abs
Cemento	1130	1250	2.92		
Arena	1518	1603	2.80	2.75	1.82
Grava	1533	1591	2.72	7.43	1.9

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

✓ Características del diseño

Concreto: 3000 psi (Vigas, columnas y muros reforzados)

Tamaño máximo del agregado: 1”

TMN: ¾”

Tabla 54 Diseño de mezcla de concreto

Material	proporción	Peso de material para 1 m ³ (kg)	Volumen de material (m ³)
Cemento	1	391.3	0.134
Arena	2	748	0.267
Grava	2	986.42	0.363
Agua		248.35	0.216
Aire			0.02

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

4.2.3. Diseño de concreto con el agregado fino del banco de Los Martínez.

Tabla 55 Propiedades de los materiales para mezcla de concreto

Material	PVSS (kg/m ³)	PVSC (kg/m ³)	G _e	M.F	%Abs
Cemento	1130	1250	2.92		
Arena	1522	1649	2.68	2.71	3.67
Grava	1533	1591	2.72	7.43	1.9

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

✓ Características del diseño

Concreto: 3000 psi (Vigas, columnas y muros reforzados)

Tamaño máximo del agregado: 1”

TMN: ¾”

Tabla 56 Diseño de mezcla de concreto

Material	proporción	Peso de material para 1 m ³ (kg)	Volumen de material (m ³)
Cemento	1	391.3	0.134
Arena	2	702.16	0.262
Grava	2	1002.33	0.368
Agua		260.81	0.216
Aire			0.02

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

4.3. Resultados de pruebas a compresión

A continuación, se muestran los resultados obtenidos al ensayar las probetas de mortero y concreto, elaboradas para cada tipo de agregado de los bancos en estudio, el ensayo a la compresión se realizó siguiendo el método establecido por la ASTM C – 780 y la ASTM C – 39 para mortero y concreto respectivamente.

Para el mortero se elaboraron tres cubos de 2” x 2”, para cada día a ensayar, eliminándose el cubo de mortero que difiera en un 8% de su resistencia a la compresión en comparación con los otros cubos restantes.

Para el caso del concreto, se elaboraron dos cilindros de 12” x 6”, al igual que el mortero, se eliminó el cilindro que difirió en un 8% de su resistencia a la compresión.

4.4. Resultados a la compresión de mezclas de mortero

4.4.1. Resultado de ensayo a la compresión de cubos de mortero a los 3, 7 y 28 días del agregado fino del banco de Motastepe

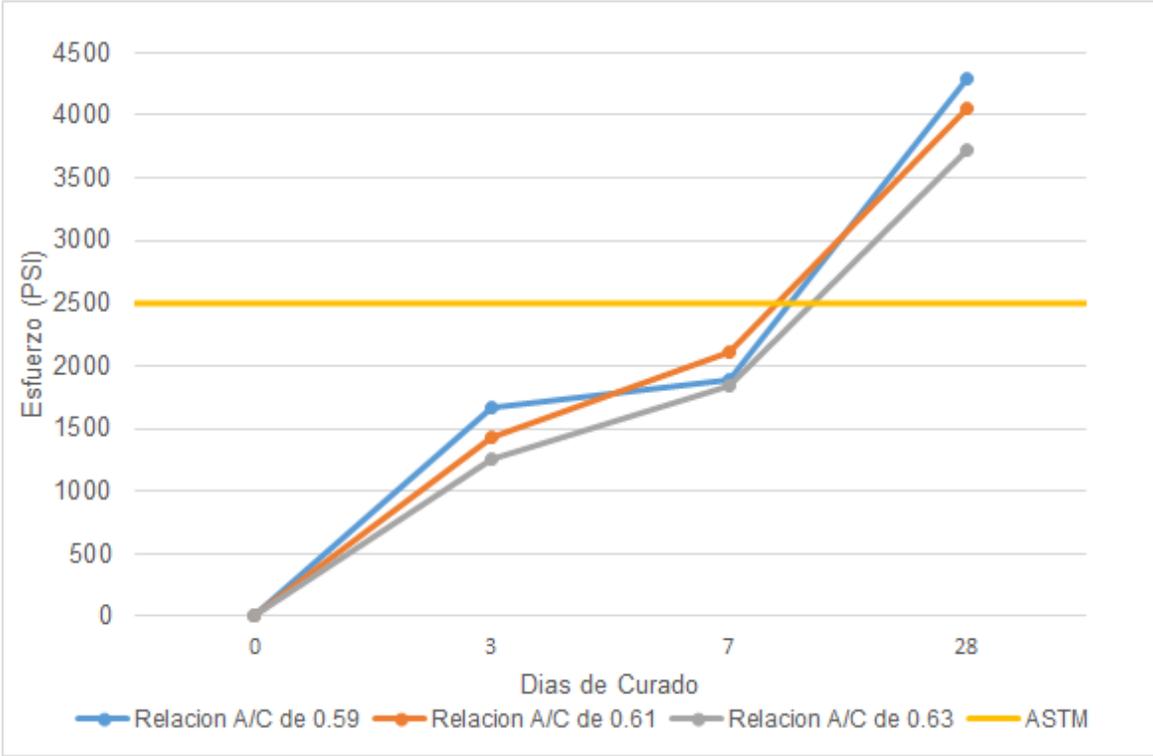
Tabla 57 Resistencia a la compresión a los 3, 7 y 28 días de especímenes cúbicos de 2 pulg x 2 pulg

Relación a/c	Días de curado	Carga (kgf)	Carga (lb)	Resistencia a la compresión		Promedio de la resistencia a compresión	
				kg/cm ²	PSI	kg/cm ²	PSI
0.59	3	2785.06	6140	107.91	1534.84	116.79	1661.08
		2508.37	5530	97.19*	1382.37*		
		3243.19	7150	125.66	1787.31		
	7	4005.22	8830	155.18	2207.18	133.22	1894.77
		2571.87	5670	99.65*	1417.36*		
		2871.24	6330	111.25	1582.35		
	28	6581.63	14510	255*	3626.95*	301.93	4294.46
		7556.85	16660	292.79	4164.45		
		8028.59	17700	311.07	4424.46		
0.61	3	2544.65	5610	98.59	1402.28	100.44	1428.52
		2639.91	5820	102.28	1454.76		
		1886.94	4160	73.11*	1039.87*		
	7	3755.74	8280	145.51	2069.64	148.79	2116.34
		3837.39	8460	148.68	2114.73		
		3928.11	8660	152.19	2164.65		
	28	7438.92	16400	288.22	4099.45	285.06	4054.46
		7193.92	15860	278.73	3964.47		
		7438.92	16400	288.22	4099.45		
0.63	3	2267.96	5000	87.87	1249.81	88.78	1262.80
		2304.25	5080	89.28	1269.86		
		2317.86	51110	89.2	1268.72		
	7	2526.51	5570	97.89*	1392.32*	129.52	1842.21
		3311.22	7300	128.29	1824.71		
		3374.73	7440	130.75	1859.7		
	28	6985.32	15400	270.64	3849.41	261.68	3721.97
		6332.15	13960	245.34*	3489.56*		
		6522.66	14380	252.72	3594.52		

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

(*) Determinada Como Resistencia fallida.

Ilustración 17 Resistencia a la compresión del agregado fino del banco de Motastepe



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

4.4.2. Resultado de ensayo a la compresión de cubos de mortero a los 3, 7 y 28 días del agregado fino del banco de Miraflores

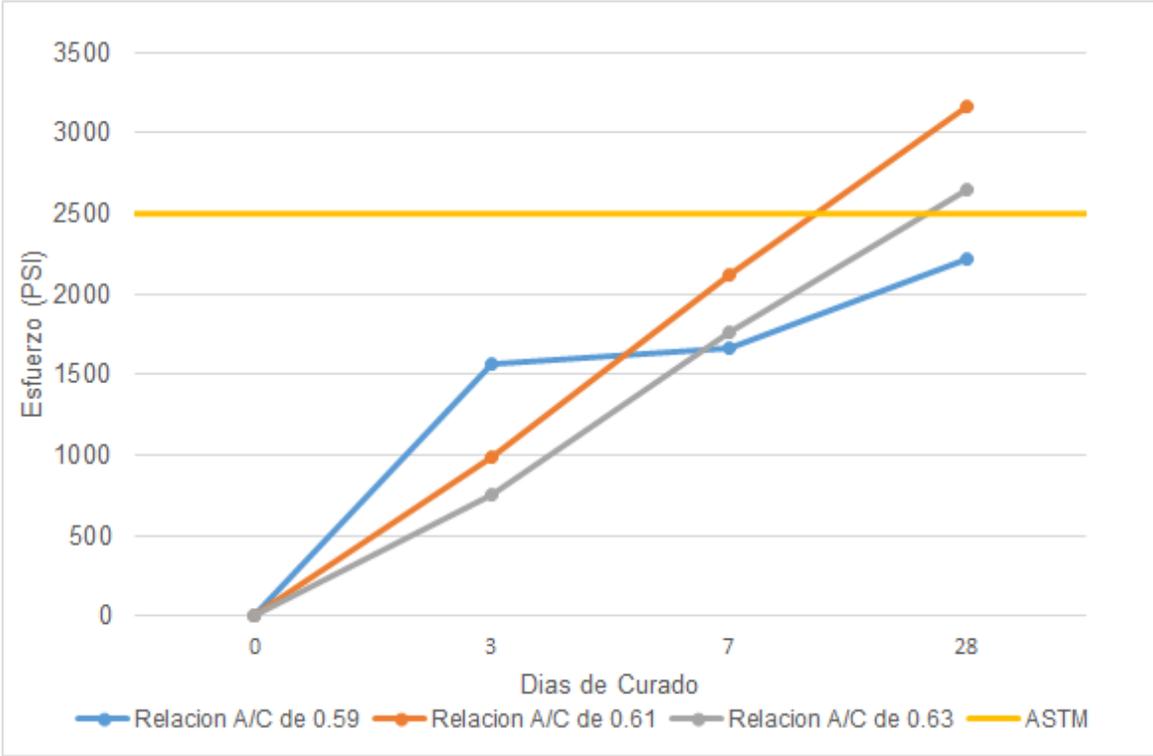
Tabla 58 Resistencia a la compresión a los 3, 7 y 28 días de especímenes cúbicos de 2 pulg x 2 pulg

Relación a/c	Días de curado	Carga (kgf)	Carga (lb)	Resistencia a la compresión		Promedio de la resistencia a compresión	
				kg/cm ²	PSI	kg/cm ²	PSI
0.59	3	2077.45	4580	80.49*	1144.87*	110.63	1573.53
		2766.91	6100	107.2	1524.74		
		2943.81	6490	114.06	1622.31		
	7	2785.06	6140	107.91	1534.84	117.31	1668.47
		2295.18	5060	88.93*	1264.88*		
		3270.1	7210	126.7	1802.1		
	28	3551.63	7830	137.61*	1957.27*	155.88	2217.14
		3928.11	8660	152.19	2164.65		
		4118.62	9080	159.57	2269.62		
0.61	3	1623.86	3580	62.92	894.93	69.335	986.18
		1954.98	4310	75.75	1077.42		
		1505.93	3320	58.35*	829.93*		
	7	3914.5	8630	151.67	2157.25	148.80	2116.38
		3733.07	8230	144.64	2057.26		
		3873.68	8540	150.08	2134.64		
	28	4867.05	10730	188.57*	2682.1*	222.76	3168.32
		6087.21	13420	235.85	3354.56		
		5411.36	11930	209.66	2982.07		
0.63	3	1102.23	2430	42.71	607.48	52.90	752.42
		1628.4	3590	63.09	897.35		
		1061.41	2340	41.12*	584.86*		
	7	3206.9	7070	124.25	1767.25	124.13	1765.59
		3220.51	7100	124.78	1774.79		
		3184.22	7020	123.37	1754.73		
	28	4685.61	10330	181.54	2582.11	186.23	2648.82
		4862.51	10720	188.4	2679.68		
		4871.58	10740	188.75	2684.66		

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

(*) Determinada Como Resistencia fallida.

Ilustración 18 Resistencia a la compresión del agregado fino del banco de Miraflores



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

4.4.3. Resultado de ensayo a la compresión de cubos de mortero a los 3, 7 y 28 días del agregado fino del banco de Los Martínez.

