



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**“ESTUDIO Y REVISIÓN DE CONTROL DE CALIDAD DE BLOQUES DE
CONCRETO ELABORADOS EN 5 FABRICAS SEMI-INDUSTRIALES EN LA
CIUDAD DE MANAGUA”**

Para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por

Br. Julio Cesar Salazar Sequeira.
Br. Marvin Samuel Largaespada Obando.

Tutor

Ing. Silvia Lindo O’connors.

Managua, Noviembre 2021

Dedicatoria.

Br Julio Cesar Salazar Sequeira

Dedico este trabajo principalmente a Dios por haberme dado la oportunidad de culminar mi carrera, agradezco infinitamente cada una de las bendiciones que me ha dado. También a mis padres Julio Salazar y Martha Sequeira por haberme dado la vida, enseñarme, instruirme en mi camino y darme las herramientas necesarias para poder salir adelante con mucha sabiduría y amor.

A mi hermana Marjuly por haberme apoyado en todo momento y ante cualquier dificultad con la determinación y el coraje que solo tú tienes. A mi novia durante muchos años Ivonne Paiz siempre fuiste paciente y me apoyaste en mis momentos difíciles durante mi vida universitaria, me acompañaste en muchas de mis decisiones más importantes.

A mis tíos Danilo Salazar y Amanda Luna que en paz descanse, por cuidarme y recibirme durante mis años que estuve por Managua, les agradezco por todo y por aceptarme como un miembro más de su núcleo familiar.

Dedicatoria.

Br Marvin Samuel Largaespada

Agradezco a Dios primeramente por brindarme la sabiduría para poder avanzar en cada dificultad de la carrera y las bendiciones que me ha brindado cada día en que he vivido. A mi madre Iris por brindarme todo su apoyo incondicional y haberme guiado en buenas enseñanzas y darme lo necesario para ser alguien esta vida. A mi padre Marvin por brindarme siempre su fuerza de voluntad de jamás rendirse y siempre seguir adelante.

A mi hermano Salomón por apoyarme siempre cuando lo necesite sin importar la situación. A mis amigos Daniela, Ana, Jocabed,,Brian, Axel, Warner, Edwin, José, entre otros que considero como mis hermanos que han estado siempre en cualquier dificultad, también a ellos va dedicado este trabajo.

Y por último a mis abuelos Abraham y Socorro, que en paz descansen, que fueron una luz guía en momentos difíciles y que siempre estaré eternamente agradecido.

Agradecimiento Especial

Agradecemos a todos los profesores de la Universidad Nacional de Ingeniería que sirvieron de guía en nuestro camino brindándonos todo el conocimiento posible, principalmente al Ingeniero Luis Manuel Padilla que con su manera de enseñar fue una fuente de inspiración para nosotros y también a nuestra tutora la Ingeniera Silvia Lindo O'connors quien fue alguien clave en el desarrollo de este trabajo monográfico ya que su asesoría y guía fue una ayuda incondicional para culminar esta tesis.

Resumen

Este trabajo investigativo busca estudiar los procesos productivos y analizar la calidad del producto terminado de 5 fábricas semi industriales en la ciudad de Managua, con el fin de brindar asesoramiento e impulsar a una mejora en la calidad del sistema constructivo a base de mampostería.

En el Capítulo I se define los aspectos teóricos del bloque así también las propiedades que lo componen, los tipos de fábricas existentes y se detalla con exactitud los procesos a investigar.

En el Capítulo II se detalla el muestreo de las fábricas, su ubicación por coordenadas, su respectiva visita y detallamiento del proceso productivo que realizan, la caracterización de los agregados a utilizarse en la mezcla de mortero. También el análisis de los respectivos ensayos tanto a los agregados como a los bloques que se muestrearon en cada fábrica.

En el Capítulo III se trata del diseño de mezclas de morteros para cubos de 2x2 pulgadas, del cual se obtiene la dosificación óptima para la fabricación de bloques con la resistencia solicitada en la NTON 12 008-16.

En el Capítulo IV se centra en el diseño de mezcla y la fabricación de bloques de mortero propuestos como solución a la problemática presentada en las fábricas. También aborda los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio de las muestras fabricadas.

En el Capítulo V se aborda la comparativa de resultados de las fábricas visitadas como del diseño propuesto respecto a la NTON 12 008-16.

En el Capítulo VI se presentan las conclusiones y respectivas recomendaciones a los dueños de cada fábrica.