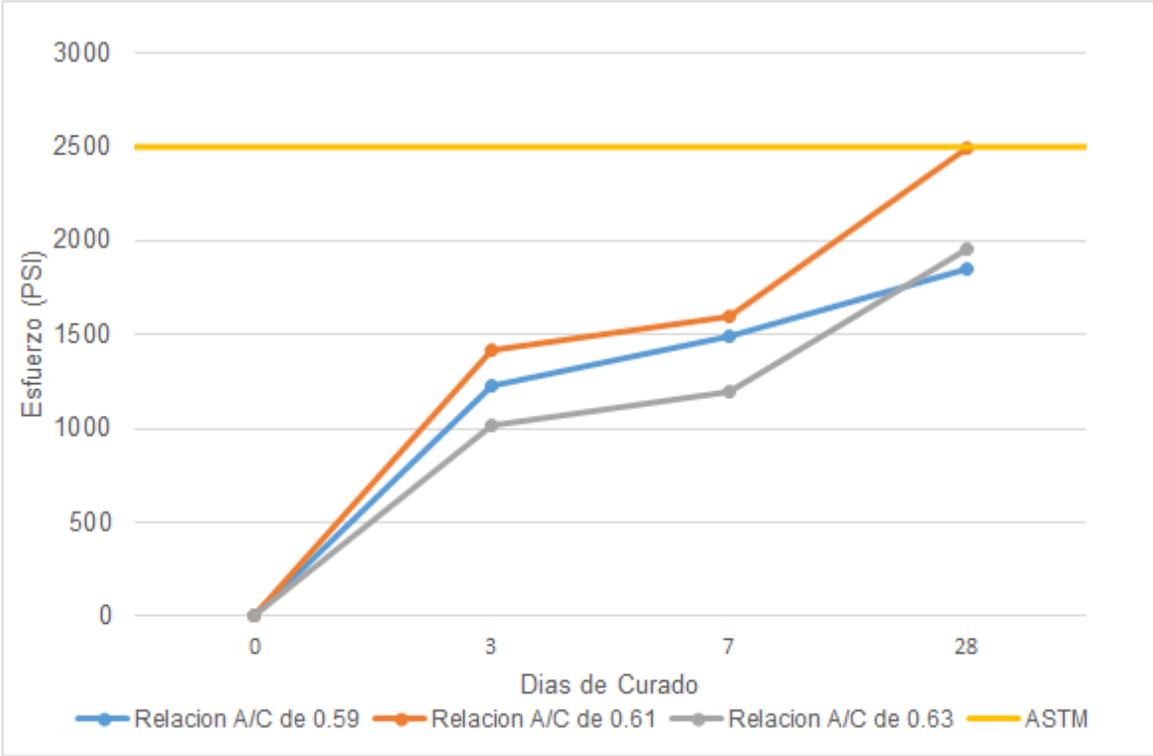
Tabla 59 Resistencia a la compresión a los 3, 7 y 28 días de especímenes cúbicos de 2 pulg x 2 pulg

Relación a/c	Días de curado	Carga (kgf)	Carga (lb)	Resistencia a la compresión		Promedio de la resistencia a compresión	
				kg/cm ²	PSI	kg/cm ²	PSI
0.59	3	1646.54	3630	63.79*	907.31*	85.94	1222.36
		2208.99	4870	85.59	1217.38		
		2227.14	4910	86.29	1227.33		
	7	2390.43	5270	92.62*	1317.37*	104.83	1491.03
		2585.48	5700	100.17	1424.75		
		2825.88	6230	109.49	1557.31		
	28	3293.08	7260	127.59	1814.76	129.88	1847.26
		3411.02	7520	132.16	1879.76		
		3057.21	6740	118.45*	1684.76*		
0.61	3	2567.33	5660	99.47	1414.8	99.76	1418.97
		2603.62	5740	100.88	1434.85		
		2553.73	5630	98.94	1407.26		
	7	2821.34	6220	109.31	1554.75	112.13	1594.79
		2966.49	6540	114.94	1634.83		
		2712.48	5980	105.09*	1494.73*		
	28	3764.82	8300	145.87	2074.76	175.13	2490.94
		3587.92	7910	139.01*	1977.19*		
		5275.28	11630	204.39	2907.11		
0.63	3	1850.66	4080	71.7	1019.81	71.58	1018.15
		1850.66	4080	71.7	1019.81		
		1841.59	4060	71.35	1014.84		
	7	2140.96	4720	82.95	1179.97	83.89	1193.20
		2204.46	4860	85.41	1214.82		
		2150.03	4740	83.3	1184.8		
	28	3796.57	8370	147.1	2092.25	137.255	1952.23
		2966.49	6540	114.94*	1634.83*		
		3288.54	7250	127.41	1812.2		

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

(*) Determinada Como Resistencia fallida.

Ilustración 19 Resistencia a la compresión del agregado fino del banco de los Martínez



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

4.5. Resultados a la compresión de mezclas de concreto.

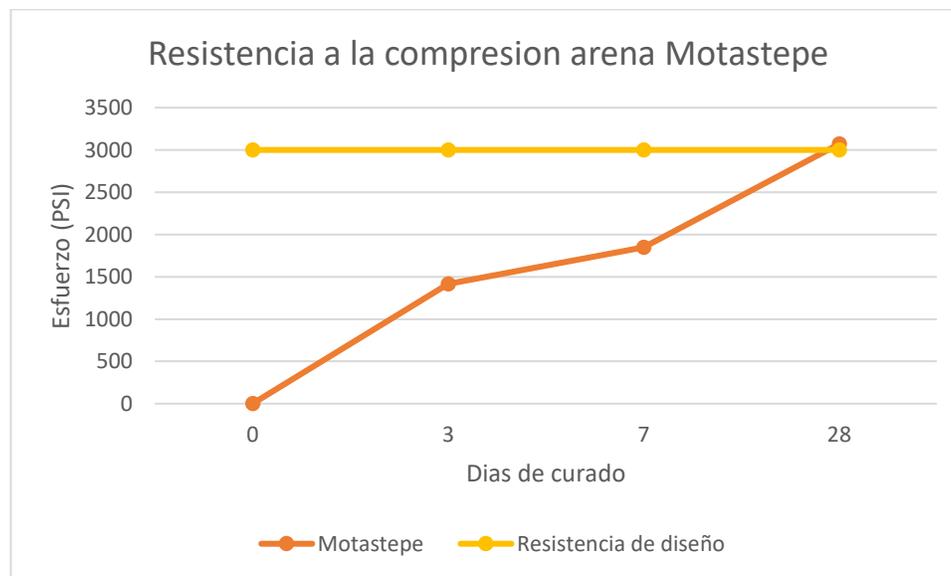
4.5.1. Resultado de ensayo a la compresión de probetas a los 3, 7 y 28 días del agregado fino Motastepe

Tabla 60 Resistencia a la compresión a los 3, 7 y 28 días de especímenes cilíndricos de 6 pulg x 12 pulg

Relación a/c	Días de Curado	Carga		Resistencia		Resistencia promedio a la compresión	
		(Kg)	(Lb)	Kg/cm ²	PSI	Kg/cm ²	PSI
0.552	3	18,209.09	40,060	99.65	1,417	101.14	1438.27
	3	18,754.55	41,260	102.64	1,459		
	7	23,777.27	52,310	130.12	1,850	131.64	1871.95
	7	24,331.82	53,530	133.16	1,894		
	28	39,445.45	86,780	215.87	3,070	216.26	3075.17
	28	39,586.36	87,090	216.64	3,081		

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Ilustración 20 Resistencia a la compresión del agregado fino del banco Motastepe



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

4.5.2. Resultado de ensayo a la compresión de probetas a los 3, 7 y 28 días del agregado fino de Miraflores

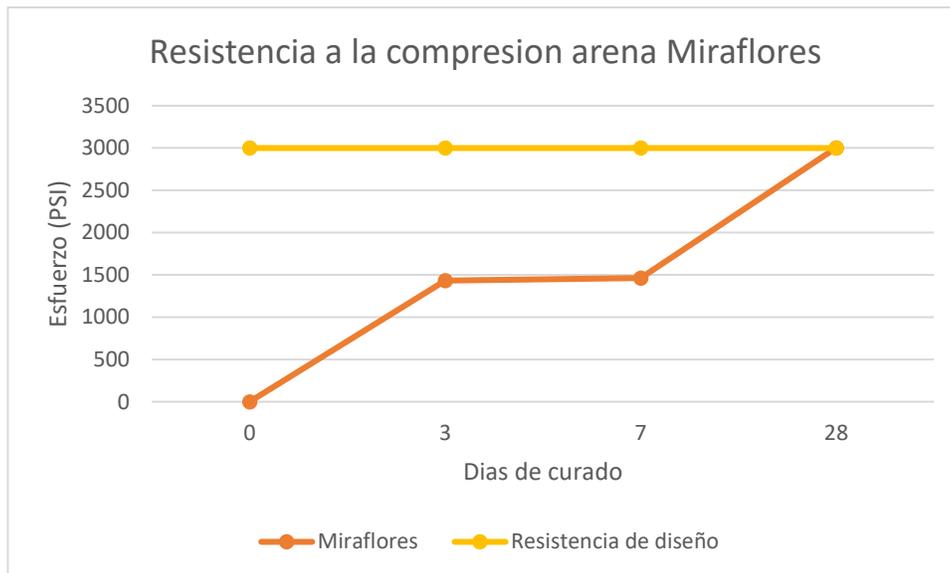
Tabla 61 Resistencia a la compresión a los 3, 7 y 28 días de especímenes cilíndricos de 6 pulg x 12 pulg

R a/c	Dias de curado	Carga		Resistencia		Resistencia promedio a la compresión	
		(Kg)	(Lb)	Kg/cm ²	PSI	Kg/cm ²	PSI
0.552	3	18,431.82	40,550	100.87	1,434	100.87	1434.00
	3*	13,822.73	30,410	75.65	1,076*		
	7	18,818.18	41,400	102.99	1,464	102.99	1464.00
	7*	16,504.55	36,310	90.32	1,284*		
	28	38,872.73	85,520	212.74	3,025	211.22	3003.54
	28	38,318.18	84,300	209.70	2,982		

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

(*) Determinada como resistencia fallida.

Ilustración 21 Resistencia a la compresión del agregado fino del banco Miraflores



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

4.5.3. Resultado de ensayo a la compresión probetas a los 3, 7 y 28 días del banco de agregado fino de Los Martínez

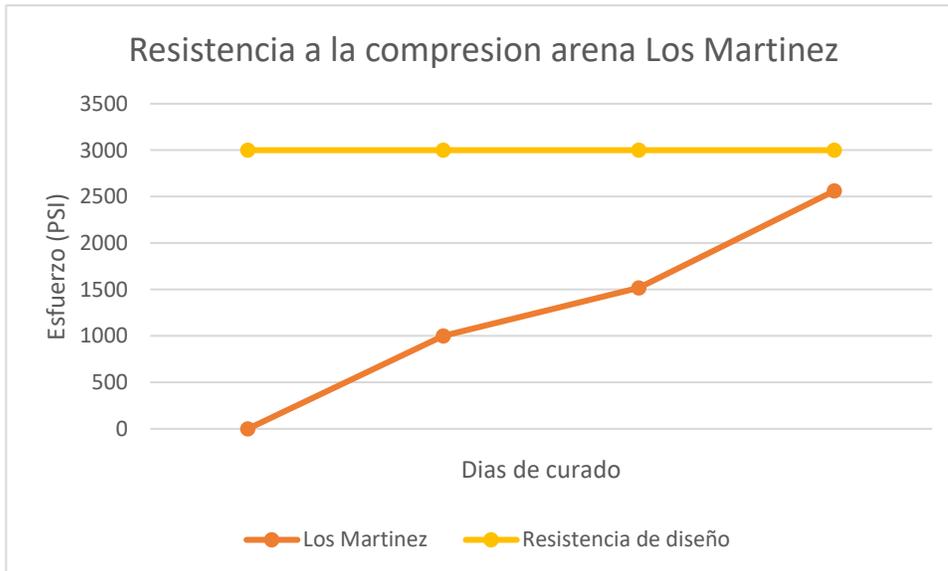
Tabla 62 Resistencia a la compresión a los 3, 7 y 28 días de especímenes cilíndricos de 6 pulg x 12 pulg

R a/c	Dias de curado	Carga		Resistencia		Resistencia promedio a la compresión	
		(Kg)	(Lb)	Kg/cm ²	PSI	Kg/cm ²	PSI
0.552	3	13,200.00	29,040	72.24	1,027	70.35	1000.35
	3	12,509.09	27,520	68.46	973		
	7	19,240.91	42,330	105.30	1,497	106.83	1519.10
	7	19,800.00	43,560	108.36	1,541		
	28*	28,904.55	63,590	158.18	2,249*	180.15	2562.00
	28	32,918.18	72,420	180.15	2,562		

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

(*) Determinada como resistencia fallida.

Ilustración 22 Resistencia a la compresión del agregado fino del banco de los Martínez



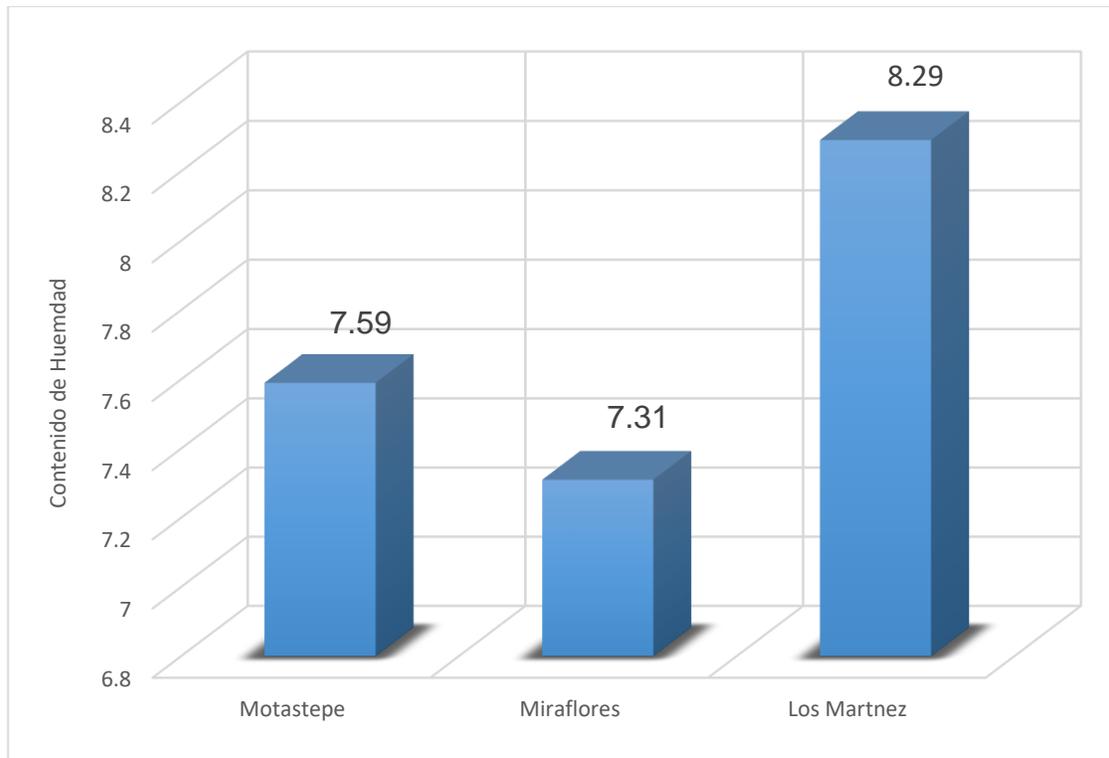
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Capítulo V: Comparación y análisis de resultados

5.1 Comparación de las propiedades físicas y mecánicas del agregado fino de los bancos en estudio

5.1.1 Contenido de humedad del agregado fino ASTM C – 566

Ilustración 23 Contenido de humedad de los tres bancos del agregado fino en estudio



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

El contenido de humedad es un indicador muy importante para conocer el estado actual de un material. Se tiene que tomar en cuenta que la humedad aportada por los áridos se añade al peso del árido y se debe restar al peso del agua añadida a la mezcla.