Índice

Capítulo I: Aspectos generales.....	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Antecedentes	2
1.3 Justificación.....	4
1.4 Objetivos	6
1.5 Marco Teórico	7
1.6 Marco Metodológico	16
Capítulo II: Análisis y Muestreo de las Fábricas Semi-industriales en la ciudad de Managua.	23
2.1 Selección de las fábricas.....	24
2.2 Muestreo de las fábricas	24
2.3 Propiedades de los materiales	40
2.4 Determinación de las propiedades de los bloques de mortero.....	73
2.4.4 Absorción de las piezas de mampostería.....	76
Capítulo III: Diseño de mezclas de mortero.....	84
3.1 Diseño de mezcla.....	85
3.2 Elaboración de cubos de mortero.....	88
3.3 Resultados de resistencia a la compresión de los cubos de mortero.....	91
Capítulo IV: Diseños y Fabricación de bloques de mortero como propuesta	94
4.1 Cálculo para el diseño del bloque proporción 1:3	98
4.2 Calculo para el diseño del bloque proporción 1:4	100
4.3 Determinación de las propiedades de los bloques de mortero.....	102
4.4 Dimensiones de las piezas de los bloques diseñados	103
4.5 Determinación del área neta de los bloques	104
4.6 Absorción de los bloques diseñados	105
4.7 Prueba de resistencia a la compresión en los bloques	106
Capítulo V: Resultados y Comparaciones	109
5.1 Dimensiones de los bloques	110
5.2 Resistencia a la compresión	113
5.3 Absorción	116
Capítulo VI: Recomendaciones y Conclusiones	118
6.1 Conclusiones.....	119

6.2 Recomendaciones.....	120
Bibliografía.....	124
Anexos	127

Índice de Tablas

Tabla 1 Tipos de cemento	9
Tabla 2 Dimensiones de fabricación provistas por la norma nacional.	10
Tabla 3 Resistencia a la compresión mínima brindada por la norma nacional ...	12
Tabla 4 Determinación de la muestra según tamaño del lote.....	21
Tabla 5 Datos de las fábricas visitadas	25
Tabla 6 Cálculo de humedad de los materiales analizados.....	41
Tabla 7 Peso Volumétrico Seco Suelto de la Arena Bloquera N-1	43
Tabla 8 Peso Volumétrico Seco Suelto del material cero Bloquera N-1.....	43
Tabla 9 Peso Volumétrico Seco Suelto de la Arena Bloquera N-2.....	44
Tabla 10 Peso Volumétrico Seco Suelto del material cero Bloquera N-2.....	44
Tabla 11 Peso Volumétrico Seco Suelto de la Arena Bloquera N-3.....	44
Tabla 12 Peso Volumétrico Seco Suelto del material cero Bloquera N-3.....	45
Tabla 13 Peso Volumétrico Seco Suelto de la Arena Bloquera N-4.....	45
Tabla 14 Peso Volumétrico Seco Suelto del material cero Bloquera N-4.....	45
Tabla 15 Peso Volumétrico Seco Suelto de la Arena Bloquera N-5.....	46
Tabla 16 Peso Volumétrico Seco Suelto del material cero Bloquera N-5.....	46
Tabla 17 Peso Volumétrico Seco Compacto de la Arena Bloquera N-1.....	48
Tabla 18 Peso Volumétrico Seco Compacto del material cero Bloquera N-1.....	48
Tabla 19 Peso Volumétrico Seco Compacto de la Arena Bloquera N-2.....	48
Tabla 20 Peso Volumétrico Seco Compacto del material cero Bloquera N-2.....	49
Tabla 21 Peso Volumétrico Seco Compacto de la Arena Bloquera N-3.....	49
Tabla 22 Peso Volumétrico Seco Compacto del material cero Bloquera N-3.....	49
Tabla 23 Peso Volumétrico Seco Compacto de la Arena Bloquera N-4.....	50
Tabla 24 Peso Volumétrico Seco Compacto del material cero Bloquera N-4.....	50
Tabla 25 Peso Volumétrico Seco Compacto de la Arena Bloquera N-5.....	50
Tabla 26 Peso Volumétrico Seco Compacto del material cero Bloquera N-5.....	51
Tabla 27 Gravedad Específica y Absorción Arena Bloquera N-1	54
Tabla 28 Gravedad Específica y Absorción Material Cero Bloquera N-1	54
Tabla 29 Gravedad Específica y Absorción Arena Bloquera N-2	55
Tabla 30 Gravedad Específica y Absorción Material Cero Bloquera N-2	55
Tabla 31 Gravedad Específica y Absorción Arena Bloquera N-3	56
Tabla 32 Gravedad Específica y Absorción Material Cero Bloquera N-3	56