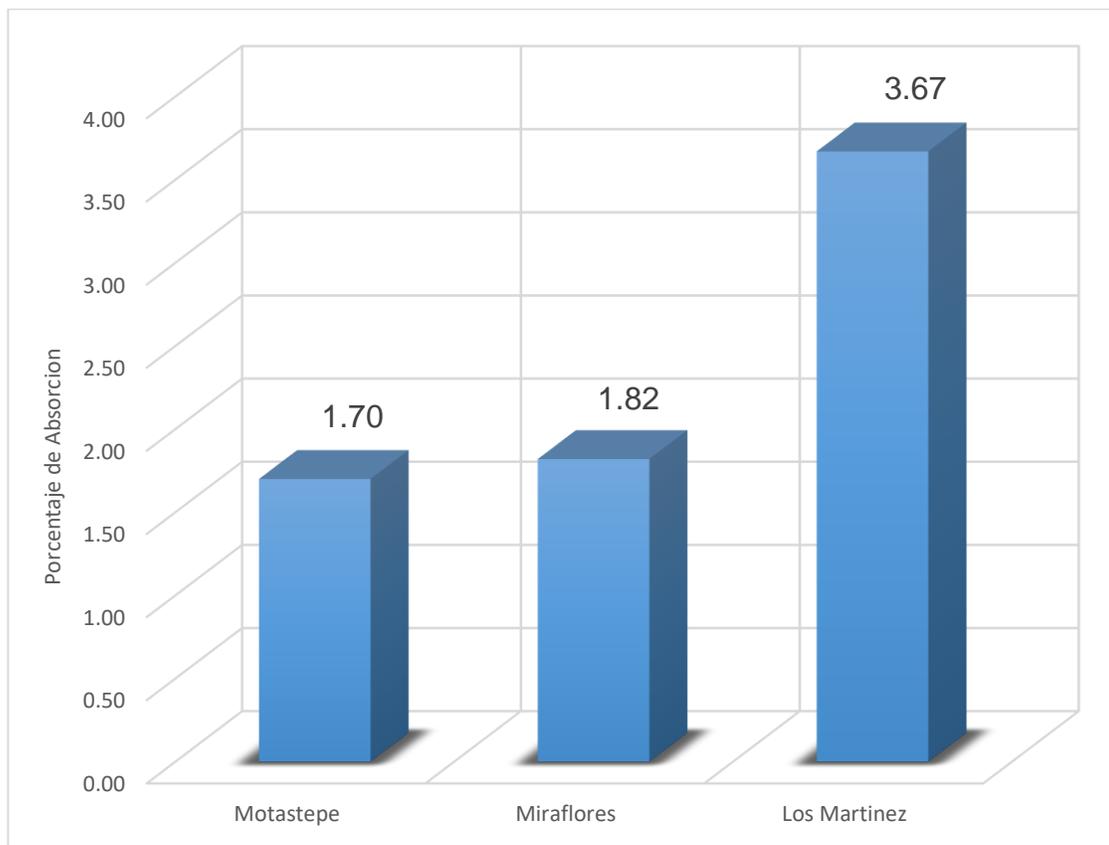
Los datos obtenidos reflejan la arena Miraflores 7.31% y Motastepe 7.59% con contenidos de humedad similares. La arena los Martínez presenta el grado de humedad más alto con 8.29%.

La mayoría de los agregados finos pueden mantener un contenido de humedad aproximadamente de 3% a 8%.

Dichos porcentajes no demuestran grandes diferencias de cantidades de agua, adjudicándosele este fenómeno a que no hay grandes distancias entre los bancos en estudio. Se debe destacar que las muestras se tomaron en periodo seco.

5.1.2 Gravedad específica y porcentaje de absorción del agregado fino ASTM C – 128

Ilustración 24 Porcentaje de absorción de los tres bancos de agregado fino en estudio



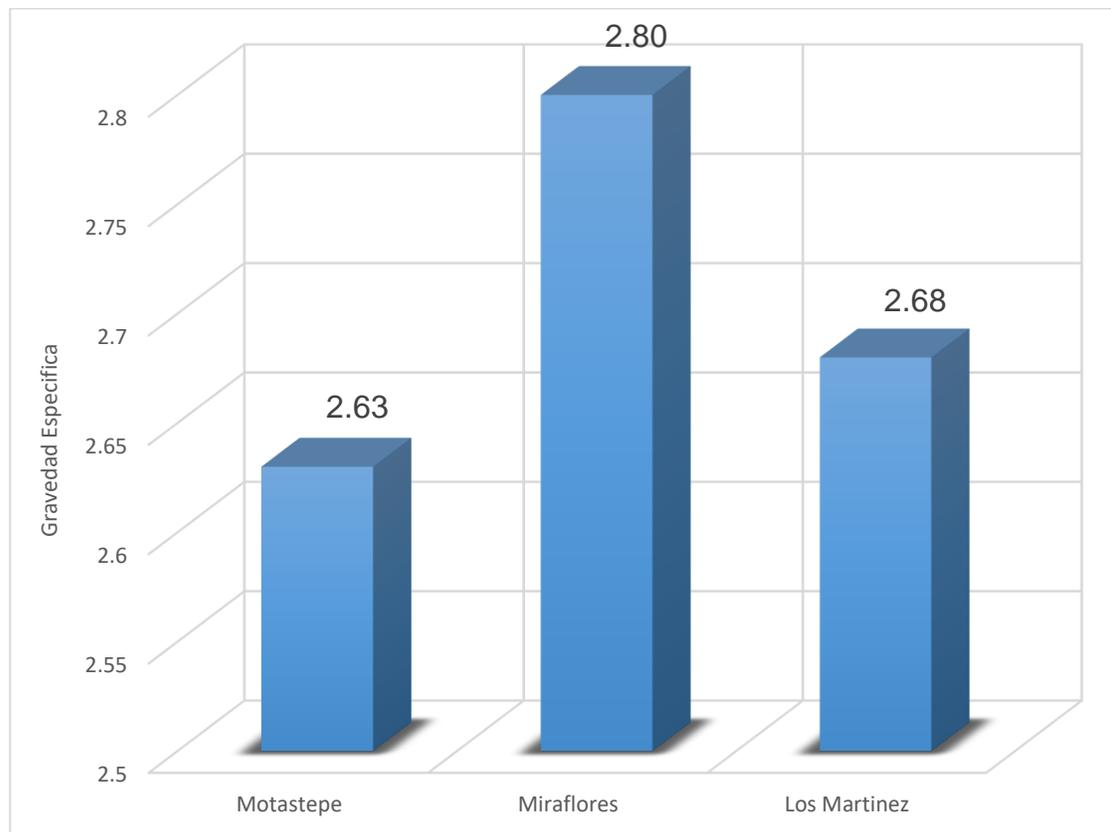
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Los porcentajes de absorción son de mucha utilidad cuando diseñamos mezclas de mortero o concreto, en específico para saber la cantidad de agua extra que se agregará a la mezcla debido a la absorción de la arena. Para el agregado fino se consideran de buena calidad aquellos que tengan un porcentaje de absorción menor al 5%

Los datos obtenidos nuevamente reflejan porcentajes similares en la arena Motastepe 1.70% y Miraflores 1.82%. Los datos del material los Martínez

demuestran el grado de absorción más alto 3.67% pero siempre bajo el 5% que se considera de buena calidad. Debido a este porcentaje más alto de absorción se considera que las mezclas realizadas con la arena los Martínez tendrán una cantidad más elevada de agua que las de Motastepe y Miraflores.

Ilustración 25 Gravedad específica de los tres bancos de agregado fino en estudio



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

La densidad es una propiedad muy importante para determinar la calidad del material que se está usando en las construcciones.

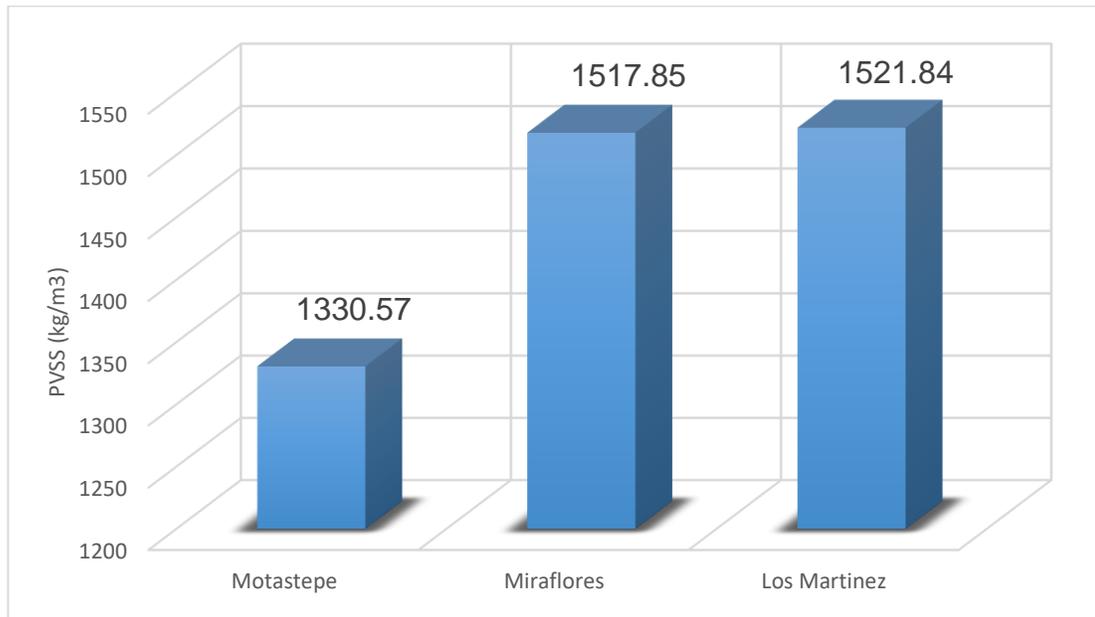
ACI Education Bulletin E1-99 establece que la Gravedad Específica promedio de agregados pétreos naturales en condición seca, oscila entre 2.3 y 2.8. Por lo cual, si se basa en este rango, el agregado fino de los tres bancos en estudios queda dentro del valor establecido. Presentando una buena calidad.

Estos valores son muy importantes, dado que, el valor de la gravedad específica es determinante en el diseño de mezclas de concreto para obtener los pesos del

agregado fino. Si el valor de gravedad no estuviera dentro de estos rangos, afectaría la calidad del concreto, dado que, entre más bajo este valor, menos cantidad de agregado fino se obtendrá para la mezcla.

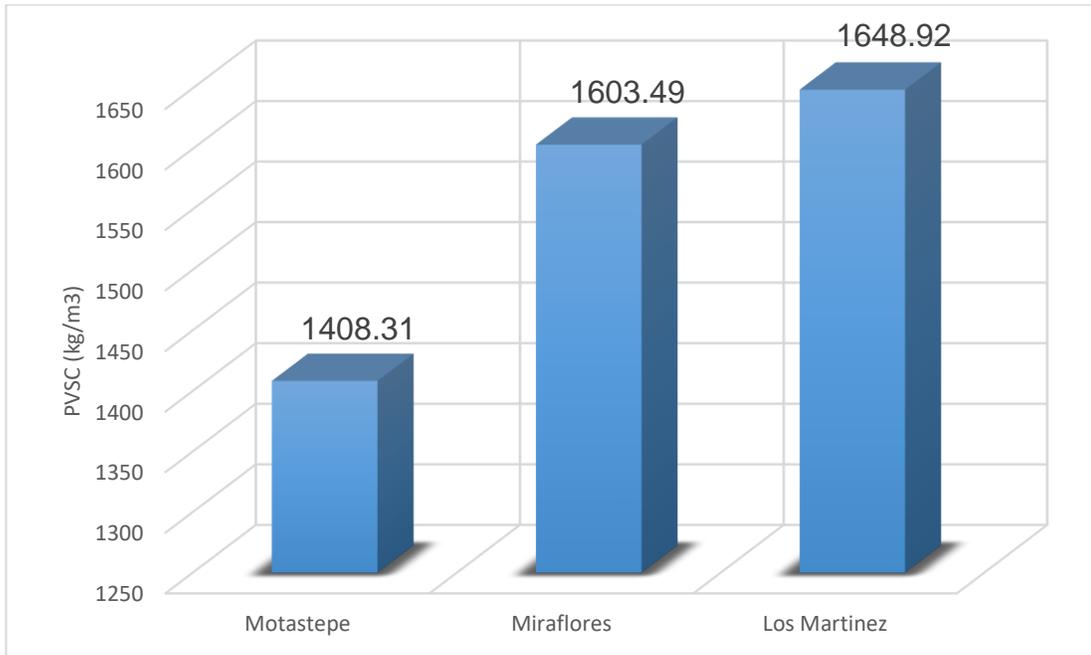
5.1.3 Peso unitario seco suelto y seco compacto del agregado fino ASTM C – 29.