Tabla 33 Gravedad Específica y Absorción Arena Bloquera N-4	57
Tabla 34 Gravedad Específica y Absorción Material Cero Bloquera N-4	57
Tabla 35 Gravedad Específica y Absorción Arena Bloquera N-5	58
Tabla 36 Gravedad Específica y Absorción Material Cero Bloquera N-5	58
Tabla 37 Tamaño de la abertura para tamices de graduación fina.....	59
Tabla 38 Tamaño de la abertura para tamices de graduación gruesa	60
Tabla 39 Análisis Granulométrico Arena Bloquera N-1	61
Tabla 40 Análisis Granulométrico Material Cero Bloquera N-1	62
Tabla 41 Análisis Granulométrico Arena Bloquera N-2	63
Tabla 42 Análisis Granulométrico Material Cero Bloquera N-2	64
Tabla 43 Análisis Granulométrico Arena Bloquera N-3	65
Tabla 44 Análisis Granulométrico Material Cero Bloquera N-3	66
Tabla 45 Análisis Granulométrico Arena Bloquera N-4	67
Tabla 46 Análisis Granulométrico Material Cero Bloquera N-4	68
Tabla 47 Análisis Granulométrico Arena Bloquera N-5	69
Tabla 48 Análisis Granulométrico Material Cero Bloquera N-5	70
Tabla 49 Volúmenes de las piezas de mampostería	74
Tabla 50 Dimensiones promedio de los bloques de mortero.....	75
Tabla 51 Determinación del área neta de los bloques de mortero	76
Tabla 52 Absorción de los bloques.....	77
Tabla 53 Resistencia a la compresión Bloques N-1	78
Tabla 54 Resistencia a la compresión Bloques N-2	79
Tabla 55 Resistencia a la compresión Bloques N-3	80
Tabla 56 Resistencia a la compresión Bloques N-4	81
Tabla 57 Resistencia a la compresión Bloques N-5	82
Tabla 58 Resistencia a la compresión promedio	83
Tabla 59 Datos a utilizar en el diseño de cubos de mortero.....	85
Tabla 60 Resultados del diseño para cubos R a/c 0.40	91
Tabla 61 Resultados del diseño para cubos R a/c 0.50	91
Tabla 62 Resultados de resistencia para la R a/c 0.40	91
Tabla 63 Resultados de resistencia para la R a/c 0.50	92
Tabla 64 Datos para diseño de mezcla de bloques Proporción 1:3.....	98
Tabla 65 Datos para diseño de mezcla de bloques Proporción 1:4.....	100

Tabla 66 Resultados del diseño de mezcla de bloques proporción 1:3.....	102
Tabla 67 Resultados del diseño de mezcla de bloques proporción 1:4.....	102
Tabla 68 Volúmenes de los bloques diseñados	103
Tabla 69 Dimensiones promedio de los bloques diseñados.....	104
Tabla 70 Determinación del área neta de los bloques fabricados	105
Tabla 71 Absorción de los bloques proporción 1:3.....	105
Tabla 72 Absorción de los bloques proporción 1:4.....	105
Tabla 73 Resistencia a la compresión de los bloques diseñados.....	106
Tabla 74 Resistencia a la compresión de los bloques diseñados.....	106
Tabla 75 Resistencia promedio de los bloques diseñados	107
Tabla 76 Tabla resumen de longitud de bloques de las fábricas.....	111
Tabla 77 Tabla resumen de altura de bloques de las fábricas	111
Tabla 78 Tabla resumen de ancho de bloques de las fábricas	111
Tabla 79 Tabla resumen de la longitud de los bloques diseñados	112
Tabla 80 Resumen de la altura de los bloques diseñado	112
Tabla 81 Resumen del ancho de los bloques diseñados	112

Tabla de Figuras

Figura 1. Tipos de Cementos utilizados en Nicaragua	8
Figura 2 Vistas aéreas y de perfil de un bloque de concreto/mortero.....	11
Figura 3 Ensayo de Resistencia a la compresión.....	12
Figura 4 Mezclado en trompo mecánico.....	14
Figura 5 Curado de los bloques a la intemperie	15
Figura 6 Mapa de coordenadas de las fábricas.....	26
Figura 7 Mapa de Coordenadas de las Fábricas #2.....	26
Figura 8 Almacenamiento del cemento Bloquera N-1	27
Figura 9 Mezcla en seco Bloquera N-1	28
Desencofre y Fraguado del bloque.....	29
Figura 10 Produccion diaria Bloquera N-1.....	30
Figura 11 Curado del bloque Bloquera N-1	30
Figura 12 Detallado de la maquinaria Bloquera N-2.....	32
Figura 13 Desencofre del bloque Bloquera N-2.....	33
Figura 14 Mezcla húmeda Bloquera N-3	35
Figura 15 Producción diaria y área de fraguado Bloquera N-3.....	36
Figura 16 Producción diaria bloquera N-4	38
Figura 17 Almacenamiento del cemento Bloquera N-5	39
Figura 18 Almacenamiento y curado Bloquera N-5.....	40
Figura 19 Llenado del molde para obtener el PVSS.....	42
Figura 20 Llenado del molde Peso Volumétrico Seco Compacto.....	47
Figura 21 Secado del Material Saturado Superficialmente Seco.....	51
Figura 22 Llenado del picnómetro	52
Figura 23 Determinación del volumen de los bloques	73
Figura 25 Cubos de mortero R a/c 0.4	89
Figura 26 Cubos de mortero R a/c 0.5	90
Figura 27 Prueba de Resistencia a los cubos de mortero.	90
Figura 28 Mezcla del diseño propuesto.....	97

Índice de gráficos

Gráfico 1 Curva Granulométrica Arena N-1	62
Gráfico 2 Curva Granulométrica Material Cero N-1	63
Gráfico 3 Curva Granulométrica Arena N-2.....	64
Gráfico 4 Curva Granulométrica Material Cero N-2.....	65
Gráfico 5 Curva Granulométrica Arena N-3.....	66
Gráfico 6 Curva Granulométrica Material Cero N-3.....	67
Gráfico 7 Curva Granulométrica Arena N-4.....	68
Gráfico 8 Curva Granulométrica Material Cero N-4.....	69
Gráfico 9 Curva Granulométrica Arena N-5.....	70
Gráfico 10 Curva Granulométrica Material Cero N-5.....	71
Gráfico 11 Resistencia a la compresión Bloquera N-1	78
Gráfico 12 Resistencia a la compresión Bloquera N-2	79
Gráfico 13 Resistencia a la compresión Bloquera N-3	80
Gráfico 14 Resistencia a la compresión Bloquera N-4	81
Gráfico 15 Resistencia a la compresión Bloquera N-5	82
Gráfico 16 Resistencia a la compresión r a/c 0.40	92
Gráfico 17 Resistencia a la compresión r a/c 0.50	93
Gráfico 18 Resistencia a la compresión proporción 1:3	107
Gráfico 19 Resistencia a la compresión proporción 1:4	108
Gráfico 20 Resistencia a la compresión de piezas individuales de las bloqueras	114
Gráfico 21 Resistencia a la compresión promedio de las bloqueras	115
Gráfico 22 Resistencia a la compresión de piezas individuales de los bloques diseñados	115
Gráfico 23 Resistencia a la compresión promedio de los bloques diseñados ..	116
Gráfico 24 Absorción de los bloques en las fabricas	117
Gráfico 25 Absorción de los bloques diseñados.....	117

Capítulo I: Aspectos generales

1.1 Introducción

En nuestro país, los bloques de concreto es uno de los materiales de construcción más usado y por lo tanto es uno de los materiales a los cuales se le ha dado más importancia a la hora de realizar estudios. Dado que en Nicaragua la mayoría de las viviendas y otras edificaciones son construidas con el sistema de mampostería confinada y en menor grado con mampostería reforzada.

Sin embargo, buena parte de los bloques que se están utilizando en Managua como en los departamentos para la construcción de sus viviendas no cumplen con lo dispuesto en la Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense (NTON 12 008-16) que nos indica en su sección 6.3 Tabla número 2 que la resistencia mínima para una pieza individual de un bloque de concreto es de 108 kg/cm^2 también se tiene que la mayoría de las bloqueras inspeccionadas por el M.T.I no cumplen con esta norma.

Por medio de esta investigación procedimos a analizar 5 fábricas semi-industriales, las cuales se estudiaron de manera cuidadosa desde la parte de como procesan la materia prima hasta la elaboración de los bloques.

Hay una variedad de formas en las que se puede dar una disminución de la resistencia a la compresión en las muestras. En la presente investigación se optó por determinar estas posibles causas y poder dar recomendaciones de mejora a un grupo de bloqueras seleccionadas.

1.2 Antecedentes

Los ladrillos han servido en función del tiempo como elementos estructurales para la construcción, de las cuales se puede nombrar los más usados tales como los ladrillos de arcilla y bloques de concreto. Según historiadores el primer bloque de concreto sólido se inventó en 1833 y dos décadas después se fabricó el bloque de concreto hueco todo esto gracias a los esfuerzos de los ingenieros ingleses.

Para el año de 1890, Harmon S. Palmer diseñó el primer bloque de concreto hueco en los Estados Unidos y 10 años más tarde fabricó una máquina que hacía bloques de concreto y la patentizó, no era la primera máquina fabricante de bloques, pero su práctico su diseño y su durabilidad ayudo a crecer la industria.

En el año de 1905, se contabilizaba que más de 1.500 empresas ya estaban fabricando blocks de hormigón tan solo en los Estados Unidos. En lado latinoamericano las fábricas empezaron a fundarse a casi finales de la década de 1900.

En nuestro país se empezaron aparecer de estas fábricas para la década de 1920, de ahí hasta 1972 no había una regulación estándar para los bloques elaborados. Ya hasta después del terremoto de 1972 que se empezaron a formular normativas las cuales controlarán los estándares de calidad de los materiales de construcción. Esta medida fue tomada por el MTI en respuesta a la gran destrucción y muerte causada por el sismo antes mencionado.