Ilustración 26 Peso volumétrico seco suelto de los tres bancos de agregado fino en estudio



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Ilustración 27 Peso volumétrico seco compacto de los tres bancos de agregado fino en estudio

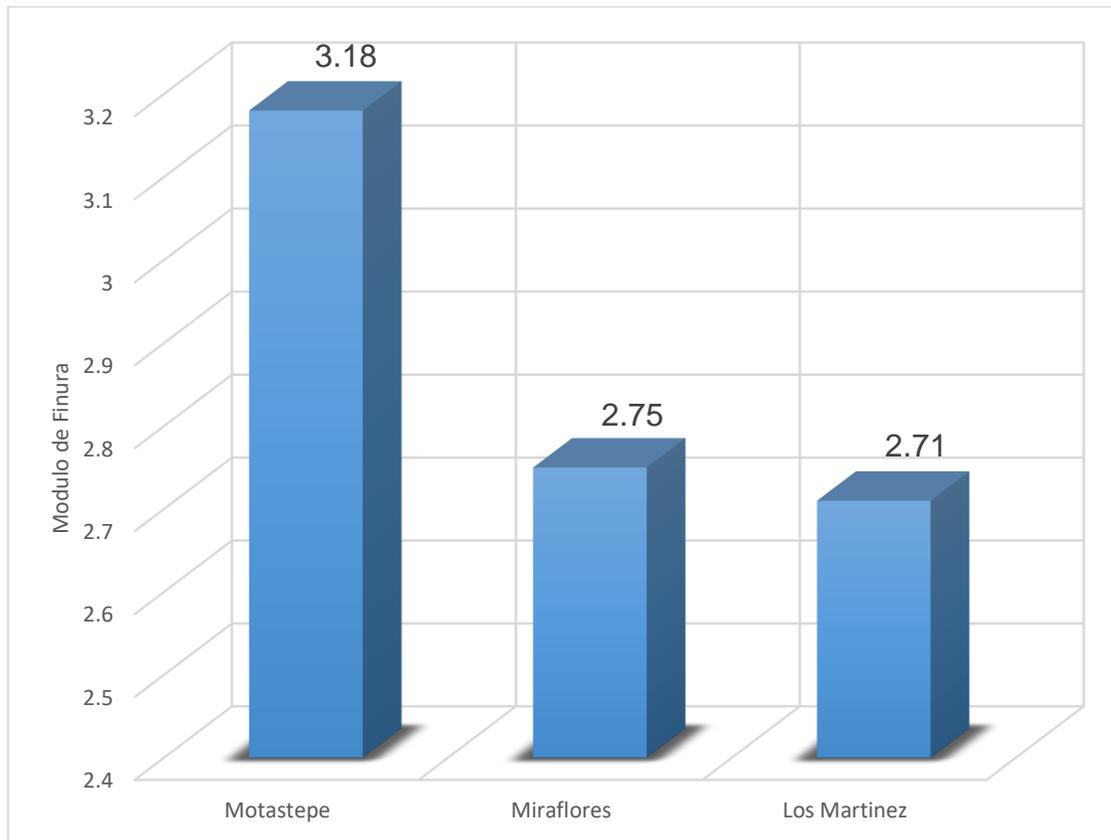


FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Los agregados de peso normal poseen una masa unitaria entre 1200 y 1760 kg/m³ (ACI Boletín E1-99). Los valores obtenidos se encuentran dentro del rango típico para agregados para concreto y son representativos de agregados de peso normal.

5.1.4 Análisis granulométrico del agregado fino ASTM C – 136.

Ilustración 28 Modulo de finura de los tres bancos de agregado fino en estudio



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Los datos de módulos de finura normales según el boletín (ACI Boletín E1-99) varían entre 2.3 - 3.1.

Los datos de las arenas Miraflores y Los Martínez presentaron valores dentro de los parámetros normales.

Sin embargo, el análisis granulométrico del agregado fino del banco de Motastepe muestra un módulo de finura que excede el límite, lo que indica que la arena estudiada es una arena más gruesa de lo indicado en los límites establecidos por la ASTM C-33. Consecuentemente, el módulo de finura obtenido de 3.18. Los valores, aunque se muestren fuera de los rangos establecidos, según ACI, pueden ser utilizados si se ha comprobado por experiencias a través de los años su buen desempeño en las mezclas de concreto.

5.1.5 Impurezas orgánicas en el agregado fino para mezclas de concreto ASTM C – 40

El agregado fino de los Martínez y Miraflores, arrojaron un color incoloro por lo cual no presentan impurezas orgánicas, en cambio el agregado fino del banco de Motastepe presento un color azafranado lo cual representa una pérdida de resistencia a la compresión comprendida entre el 10 – 15% en un rango comprendido entre los 7 a los 28 días, a como se muestra en la tabla 55.

Tabla 63 Uso del agregado fino según sus impurezas orgánicas

Color	Utilización	Disminución de la resistencia del mortero y del concreto de los 7 a 28 días de edad
Incoloro o amarillo claro	Concreto de buena calidad	0
Azafranado	Utilizable	10% a 15%
Rojo amarillento	Concreto sometidos a tensiones reducidas	15% a 25%
Castaño marrón	No utilizable	25% a 50%
Marrón oscuro	No utilizable	50% a 100%

FUENTE: MATUS Y BLANCO, APUNTES DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN.

5.2 Análisis de mezclas de mortero.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de las mezclas de mortero a diferentes edades ensayadas, de los tres bancos en estudio, en el cual el banco de Motastepe y Miraflores cumplen con la resistencia mínima que establece la norma ASTM C – 270, en cambio el banco de Los Martínez no cumple con la resistencia establecida.

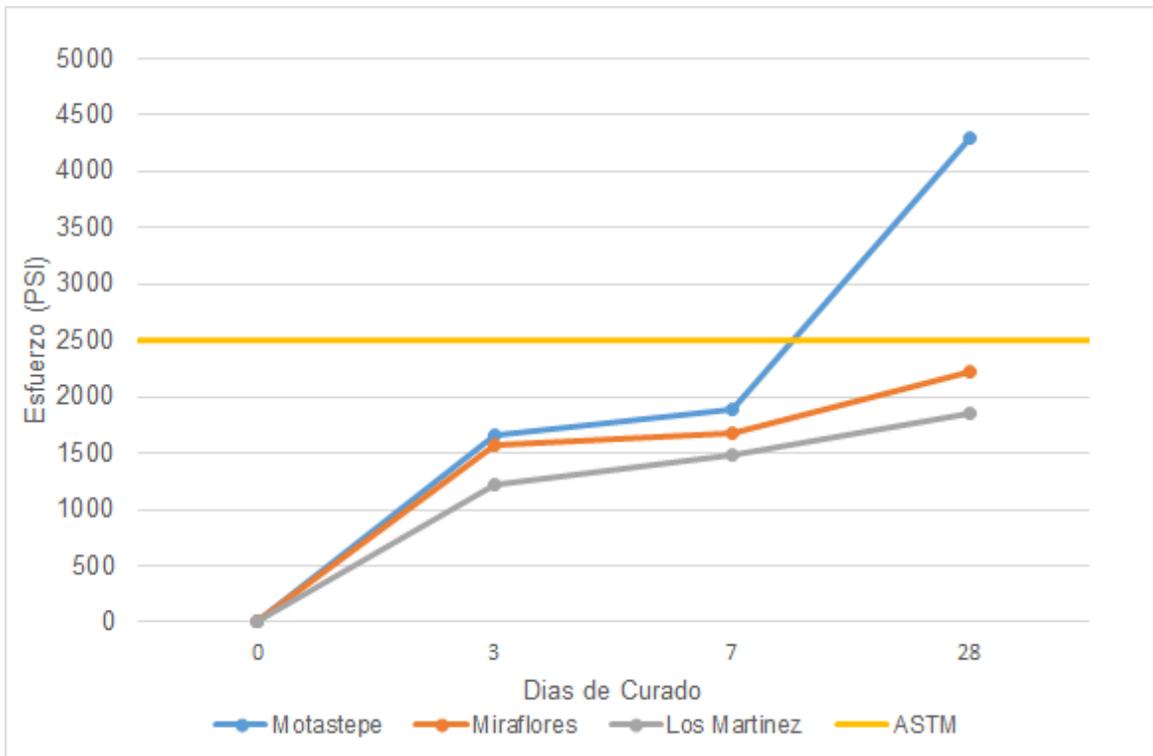
Tabla 64 Resistencia a la compresión de los tres bancos de agregado fino con relación agua/cemento de 0.59

Días de curado	0	3	7	28
Motastepe	0	1661.08	1894.77	4292.46
Miraflores	0	1573.53	1668.47	2217.14
Los Martínez	0	1222.36	1491.03	1847.26

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

En la ilustración 29, se muestra el comportamiento del mortero a los 3, 7 y 28 días, con una relación agua/cemento de 0.59 en la cual el mortero elaborado con el agregado fino del banco de Motastepe, cumple con la resistencia requerida.

Ilustración 29 Resistencia a la compresión de los tres bancos con una relación agua/cemento de 0.59



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

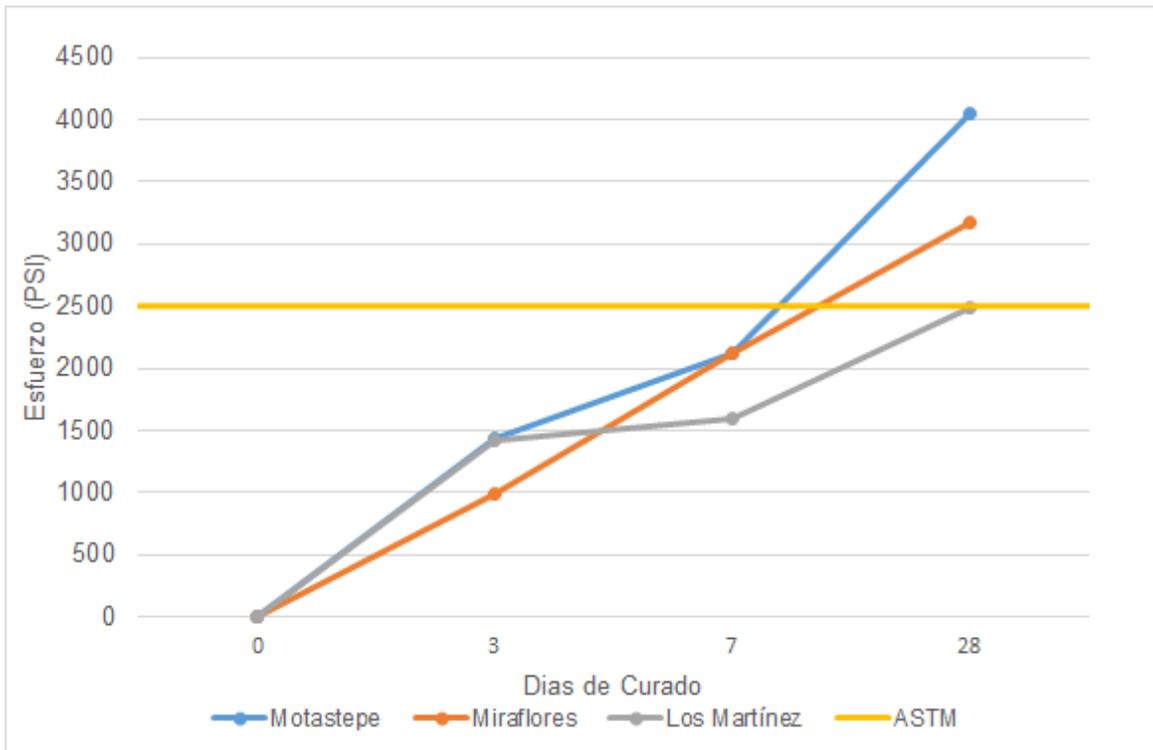
Tabla 65 Resistencia a la compresión de los tres bancos de agregado fino con una relación agua/cemento de 0.61

Días de curado	0	3	7	28
Motastepe	0	1428.52	2116.34	4054.46
Miraflores	0	986.18	2116.38	3168.32
Los Martínez	0	1418.97	1594.79	2490.94

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

En la ilustración 30, se muestra el comportamiento del mortero a los 3, 7 y 28 días, con una relación agua/cemento de 0.61 en la cual el mortero elaborado con el agregado fino del banco de Motastepe y Miraflores, cumple con la resistencia requerida, en cambio el agregado del banco de Los Martínez, no logro alcanzar la resistencia.

Ilustración 30 Resistencia a la compresión de los tres bancos en estudio con una relación agua/cemento de 0.61



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

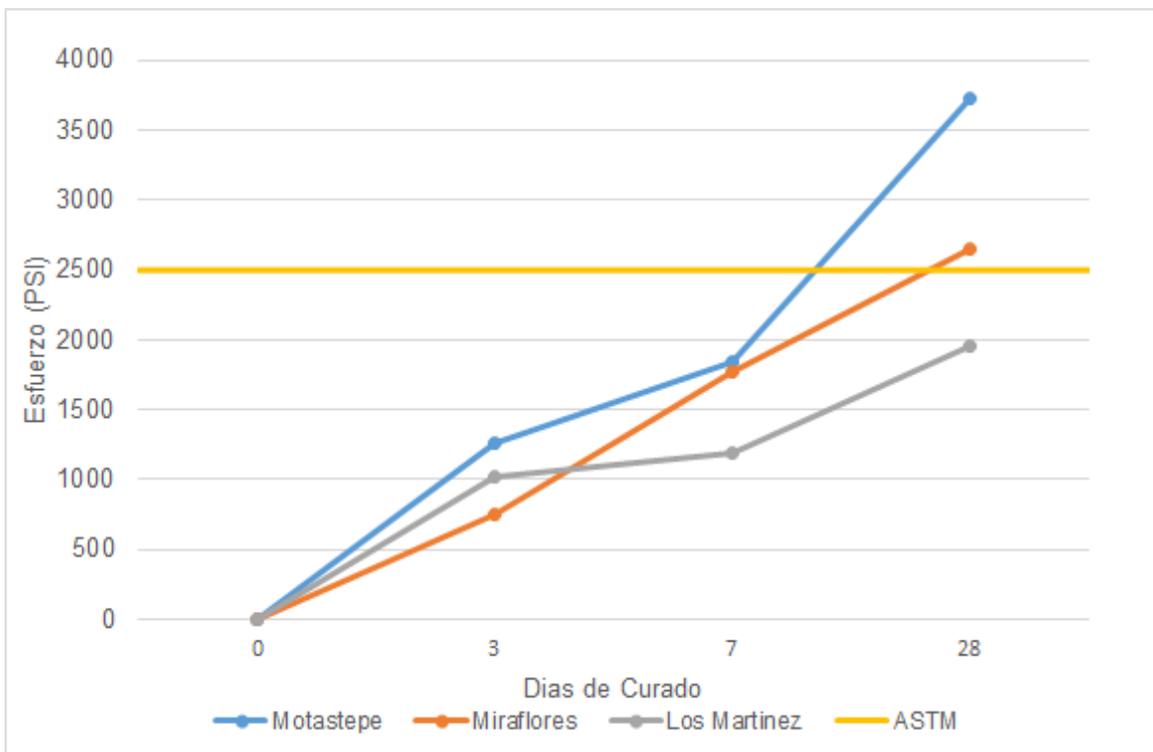
Tabla 66 Resistencia a la compresión de los tres bancos de agregado fino con una relación agua/cemento de 0.63

Días de curado	0	3	7	28
Motastepe	0	1262.8	1842.21	3721.97
Miraflores	0	752.42	1765.59	2648.82
Los Martínez	0	1018.15	1193.2	1952.23

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

En la ilustración 31, se muestra el comportamiento del mortero a los 3, 7 y 28 días, con una relación agua/cemento de 0.63 en la cual el mortero elaborado con el agregado fino del banco de Motastepe y Miraflores, cumple con la resistencia requerida, en cambio el agregado del banco de Los Martínez, no logra alcanzar la resistencia, se logra observar que al aumentar la relación agua/cemento el banco de agregado fino de los Martínez disminuye su resistencia.

Ilustración 31 Resistencia a la compresión de los tres bancos en estudio con una relación agua/cemento de 0.63



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

5.3 Comparación de resultado de ensayo a compresión según relación agua cemento a las diferentes edades de especímenes cúbicos de mortero

5.3.1 Relación agua/cemento de 0.59

Tabla 67 Resistencia a la compresión con edad de tres días y una relación agua/cemento de 0.59

Banco	Días de curado	Esfuerzo (PSI)
Motastepe	3	1661.08
Miraflores	3	1573.53
Los Martínez	3	1222.36

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

En la ilustración 32, se muestra que la mezcla de mortero con el agregado fino del banco de Motastepe obtuvo una mayor resistencia a la compresión a los 3 días, mientras que el banco de los Martínez obtuvo la menor resistencia.

Ilustración 32 Relación agua/cemento de 0.59



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 68 Resistencia a la compresión con edad de siete días y una relación agua/cemento de 0.59

Banco	Días de curado	Esfuerzo (PSI)
Motastepe	7	1894.77
Miraflores	7	1668.47
Los Martínez	7	1491.03

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

En la ilustración 33, se muestra que la mezcla de mortero con el agregado fino del banco de Motastepe obtuvo una mayor resistencia a la compresión a los 7 días, mientras que el banco de los Martínez obtuvo la menor resistencia.

Ilustración 33 Relación agua/cemento de 0.59



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 69 Resistencia a la compresión con edad de veintiocho días y una relación agua/cemento de 0.59

Banco	Días de curado	Esfuerzo (PSI)
Motastepe	28	4294.46
Miraflores	28	2217.14
Los Martínez	28	1847.26

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

En la ilustración 34, se muestra que la mezcla de mortero con el agregado fino del banco de Motastepe cumple satisfactoriamente la resistencia requerida a los 28 días, en cambio el banco de Miraflores, y los Martínez no lograron alcanzar el objetivo.

Ilustración 34 Relación agua/cemento de 0.59



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

5.3.2 Relación agua/cemento de 0.61.

Tabla 70 Resistencia a la compresión con una de tres días y una relación agua/cemento de 0.61

Banco	Días de curado	Esfuerzo (PSI)
Motastepe	3	1428.52
Miraflores	3	986.18
Los Martínez	3	1418.97

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

En la ilustración 35, se muestra que la mezcla de mortero con el agregado fino del banco de los Martínez obtuvo una mayor resistencia a la compresión a los 3 días, mientras que el banco de Miraflores obtuvo la menor resistencia.

Ilustración 35 Relación agua/cemento de 0.61



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 71 Resistencia a la compresión con siete días de edad y una relación agua/cemento de 0.61

Banco	Días de curado	Esfuerzo (PSI)
Motastepe	7	2116.34
Miraflores	7	2116.38
Los Martínez	7	1561.44

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

En la ilustración 36, se muestra que la mezcla de mortero con el agregado fino del banco de Motastepe y Miraflores obtuvieron la mayor resistencia a la compresión a los 7 días, mientras que el banco de los Martínez obtuvo la menor resistencia.

Ilustración 36 Relación agua/cemento de 0.61



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

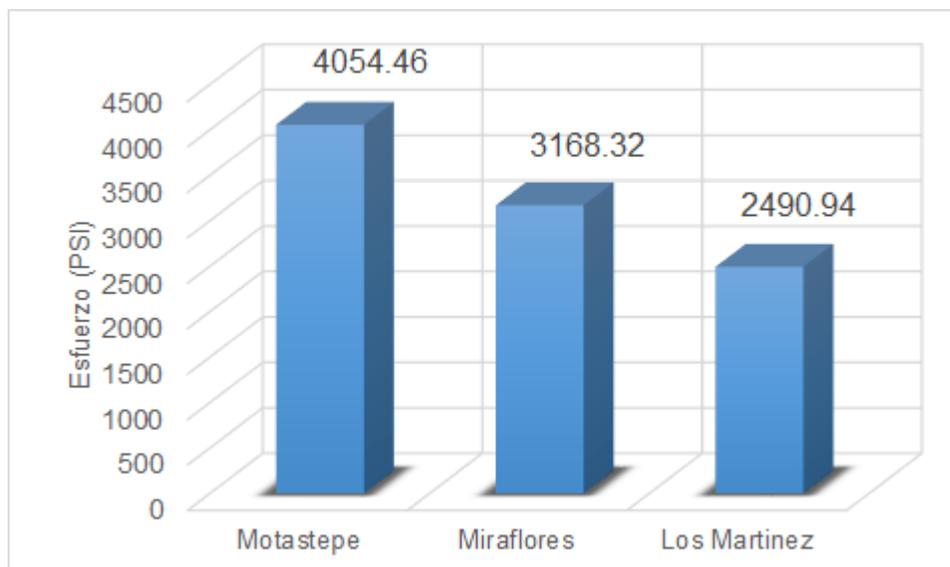
Tabla 72 Resistencia a la compresión a los veintiocho días de edad y una relación agua/cemento de 0.61

Banco	Días de curado	Esfuerzo (PSI)
Motastepe	28	4054.46
Miraflores	28	3168.32
Los Martínez	28	2490.94

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

En la ilustración 37, se muestra que la mezcla de mortero con el agregado fino del banco de Motastepe y Miraflores cumplen satisfactoriamente la resistencia requerida a los 28 días, en cambio el banco los Martínez no lograron alcanzar el objetivo.

Ilustración 37 Relación agua/cemento de 0.61



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

5.3.3. Relación agua/cemento de 0.63

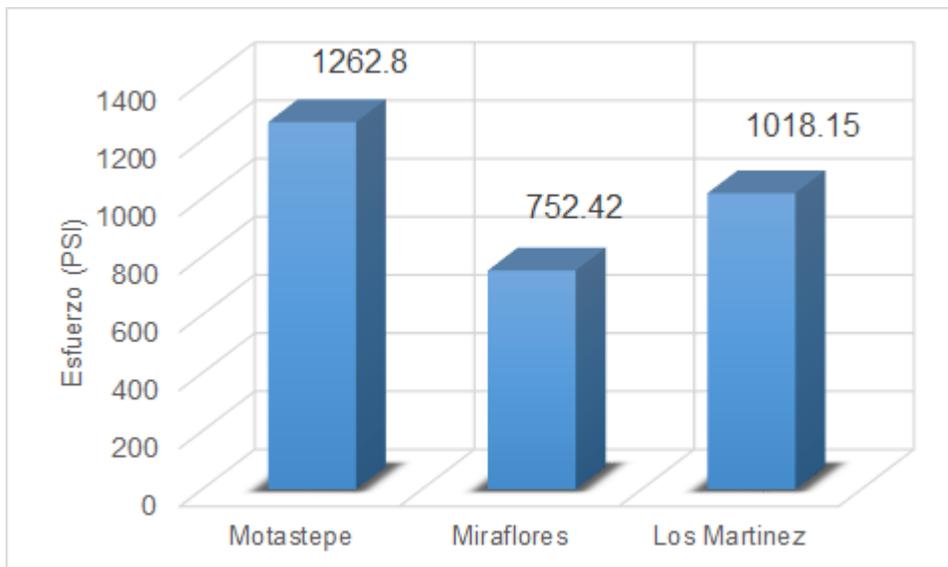
Tabla 73 Resistencia a la compresión con tres días de edad y una relación agua/cemento de 0.63

Banco	Días de curado	Esfuerzo (PSI)
Motastepe	3	1262.8
Miraflores	3	752.42
Los Martínez	3	1018.15

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

En la ilustración 38, se muestra que la mezcla de mortero con el agregado fino del banco de Motastepe obtuvo una mayor resistencia a la compresión a los 3 días, mientras que el banco de Miraflores obtuvo la menor resistencia.

Ilustración 38 Relación agua/cemento de 0.63



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 74 Resistencia a la compresión con siete días de edad y una relación agua/cemento de 0.63

Banco	Días de curado	Esfuerzo (PSI)
Motastepe	7	1842.21
Miraflores	7	1765.59
Los Martínez	7	1193.2

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

En la ilustración 39, se muestra que la mezcla de mortero con el agregado fino del banco de Miraflores obtuvo una mayor resistencia a la compresión a los 7 días, mientras que el banco de los Martínez obtuvo la menor resistencia.

Ilustración 39 Relación agua/cemento de 0.63



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 75 Resistencia a la compresión con veintiocho días de edad y una relación agua/cemento de 0.63

Banco	Días de curado	Esfuerzo (PSI)
Motastepe	28	3721.97
Miraflores	28	2648.82
Los Martínez	28	1952.23

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

En la ilustración 40, se muestra que la mezcla de mortero con el agregado fino del banco de Motastepe y Miraflores cumplen satisfactoriamente la resistencia requerida a los 28 días, en cambio el banco los Martínez no lograron alcanzar el objetivo.

Ilustración 40 Relación agua/cemento de 0.63



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

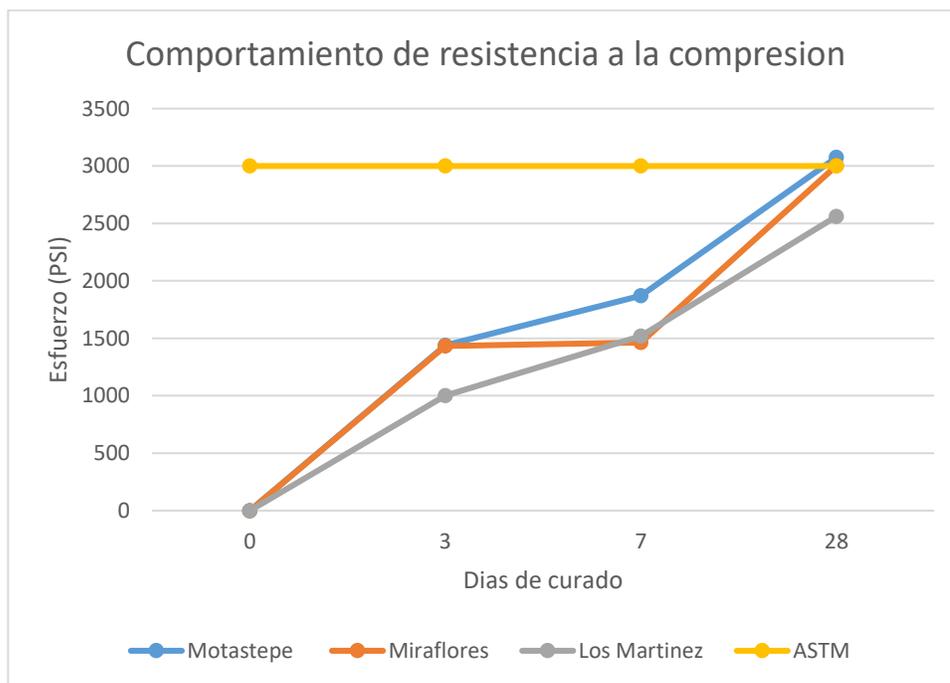
5.4 Análisis de mezclas de concreto

Tabla 76 Promedio de resistencia a la compresión del concreto con los diferentes agregados finos

Días	Motastepe	Miraflores	Los Martínez
3	1438 PSI	1434 PSI	1000 PSI
7	1872 PSI	1464 PSI	1519 PSI
28	3075 PSI	3004 PSI	2562 PSI

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Ilustración 41 Promedio de resistencia a la compresión del concreto con los agregados finos en estudio



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

5.5 Comparación de resultado de ensayo a compresión según diferentes edades de mezclas de concreto con los diferentes agregados finos.