El MTI es el ente encargado de regular el control de calidad en las bloqueras que se clasifican en 3 tipos: Industriales, Semi-industriales y artesanales. Con el paso del tiempo las bloqueras Semi-industriales y artesanales han venido creciendo exponencial y preliminarmente solo se conocen indicios de una investigación estatal realizada en 2014.

Estas fábricas de pequeña y mediana escala son muy populares en los sectores de bajos recursos. Por lo tanto, esta investigación está comprometida para alcanzar una mejora en la calidad del producto a corto plazo.

En el año 2012 la UNI realizó un trabajo en conjunto al MTI y al JICA en el cual se ejecutó un proceso de muestreo de algunas bloqueras para conocer la cantidad de piezas de mampostería que podrían obtenerse de una bolsa de cemento y pruebas de resistencia a la compresión dando como resultado que no cumplían con las normativas vigentes en ese momento: RNC-07 y NTON 12 008-09. Los especialistas que realizaron esos ensayos pudieron percatarse de errores que podrían radicar tanto en una mala dosificación y/o un mal almacenamiento de la materia prima.

Citando esa investigación realizada por UNI afirmaban que estas fábricas se han incrementado de manera acelerada en los últimos años debido al aumento del sector construcción. Se hace constar que el MTI tenía en su base de datos 20 fábricas las cuales no cumplían con la resistencia mínima estipulada en el RNC-07.

Estudiantes de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN,2016) realizaron una comparativa de calidad de bloques de concreto en 2 puntos distintos de la Ciudad de Managua analizando las muestras obtenidas de las fábricas en el laboratorio de materiales. Arias, Navarro y Rodríguez llegaron a la conclusión de que no cumplían debido a que la resistencia de las piezas individuales apenas llegaba a 50 kg/cm^2

Al año siguiente estudiantes de la Universidad Centroamericana (UCA) los cuales hicieron una investigación fijada a las fábricas semi-industriales para evaluar si cumplían con la norma NTON 12 008-16. Ampie y Pérez concluyeron que el 94% de las bloqueras en estudio no cumplen con el artículo 6.3 de la norma. En promedio las fábricas con costo llegaban a la mitad de la resistencia a la compresión indicada en este artículo (108 kg/cm^2).

1.3 Justificación

Nicaragua es un país altamente sísmico y por consecuente se necesita establecer un control de calidad alto en cada uno de los componentes de la edificación, es de vital importancia impulsar el uso de materia prima de calidad y utilizar maquinaria de fabricación en buen estado, así proveemos al consumidor un producto de alta calidad.

Esto nos garantiza que ante posibles efectos adversos de la naturaleza las edificaciones tengan un comportamiento seguro y eficiente ante cualquier desastre natural. Esto provee al país de muchas ventajas, al tener una infraestructura más segura y confiable se minimiza el riesgo a los ciudadanos ante una eventual catástrofe, también se minimizan los costos de reparación y mantenimiento de las estructuras de una manera más eficiente y prolongada.

La mampostería ha tenido desarrollos importantes a través de la historia de la construcción y ofrece ventajas significativas, que a su vez deben tener un control de calidad con el fin de que la unión de cada pieza en conjunto pueda ser eficiente y logren los objetivos del sistema en edificaciones. Los bloques o unidades de mampostería se consideran dentro del sistema de mampostería, ya sea confinada o reforzada (Estructural).

El objetivo principal es concientizar a los productores de bloques a utilizar las normas establecidas para la fabricación y uso de los bloques de mampostería NTON 12 008 -16 (Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense).

Por consecuente no solo se trata de utilizar materia prima de calidad, se debe realizar las pruebas correspondientes a cada uno de los lotes producidos y terminados, con el fin de garantizar que el proceso de fabricación fue exitoso y seguro para utilizar.

Ya que en nuestro país el uso de mampostería de concreto es uno de los sistemas constructivos más utilizados y a la vez, uno de los que más seguridad, mano de obra y accesibilidad proporciona.

La eficiencia en un sistema de mampostería en edificaciones depende directamente de la calidad de los materiales, por lo cual seguir las normas que rigen los bloques o unidades de mampostería será de vital importancia para obtener durabilidad, resistencia y eficacia en la construcción.

El propósito es conocer el proceso de fabricación, identificar posibles fuentes de detrimento de resistencia y proponer mejoras a los fabricantes.

Al culminar con el estudio realizado los fabricantes tendrán a mano las sugerencias para elevar la calidad del producto final y a la vez que los usuarios logren obtener un producto más seguro, confiable, con el cual su dinero rendirá de una mejor forma.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Establecer estudio y revisión del control de calidad elaborado en 5 fábricas semi-industriales para lograr el más alto estándar de calidad en la producción de bloques de concreto según las normativas dadas por el MTI.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Conocer el proceso productivo de las distintas fábricas semi-industriales de bloques seleccionadas.
- Identificar las condiciones de la maquinaria utilizada.
- Analizar las materias primas que emplean en su proceso productivo.
- Realizar las pruebas pertinentes para el control de la calidad de los bloques.
- Establecer recomendaciones que aporten a la mejora de calidad de los bloques de acorde a la Norma NTON 12 008-16

1.5 Marco Teórico

Los bloques de concreto son piezas de mampostería las cuales se fabrican de manera global gracias a su buen funcionamiento estructural, podemos agregar que brindan una estructura segura de mayor duración a lo largo del tiempo. Otro factor es la demanda que producen debido que es un material de construcción económico los bloques de concreto tienen ciertas ventajas sobre otros tipos de bloques como los ladrillos de barro, esto se debe a que los bloques logran abarcar más área con menor número de piezas.

Existen una amplia gama de variedad de tipos de bloque tanto en forma, tamaño como resistencia a los esfuerzos, aquí en Nicaragua solo hay dos tipos de bloques de concreto:

Bloques Huecos: Es el más usado por la población nicaragüense.

Bloques Solidos: Es más común en construcciones de gran envergadura.

1.5.1 Bloques de Concreto

Los bloques de concreto serán el objeto principal de nuestra investigación por los cuales se explicarán algunos conceptos los cuales serán de mucha ayuda conocer. Citando a Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense (NTON) tanto de su edición 12 008-09 y 12 008-16 tendríamos que:

Bloque de Concreto: Es un cuerpo prismático sólido o con huecos, utilizado para conformar la mampostería, fabricados de cemento Pórtland o Modificado, agua y agregados minerales con o sin la inclusión de otros materiales

Bloques Solidos: Son los que presentan en su sección más desfavorable un área neta por lo menos del 75 % del área bruta y el espesor de sus paredes sea cuando menos igual a 2.5 cm.

Bloques huecos: Son los que presentan en su sección más desfavorable un área neta por lo menos del 50% del área bruta y el espesor de sus paredes sea cuando menos igual a 2.5 cm.

Área Neta: El área neta de los bloques será el área bruta excluyendo el área de las celdas, medidas en el plano perpendicular a la dirección de las cargas gravitacionales.

Área Bruta: El área bruta de los bloques será el área total incluyendo las celdas, medidas en el plano perpendicular a la dirección de las cargas gravitacionales.

1.5.2 Componentes de los Bloques de Concreto

Cemento:

El cemento es un material aglutinante que presenta propiedades de adherencia y cohesión, que permiten la unión de fragmentos minerales entre sí, formando un todo compacto. Su nombre se deriva de **caementum**, que en latín significa “argamasa”, y procede a su vez del verbo **caedere** (precipitar). Es considerado el conglomerante más importante en la actualidad. El cemento hidráulico es la mezcla de materiales calcáreos y arcillosos u otros materiales que contienen sílice, alúmina u óxidos de hierro, procesados generalmente en hornos rotatorios a altas temperaturas y mezclados con yeso.

Figura 1. Tipos de Cementos utilizados en Nicaragua



Fuente: www.cemexnicaragua.com

Este material tiene la propiedad de fraguar y endurecer en presencia del agua, presentándose un proceso de reacción química que se conoce como hidratación. Es mayormente empleado en la construcción, justamente por esa solidez que reviste como adherente y aglutinante.

Debe cumplir con la norma ASTM C-1157 y con las especificaciones descritas en la NTON 12 006 - 11 Fabricación, Uso y Manejo del Cemento, en su versión vigente.

Tabla 1 Tipos de cemento

Tipo GU	De uso general en construcción, Se emplean cuando no se requieren condiciones especiales
Tipo HE	De alta resistencia inicial o temprana.
Tipo MS	De moderada resistencia a los sulfatos.
Tipo HS	De alta resistencia a los sulfatos.
Tipo MH	De moderado calor de hidratación
Tipo LH	De bajo calor de hidratación.

Fuente: ASTM C -1157

Agregado Fino:

Se considera como agregado fino al material fino (Arena) la cual comprende desde el tamiz 3/8" hasta la N° 100 y esta constituye una parte considerable de la mezcla de concreto/mortero. Este agregado debe cumplir con la Norma ASTM C 33-16.

Agregado Grueso:

Se considera como agregado grueso al material pedregoso (Grava o Piedra Triturada) comprende desde lo que pasa el tamiz 3" hasta el tamiz N° 4. A nivel nacional es muy escaso las fábricas que fabriquen bloques de concreto en la práctica los bloques son estrictamente de mortero como se mencionó

anteriormente. Se incluye la grava como un constituyente de la mezcla. Este agregado debe cumplir con la Norma ASTM C 33-16

Agua:

Debe ser potable o que cumpla los requisitos de ASTM C 1602-06 o normativa nacional aplicable.