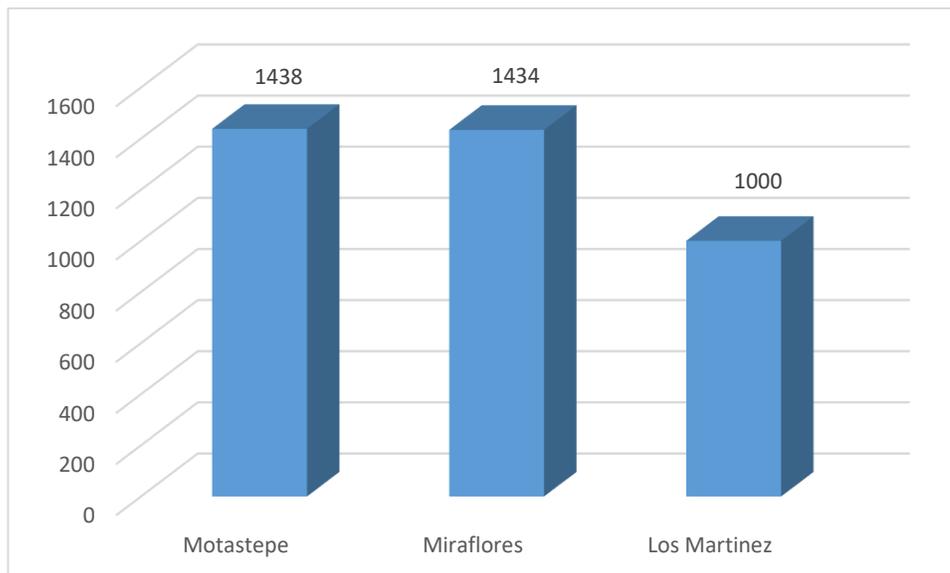
Tabla 77 Promedio de resistencia a compresión del concreto a los tres días

Motastepe	Miraflores	Los Martínez
1438 PSI	1434 PSI	1000 PSI

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Se observa en la ilustración 42, que el diseño con mayor resistencia obtenida a los 3 días es el diseño con arena Motastepe, seguido por el diseño con arena Miraflores, estos dos cumpliendo con el 40% que se espera a los 3 días de la resistencia de diseño. Por último, el diseño con arena Los Martínez presento la resistencia más baja.

Ilustración 42 Promedio de la resistencia a la compresión del concreto a los tres días



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

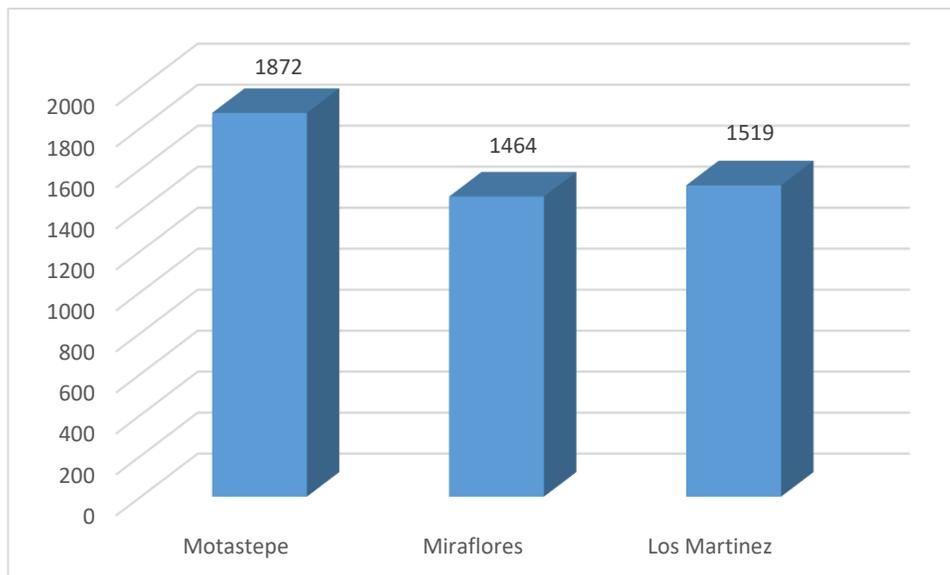
Tabla 78 Promedio de resistencia a compresión del concreto a los siete días

Motastepe	Miraflores	Los Martínez
1872 PSI	1464 PSI	1519 PSI

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Se puede observar en la ilustración 43, que el diseño con arena Motastepe es la que mayor resistencia presenta a los 7 días, seguido de Los Martínez y Miraflores respectivamente. Pero ninguna cumple con el 65% de la resistencia de diseño que se espera a los 7 días.

Ilustración 43 Promedio de resistencia a la compresión del concreto a los siete días



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

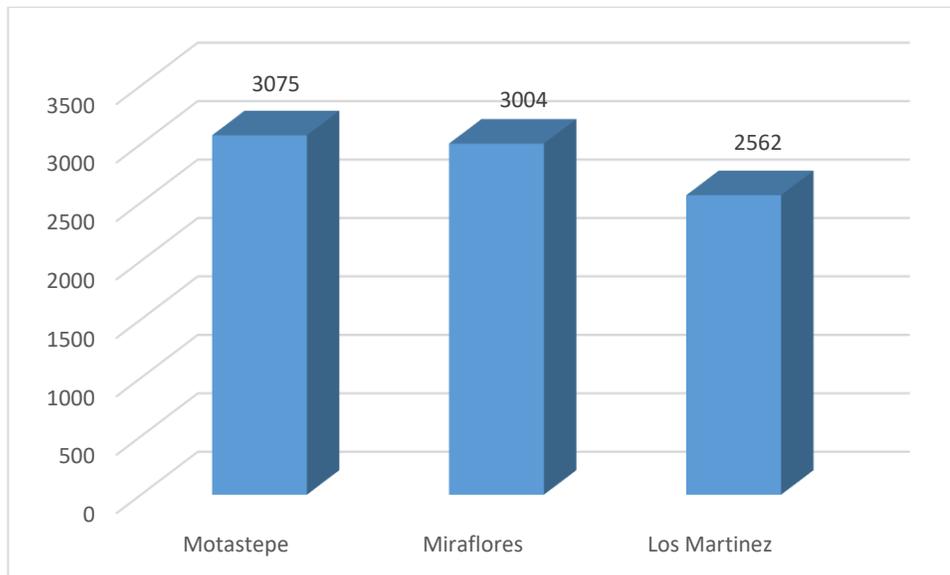
Tabla 79 Promedio de resistencia a compresión de concreto a los veintiocho días

Motastepe	Miraflores	Los Martínez
3075 PSI	3004 PSI	2562 PSI

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

La ilustración 44, presenta que los diseños con arena Motastepe y Miraflores cumplen los 3000 psi que se esperan a los 28 días, sin embargo, el diseño con arena Los Martínez no cumple con la resistencia requerida.

Ilustración 44 Promedio de resistencia a la compresión del concreto a los veintiocho días



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

5.6 Comparación de resultados de revenimientos obtenidos en mezclas de concreto

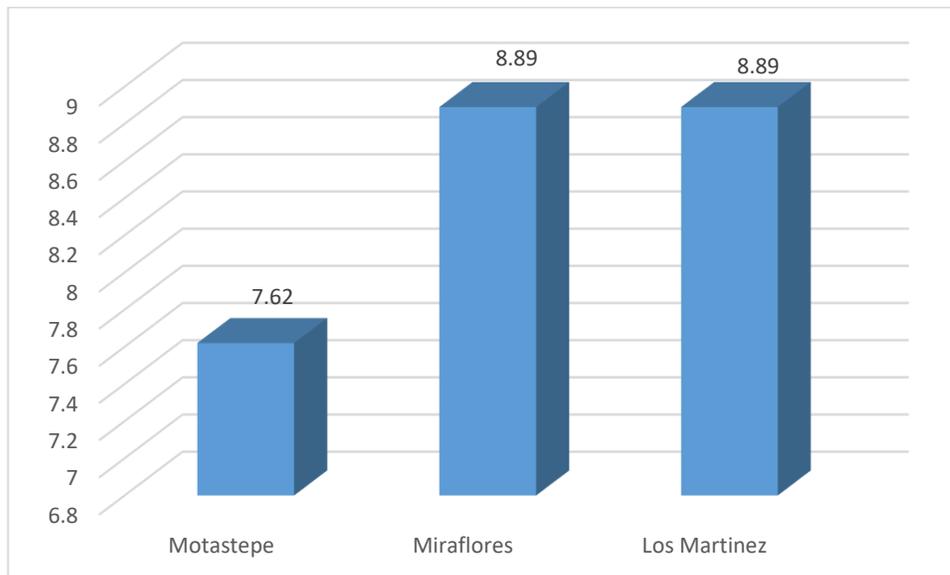
Tabla 80 Revenimientos de mezclas de concreto

Mezcla	Revenimiento (Pulg)	Revenimiento (cm)
Motastepe	3	7.62
Miraflores	3½	8.89
Los Martinez	3½	8.89

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

La ilustración 45 presenta los resultados obtenidos de la prueba de revenimiento en las mezclas de concreto realizadas.

Ilustración 45 Revenimientos de mezclas de concreto



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

El diseño tenía un revenimiento diseñado de 6"-7" en el cual ninguna de las mezclas de concreto cumplió, sin embargo los datos obtenidos están en los rangos de concretos con buena trabajabilidad (2"-7"). Las formas que adoptó la mezcla en las pruebas de revenimiento fueron de consistencia normal.

Capítulo VI:
Conclusiones y
Recomendaciones

6.1. Conclusiones

-Los estados actuales de los bancos de materiales en estudio presentan datos de áreas totales que satisfacen la demanda actual.

-Las propiedades físico-mecánicas de los áridos naturales utilizados presentan un comportamiento normal en relación con las especificaciones de agregados para concretos y morteros, presentando ligeras deficiencias en su graduación, en especial la arena Motastepe cuyo módulo de finura es un poco más alto que lo establecido en ASTM C-33. Siendo esta una arena gruesa pero que cumple con buen desempeño en mezclas de mortero y concreto. En cambio, siendo la arena Miraflores y Los Martínez más finas excediéndose de los límites en las mallas N°100 y N°200.

-Una vez realizado el análisis a la compresión de los especímenes cúbicos de mortero de cada agregado fino, y cada relación agua/cemento se concluyó que el mortero elaborado con el agregado fino del banco de Motastepe cumple satisfactoriamente la resistencia a la compresión establecida por la ASTM C – 270, para cada relación agua/cemento elegida, obteniéndose una mayor resistencia a la compresión con la relación agua/cemento de 0.59, y una menor con la relación agua/cemento de 0.63, cumpliéndose la teoría de a mayor relación agua/cemento menor resistencia a la compresión.

-En el caso del agregado fino del banco de Miraflores, las relaciones agua/cemento de 0.61 y 0.63 cumplen con la resistencia a la compresión establecida, cabe destacar que estas relaciones son las más altas, y logran cumplir debido a que por la gran cantidad de arena fina que este banco tiene, necesita más agua, para no generar tantas fisuras al mortero una vez que el agua absorbida se haya evaporado.

-Los resultados a la compresión obtenidos fueron satisfactorios en los diseños con arena Motastepe y Miraflores, cumpliendo en 100% la resistencia de diseño.

-En cambio el agregado fino del banco de los Martínez, no logro cumplir con la resistencia a la compresión requerida para mezclas de mortero y concreto.

6.2. Recomendaciones

- Se recomienda el uso de los agregados finos procedentes del banco Motastepe y Miraflores con agregados gruesos del banco Proinco para la elaboración de mezclas de mortero y concreto.
- Se recomienda el uso del agregado fino del banco los martinez, en mezclas de mortero y concreto con resistencias menores a las diseñadas.
- Realizar de forma correcta los procedimientos indicados en las normas ASTM antes mencionadas. De forma que los resultados sean confiables.
- Se recomienda verificar que la fecha de empaque del cemento a utilizar sea lo más reciente posible y no sobrepase los 3 meses (Sello al costado de la bolsa), debido a que luego de este lapso de tiempo las propiedades físicas y mecánicas pueden variar.
- Aplicar factores de corrección a las cantidades de agua obtenidas con el diseño ACI con el fin de obtener el revenimiento esperado.
- Realizar cabeceado de especímenes de mortero y concreto, con el fin de obtener datos de compresión mas precisos, dado que una mal formación del espécimen puede afectar el ensayo.

Bibliografía.