1.5.3 Características Físicas y Mecánicas de los Bloques

Propiedades Físicas

Una de sus características físicas importantes sería las dimensiones de fabricación de las piezas de mampostería. Generalmente los bloques fabricados cuentan con dimensiones de 19 x 39 cm y lo único que varía es el ancho el cual es de 10 cm mínimo según nuestra norma.

Tabla 2 Dimensiones de fabricación provistas por la norma nacional.

Dimensiones de fabricación Ancho x Alto x Largo (Cm)	Espesor mínimo de paredes exteriores (mm)	Espesor mínimo de paredes interiores (mm)
9 x 19 x 39	20	20
10 x 19 x 39	20	20
14 x 19 x 39	25	25
15 x 19 x 39	25	25
19 x 19 x 39	25	25
20 x 19 x 39	25	25
25 x 19 x 39	32	30
30 x 19 x 39	32	30

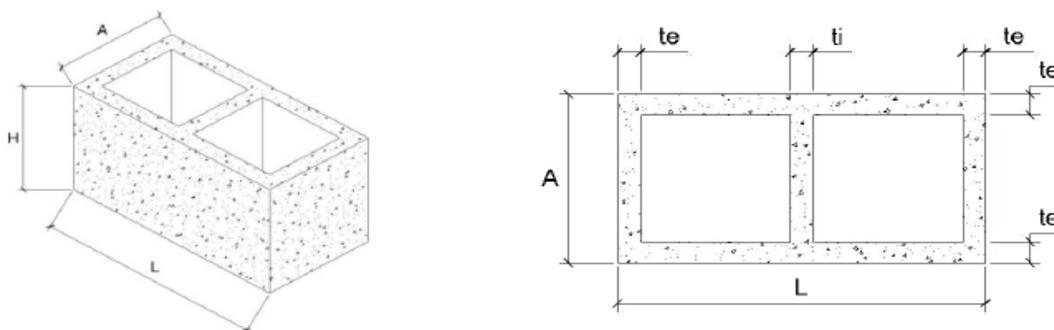
Fuente: NTON 12 008-16

Nota: Ninguna de las dimensiones reales (ancho, alto y largo) podrá diferir $\pm 3\text{mm}$ de las dimensiones de fabricación.

Es común que en nuestro lenguaje estas piezas de mamposterías sean conocidas más por su tamaño real (20 x 40 cm) en su base y su altura, esta medida real se obtiene a través de los ensayos de la norma ASTM C-140.

En este esquema se representará de mejor manera las dimensiones de los bloques de concreto.

Figura 2 Vistas aéreas y de perfil de un bloque de concreto/mortero



Fuente: Ampie, Carlos y Pérez, Moisés (2017)

Densidad:

Es la propiedad que establece una relación entre el peso neto del bloque sobre su volumen bruto.

Absorción:

Capacidad del bloque de albergar agua en sus poros vacíos, dicha agua será expresada en un porcentaje en peso seco.

El valor máximo de absorción contemplado por nuestra norma es de 10%. Tanto la práctica de absorción, densidad y resistencia a la compresión son revisadas bajo la norma ASTM C-140.

1.5.4 Propiedades Mecánicas

Resistencia a la compresión:

Esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento. Se puede definir también como la cantidad de esfuerzo necesario para deformar el material. La resistencia a la compresión se calcula dividiendo la carga máxima por el área transversal original de una probeta en un ensayo de compresión.

Figura 3 Ensayo de Resistencia a la compresión



Fuente: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v18n3/art10.pdf>

Podríamos decir que el valor de resistencia a la compresión de un bloque nos indica que calidad posee nuestro elemento. Por lo tanto, nos brinda una mayor seguridad a la hora de escoger las piezas de mampostería para el sistema constructivo en nuestro diseño. Desde el 2016 hasta hoy día las resistencias permitidas para el bloque de concreto es:

Tabla 3 Resistencia a la compresión mínima brindada por la norma nacional

Resistencia promedio mínimo para tres piezas	Resistencia mínima a la compresión de una pieza
11,81MPa (1 714psi o 120kg/cm ²)	10,63MPa (1 542psi o 108 kg/cm ²)

Fuente: NTON 12 008-16

1.5.5 Clasificación de las fábricas según el MTI

El MTI que es el regulador de las fábricas de bloques las ha clasificado en 3 distintos grupos:

Fábricas Industriales:

Estas fábricas cumplen con los estándares impuestos en las normas y están certificadas por el MTI ya que poseen estrictos controles de calidad, además en sus procesos productivos son totalmente mecanizados. Son las mayores proveedoras de bloques del país dado que su producto es demandado en proyectos de alta calidad.

Fábricas Semi-Industriales:

Son muy populares entre la población ya que ofrecen bloques a un precio bastante accesible, en sus locales poseen en promedio entre una y dos máquinas semi-mecanizadas con las cuales elaboran las piezas mampuestas. Normalmente estas fábricas no logran aprobar la certificación del MTI porque el producto no pasa la prueba de resistencia mínima, agregando también que su producción al tener muchos altibajos no lleva un control exacto respecto a la calidad de estos.