- Cañas, José Simeón. Análisis de tamaño de partículas por tamizado en agregado fino y grueso y determinación de material fino que el tamiz No. 200 (75 μ m) en agregado mineral lavado, UCA.
- Cañas, José Simeón. Impurezas orgánicas en las arenas, UCA
- Ing. Martínez Nieto Axel Francisco. Guías cortas para los estudiantes, materiales de construcción.
- Ingenieros Blanco Rodríguez, Marvin e Matus Iazo, Iván. Guías de laboratorio de materiales de construcción, UNI.
- Navarro, Mata, Pamela. (2011) Análisis y evaluación comparativa entre los morteros fabricados en sitio e industrializados, para la empresa PEDREGAL.
- Norma Técnica Guatemalteca, NTG – 41007.
- *Normas ASTM (American Society for Testing and Materials).*
- Nueva cartilla de la construcción, (2011), MTI

Capitulo VII: Anexos

7.1 Visitas a bancos de agregado fino y grueso

Ilustración A - 1 Banco de agregado fino Miraflores



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Ilustración A - 2 Banco de agregado fino Motastepe



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Ilustración A - 3 Banco de agregado fino los Martínez



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Ilustración A - 4 Banco de agregado grueso PROINCO S.A



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

7.2 Ensayos de laboratorio y resultados de compresión

Ilustración A - 5 Determinación de muestras de agregados a tamaños de ensayos ASTM C - 702



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Ilustración A - 6 Determinación del contenido de humedad de los agregados ASTM C - 566



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Ilustración A - 7 Determinación de la gravedad específica y porcentaje de absorción del agregado fino ASTM C - 128



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Ilustración A - 8 Determinación d la gravedad específica y porcentaje de absorción del agregado grueso ASTM C – 127



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Ilustración A - 9 Determinación de los pesos unitarios seco sueltos y seco compacto de los agregados gruesos y finos ASTM C - 29



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Ilustración A - 10 Determinación del análisis granulométrico de los agregados ASTM C - 136



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Ilustración A - 11 Determinación a la resistencia al desgaste por cargas abrasivas, método de la máquina de los ángeles del agregado grueso ASTM C – 131



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Ilustración A - 12 Determinación de las impurezas orgánicas en el agregado fino para mezclas de concreto ASTM C – 40



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Ilustración A - 13 Determinación de la consistencia normal de pastas de cemento hidráulico ASTM C - 187



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Ilustración A - 14 Determinación del tiempo de fraguado del cemento por el método de la aguja de Vicat ASTM C - 191



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Ilustración A - 15 Elaboración de mezclas de mortero y concreto



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Ilustración A - 16 Revenimiento del concreto



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Ilustración A - 17 Especímenes de mortero y concreto



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Ilustración A - 18 Ensayos a compresión del mortero y concreto



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Ilustración A - 19 Especificaciones del cemento CANAL

Especificaciones para cemento CANAL Norma NTON 12006 - 11 Tipo GU Equivalente a ASTM C 1157 - 03 Tipo GU	
Requerimientos Físicos	
Expansión máx. por autoclave	0.08
Resistencia a compresión:	
1 Día, PSI	
3 Día, PSI	1450
7 Día, PSI	2465
28 Día, PSI	3625
Tiempos de fraguados:	
Fraguado inicial, minutos	45
Fraguado final, minutos	420
Falso fraguado, %	50

FUENTE: CEMENTO CANAL

7.3 Resistencias a compresión de mortero y concreto

Tabla A - 1 Resistencias a compresión de mortero

CUBOS DE 2 PULG X 2 PULG BANCO DE MOTASTEPE									
Relación a/c	Fecha de Elaboración	Fecha de Ruptura	Días de Curado	Lado 1 (cm)	Lado 2 (cm)	Area (cm ²)	Carga (kgf)	Resistencia a la Compresión (Kgf/cm ²)	Promedio de la resistencia a Compresión (Kgf/cm ²)
0.59	8/4/2021	12/4/2021	3	5.08	5.08	25.81	2785.06	107.91	110.25
	8/4/2021	12/4/2021		5.08	5.08	25.81	2508.37	97.19	
	8/4/2021	12/4/2021		5.08	5.08	25.81	3243.19	125.66	
	8/4/2021	15/4/2021	7	5.08	5.08	25.81	4005.22	155.18	122.02
	8/4/2021	15/4/2021		5.08	5.08	25.81	2571.87	99.65	
	8/4/2021	15/4/2021		5.08	5.08	25.81	2871.24	111.25	
	8/4/2021	6/5/2021	28	5.08	5.08	25.81	6581.63	255.00	286.29
	8/4/2021	6/5/2021		5.08	5.08	25.81	7556.85	292.79	
	8/4/2021	6/5/2021		5.08	5.08	25.81	8028.59	311.07	
0.61	8/4/2021	12/4/2021	3	5.08	5.08	25.81	2544.65	98.59	91.33
	8/4/2021	12/4/2021		5.08	5.08	25.81	2639.91	102.28	
	8/4/2021	12/4/2021		5.08	5.08	25.81	1886.94	73.11	
	8/4/2021	15/4/2021	7	5.08	5.08	25.81	3755.74	145.51	148.80
	8/4/2021	15/4/2021		5.08	5.08	25.81	3837.39	148.68	
	8/4/2021	15/4/2021		5.08	5.08	25.81	3928.11	152.19	
	8/4/2021	6/5/2021	28	5.08	5.08	25.81	7438.92	288.22	285.06
	8/4/2021	6/5/2021		5.08	5.08	25.81	7193.98	278.73	
	8/4/2021	6/5/2021		5.08	5.08	25.81	7438.92	288.22	
0.63	9/4/2021	12/4/2021	3	5.08	5.08	25.81	2267.96	87.87	88.98
	9/4/2021	12/4/2021		5.08	5.08	25.81	2304.25	89.28	
	9/4/2021	12/4/2021		5.08	5.08	25.81	2317.86	89.80	
	9/4/2021	16/4/2021	7	5.08	5.08	25.81	2526.51	97.89	118.98
	9/4/2021	16/4/2021		5.08	5.08	25.81	3311.22	128.29	
	9/4/2021	16/4/2021		5.08	5.08	25.81	3374.73	130.75	
	9/4/2021	7/5/2021	28	5.08	5.08	25.81	6985.32	270.64	256.23
	9/4/2021	7/5/2021		5.08	5.08	25.81	6332.15	245.34	
	9/4/2021	7/5/2021		5.08	5.08	25.81	6522.66	252.72	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla A - 2 Resistencias a compresión de mortero

CUBOS DE 2 PULG X 2 PULG BANCO DE MIRAFLORES									
Relación a/c	Fecha de Elaboración	Fecha de Ruptura	Días de Curado	Lado 1 (cm)	Lado 2 (cm)	Area (cm ²)	Carga (kgf)	Resistencia a la Compresión (Kgf/cm ²)	Promedio de la resistencia a Compresión (Kgf/cm ²)
0.59	16/4/2021	19/4/2021	3	5.08	5.08	25.81	2077.45	80.49	100.58
	16/4/2021	19/4/2021		5.08	5.08	25.81	2766.91	107.20	
	16/4/2021	19/4/2021		5.08	5.08	25.81	2943.81	114.06	
	16/4/2021	23/4/221	7	5.08	5.08	25.81	2785.06	107.91	107.84
	16/4/2021	23/4/2021		5.08	5.08	25.81	2295.18	88.93	
	16/4/2021	23/4/2021		5.08	5.08	25.81	3270.1	126.70	
	16/4/2021	14/5/2021	28	5.08	5.08	25.81	3551.63	137.61	149.79
	16/4/2021	14/5/2021		5.08	5.08	25.81	3928.11	152.19	
16/4/2021	14/5/2021	5.08		5.08	25.81	4118.62	159.57		
0.61	12/4/2021	15/4/2021	3	5.08	5.08	25.81	1623.86	62.92	65.67
	12/4/2021	15/4/2021		5.08	5.08	25.81	1954.98	75.75	
	12/4/2021	15/4/2021		5.08	5.08	25.81	1505.93	58.35	
	12/4/2021	19/4/2021	7	5.08	5.08	25.81	3914.5	151.67	148.80
	12/4/2021	19/4/2021		5.08	5.08	25.81	3733.07	144.64	
	12/4/2021	19/4/2021		5.08	5.08	25.81	3873.68	150.08	
	12/4/2021	10/5/2021	28	5.08	5.08	25.81	4867.05	188.57	211.36
	12/4/2021	10/5/2021		5.08	5.08	25.81	6087.21	235.85	
12/4/2021	10/5/2021	5.08		5.08	25.81	5411.36	209.66		
0.63	12/4/2021	15/4/2021	3	5.08	5.08	25.81	1102.23	42.71	48.97
	12/4/2021	15/4/2021		5.08	5.08	25.81	1628.4	63.09	
	12/4/2021	15/4/2021		5.08	5.08	25.81	1061.41	41.12	
	12/4/2021	19/4/2021	7	5.08	5.08	25.81	3206.9	124.25	124.13
	12/4/2021	19/4/2021		5.08	5.08	25.81	3220.51	124.78	
	12/4/2021	19/4/2021		5.08	5.08	25.81	3184.22	123.37	
	12/4/2021	10/5/2021	28	5.08	5.08	25.81	4685.61	181.54	186.23
	12/4/2021	10/5/2021		5.08	5.08	25.81	4862.51	188.40	
12/4/2021	10/5/2021	5.08		5.08	25.81	4871.58	188.75		

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla A - 3 Resistencias a compresión de mortero

CUBOS DE 2 PULG X 2 PULG BANCO DE LOS MARTINEZ									
Relación a/c	Fecha de Elaboración	Fecha de Ruptura	Días de Curado	Lado 1 (cm)	Lado 2 (cm)	Area (cm ²)	Carga (kgf)	Resistencia a la Compresión (Kgf/cm ²)	Promedio de la resistencia a Compresión (Kgf/cm ²)
0.59	15/4/2021	19/4/2021	3	5.08	5.08	25.81	1646.54	63.79	78.56
	15/4/2021	19/4/2021		5.08	5.08	25.81	2208.99	85.59	
	15/4/2021	19/4/2021		5.08	5.08	25.81	2227.14	86.29	
	15/4/2021	22/4/2021	7	5.08	5.08	25.81	2390.43	92.62	100.76
	15/4/2021	22/4/2021		5.08	5.08	25.81	2585.48	100.17	
	15/4/2021	22/4/2021		5.08	5.08	25.81	2825.88	109.49	
	15/4/2021	13/5/2021	28	5.08	5.08	25.81	3293.081	127.59	126.07
	15/4/2021	13/5/2021		5.08	5.08	25.81	3411.02	132.16	
15/4/2021	13/5/2021	5.08		5.08	25.81	3057.21	118.45		
0.61	15/4/2021	19/4/2021	3	5.08	5.08	25.81	2567.33	99.47	99.76
	15/4/2021	19/4/2021		5.08	5.08	25.81	2603.62	100.88	
	15/4/2021	19/4/2021		5.08	5.08	25.81	2553.73	98.94	
	15/4/2021	22/4/2021	7	5.08	5.08	25.81	2821.34	109.31	109.78
	15/4/2021	22/4/2021		5.08	5.08	25.81	2966.49	114.94	
	15/4/2021	22/4/2021		5.08	5.08	25.81	2712.48	105.09	
	15/4/2021	13/5/2021	28	5.08	5.08	25.81	3764.82	145.87	163.09
	15/4/2021	13/5/2021		5.08	5.08	25.81	3587.92	139.01	
15/4/2021	13/5/2021	5.08		5.08	25.81	5275.28	204.39		
0.63	15/4/2021	19/4/2021	3	5.08	5.08	25.81	1850.66	71.70	71.59
	15/4/2021	19/4/2021		5.08	5.08	25.81	1850.66	71.70	
	15/4/2021	19/4/2021		5.08	5.08	25.81	1841.59	71.35	
	15/4/2021	22/4/2021	7	5.08	5.08	25.81	2140.96	82.95	83.89
	15/4/2021	22/4/2021		5.08	5.08	25.81	2204.46	85.41	
	15/4/2021	22/4/2021		5.08	5.08	25.81	2150.03	83.30	
	15/4/2021	13/5/2021	28	5.08	5.08	25.81	3796.57	147.10	129.82
	15/4/2021	13/5/2021		5.08	5.08	25.81	2966.49	114.94	
	15/4/2021	13/5/2021		5.08	5.08	25.81	3288.54	127.41	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla A - 4 Resistencias a compresión de concreto

Cilindros de concreto con agregado fino del banco Motastepe							
Cilindro No.	Longitud (cm)	Diámetro (cm)	Carga (Kg)	Carga (Lb)	Día de fabricación	Día de ensayo	Edad
1	30	15	18,209.09	40,060	26/4/2021	29/4/2021	3
2	30	15	18,754.55	41,260	26/4/2021	29/4/2021	
3	30	15	23,777.27	52,310	26/4/2021	3/5/2021	7
4	30	15	24,331.82	53,530	26/4/2021	3/5/2021	
5	30	15	39,445.45	86,780	26/4/2021	24/5/2021	28
6	30	15	39,586.36	87,090	26/4/2021	24/5/2021	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla A - 5 Resistencias a compresión de concreto

Cilindros de concreto con agregado fino del banco Miraflores							
Cilindro No.	Longitud (cm)	Diámetro (cm)	Carga (Kg)	Carga (Lb)	Día de fabricación	Día de ensayo	Edad
1	30	15	18,431.82	40,550	6/5/2021	10/5/2021	3
2	30	15	13,822.73	30,410	6/5/2021	10/5/2021	
3	30	15	18,818.18	41,400	6/5/2021	13/5/2021	7
4	30	15	16,504.55	36,310	6/5/2021	13/5/2021	
5	30	15	38,872.73	85,520	6/5/2021	3/6/2021	28
6	30	15	38,318.18	84,300	6/5/2021	3/6/2021	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla A - 6 Resistencias a compresión de concreto

Cilindros de concreto con agregado fino del banco Los Martínez							
Cilindro No.	Longitud (cm)	diámetro (cm)	Carga (Kg)	Carga (Lb)	Día de fabricación	Día de ensayo	Edad
1	30	15	13,200.00	29,040	7/5/2021	10/5/2021	3
2	30	15	12,509.09	27,520	7/5/2021	10/5/2021	
3	30	15	19,240.91	42,330	7/5/2021	14/5/2021	7
4	30	15	19,800.00	43,560	7/5/2021	14/5/2021	
5	30	15	28,904.55	63,590	7/5/2021	4/6/2021	28
6	30	15	32,918.18	72,420	7/5/2021	4/6/2021	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

7.4 Áreas y coordenadas de los bancos en estudio

Tabla A - 7 Area y coordenadas del banco de Motastepe

Vertices	Lado	Distancia	Coordenadas	
			Este	Norte
A	A-B	676.19	795.7432	1550.2503
B	B-C	1160.75	1407.5563	1262.3076
C	C-D	852.87	1157.737	128.7596
D	D-E	590.64	306.6465	73.6528
E	E-F	716.06	57.8584	609.3386
F	F-A	482.2	529.1005	1148.4852
Area total	-	1289505.79	-	-

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla A - 8 Area y coordenadas del banco de Miraflores

Vertices	Lado	Distancia	Coordenadas	
			Este	Norte
A	A-B	267.07	406480.3255	1717397.383
B	B-C	372.19	406716.5511	1717272.782
C	C-D	255.04	406588.238	1716923.407
D	D-A	399.02	406352.0124	1717019.559
Area total	-	100054.33	-	-

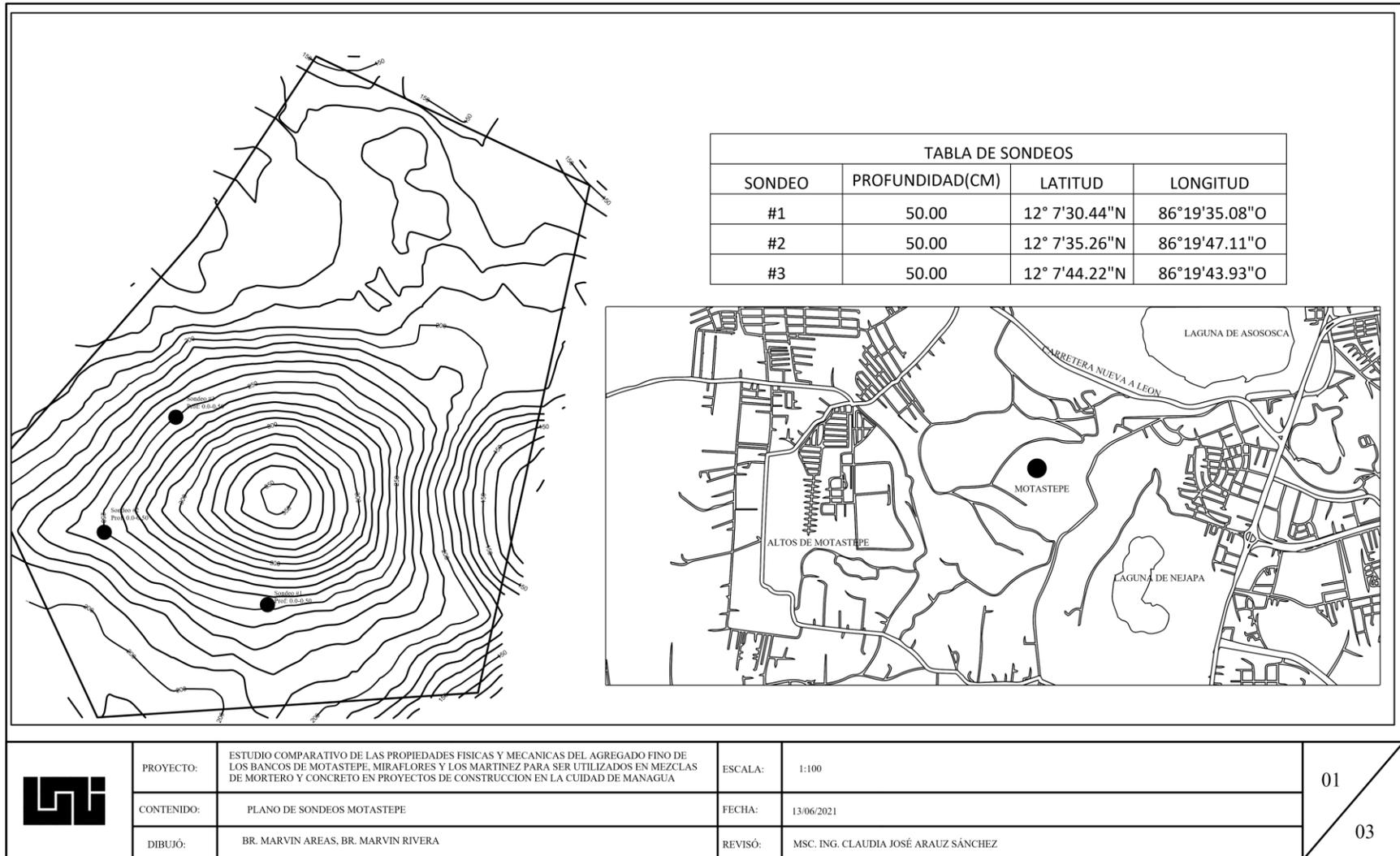
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla A - 9 Area y coordenada del banco los Martínez

Vertice	Lado	Distancia	Coordenadas	
			Este	Norte
A	A-B	301.83	408620.4793	1714703.9593
B	B-C	314.43	408922.3072	1714703.9593
C	C-D	301.43	408923.3839	1714389.5331
D	D-A	314.43	408621.5559	1714389.5331
Area total	-	94902.62	-	-

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

7.5 Planos de los bancos en estudio



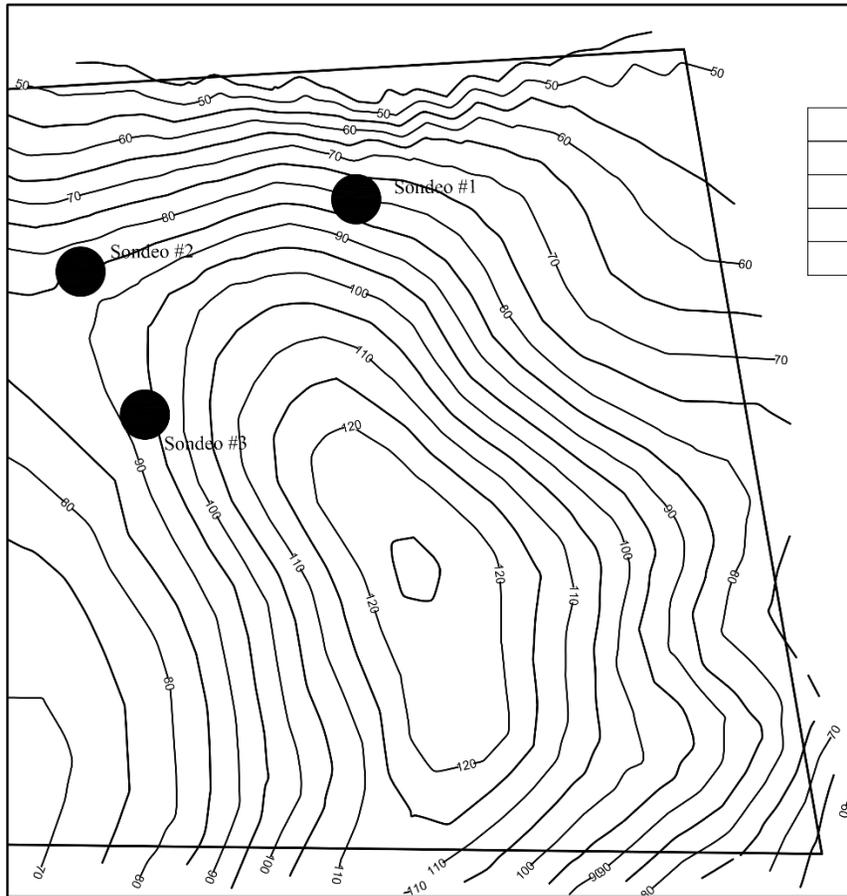
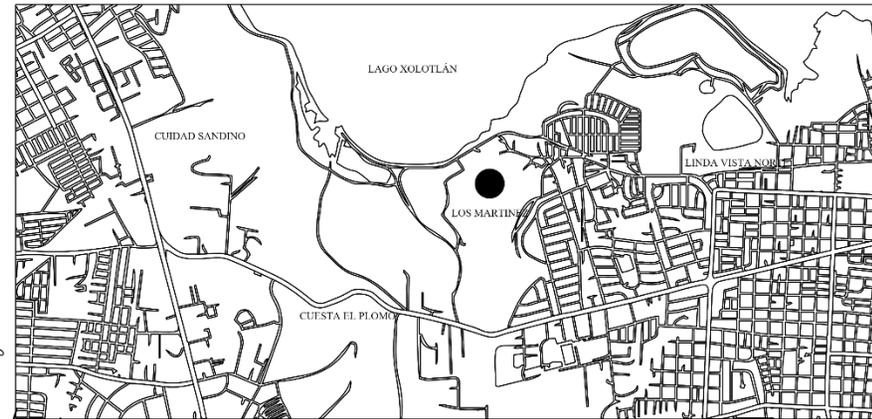


TABLA DE SONDEOS			
SONDEO	PROFUNDIDAD(CM)	LATITUD	LONGITUD
#1	50.00	12° 9'36.24"N	86°19'5.33"O
#2	50.00	12° 9'33.09"N	86°19'12.02"O
#3	50.00	12° 9'29.18"N	86°19'13.88"O



	PROYECTO:	ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL AGREGADO FINO DE LOS BANCOS DE MOTASTEPE, MIRAFLORES Y LOS MARTINEZ PARA SER UTILIZADOS EN MEZCLAS DE MORTERO Y CONCRETO EN PROYECTOS DE CONSTRUCCION EN LA CUIDAD DE MANAGUA	ESCALA:	1:100	02 03
	CONTENIDO:	PLANO DE SONDEOS LOS MARTINEZ	FECHA:	13/06/2021	
	DIBUJÓ:	BR. MARVIN AREAS, BR. MARVIN RIVERA	REVISÓ:	MSC. ING. CLAUDIA JOSÉ ARAUZ SÁNCHEZ	

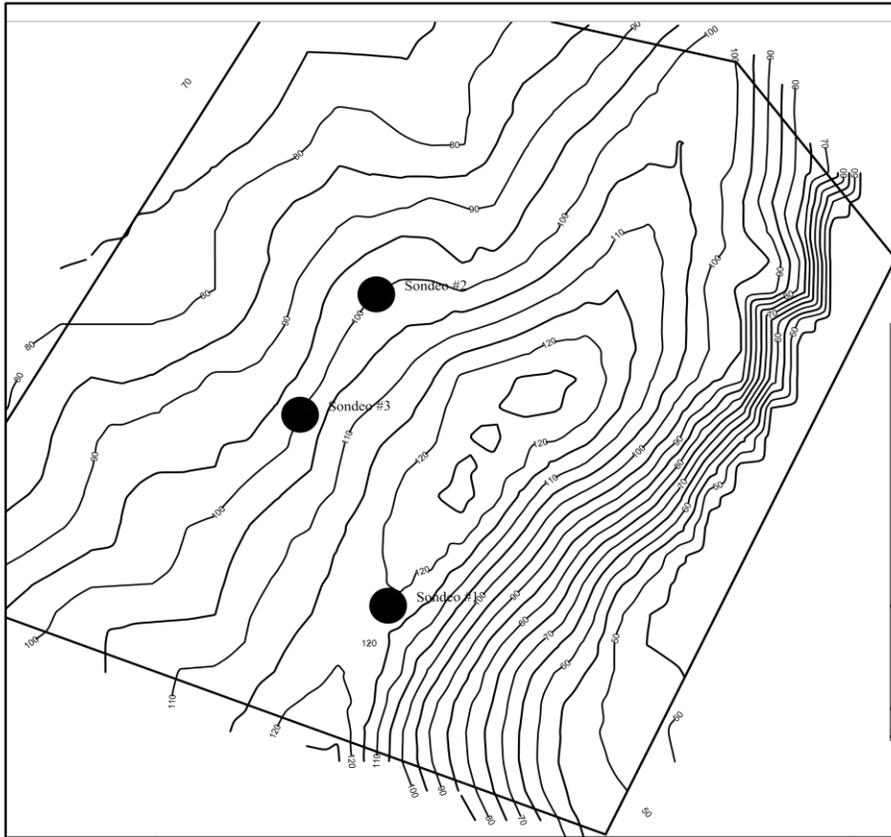
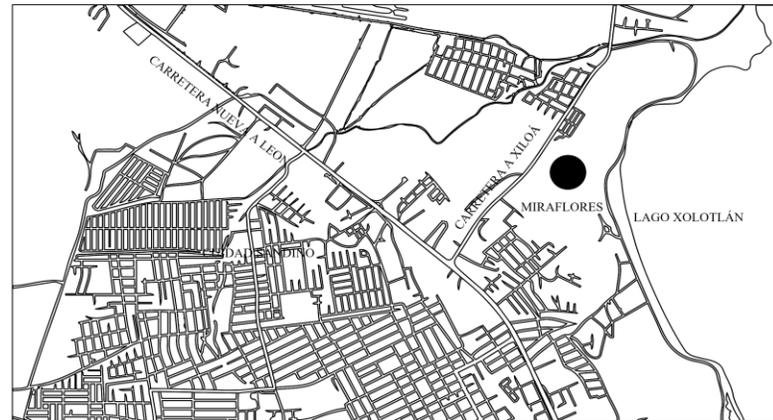


TABLA DE SONDEOS			
SONDEO	PROFUNDIDAD(CM)	LATITUD	LONGITUD
#1	50.00	12°10'46.58"N	86°20'18.29"O
#2	50.00	12°10'48.86"N	86°20'20.81"O
#3	50.00	12°10'52.88"N	86°20'18.69"O



	PROYECTO: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL AGREGADO FINO DE LOS BANCOS DE MOTASTEPE, MIRAFLORES Y LOS MARTINEZ PARA SER UTILIZADOS EN MEZCLAS DE MORTERO Y CONCRETO EN PROYECTOS DE CONSTRUCCION EN LA CIUDAD DE MANAGUA	ESCALA: 1:100	03 <hr/> 03
	CONTENIDO: PLANO DE SONDEOS MIRAFLORES	FECHA: 13/06/2021	
	DIBUJÓ: BR. MARVIN AREAS, BR. MARVIN RIVERA	REVISÓ: MSC. ING. CLAUDIA JOSÉ ARAUZ SÁNCHEZ	