Fábricas Artesanales:

En estas fábricas no poseen herramientas tecnológicas para la fabricación del producto, su método de fabricación es que sueltan el mortero en moldes y lo golpean con mazos, su producción es de manera escasa y no llevan un control de calidad. El MTI indica que estas fábricas no cumplen de lejos los estándares impuestos en la norma.

1.5.6 Proceso productivo en las fábricas de bloques

Almacenamiento:

Los materiales por ocupar en la mezcla se deberán mantener limpios y sin presencia de materia orgánica, los materiales granulares serán separados en stocks de gran volumen al aire libre para evitar mayor humedad en el material.

Dosificación de la mezcla:

Dado que se fabricó un mortero inferior a 2000 psi, probablemente su dosificación sea 1:5 en algunos casos las fábricas también agregan material cero como sustituto del agregado grueso, aunque puede variar si se le agregan aditivos, los cuales mejoran la calidad de las propiedades del bloque.

Los bloques usualmente poseen una mezcla (con poca agua) esto se debe a que en el proceso de moldeado se realiza a base de vibración y/o presión, si la mezcla fuera fluida las partículas no tendrían el mismo proceso de adhesión al aplicarse la fuerza.

Usualmente hay 2 tipos de mezclados, el manual y el mecanizado.

Mezclado manual:

Primeramente, se colocan los materiales granulares y después se le añade el cemento, se intenta homogenizar la mezcla en seco para después agregarle su respectiva cantidad de agua y seguir con el proceso de mezclado, hasta alcanzar un estado ideal.

Mezclado Mecánico:

En este proceso se dispone de un trompo o tolva en el que se descargan los materiales áridos y después el cemento y se deja girar hasta que haya una mezcla homogénea, cuando eso ocurre se le agrega el agua y se deja mezclar entre 6 y 8 minutos.

Figura 4 Mezclado en trompo mecánico



Fuente: arqhys.com

Moldeo:

Primeramente, la mezcla se vierte en una tolva de la máquina en la parte superior de la misma, después la mezcla es presionada hacia abajo dentro de los moldes. Estando dentro de los moldes empieza el proceso de compactación y vibrado donde se empieza a formar los bloques. Para finalizar los bloques son empujados hacia abajo y salen de los moldes hacia una plataforma plana. De ahí los bloques y plataforma son transportados hacia afuera de la máquina por un transportador de cadena.

Curado:

Los bloques se transportan desde la máquina hasta un lugar específico para ser curados, primordialmente ocurre el proceso de fraguado en el que se hidrata la pieza a los 45- 60 minutos de haber sido fabricados. De ahí se mantendrá un proceso de mínimo 7 días en el cual se expondrá a las piezas fabricadas a unas condiciones de humedad y una temperatura de 17°, en esos días las piezas desarrollaran en plenitud sus propiedades de resistencia u otras cualidades deseadas. Este proceso ocurre 3 veces al día durante los 7 días establecidos, agregando que en muchas bloqueras después de regar los bloques los cubren con plástico negro simulando una cámara de curado.

Figura 5 Curado de los bloques a la intemperie



Fuente: Estudio de Análisis de ciclo de vida de ladrillos y bloques de concreto San Jerónimo- Cusco

1.6 Marco Metodológico

Para nuestro marco metodológico se procederá a realizar una serie de pasos previamente establecidos:

1.6.1 Proceso de selección de las bloqueras

Se realizará una selección de al menos 5 fábricas semi-industriales y estarán sujetas a criterios establecidos que cumplan con el estudio.

Criterios por tomar en cuenta en la selección de las fábricas.

- Volumen de producción mensual.
- Dimensiones de la fábrica.
- Disposición por parte del dueño de la fábrica para realizar el estudio.

Condiciones sujetas a evaluación:

- Materia Prima utilizada.
- Estado de la maquinaria y herramientas utilizadas.
- Procesos de fabricación.
- Mano de obra.
- Mediciones.

1.6.2 Materia Prima

Una mala dosificación del cemento es posible causa de la disminución de la resistencia a compresión en las unidades de bloques, ya que normalmente se producen de 28 a 32 o más bloques por bolsa, lo que indica que no se están tomando en cuenta las observaciones correspondientes a un máximo de 27 bloques por bolsa de cemento (para el caso de Managua).

El almacenamiento de agregados y cemento es muy influyente sobre la calidad del producto terminado. Se registrará si el área de almacenamiento de los agregados; arena y/o material cero permite la protección contra los agentes

exógenos, como el viento, el sol y polvo. En el caso del cemento, se deberá tener cuidado en su almacenamiento, el cual deberá aislarse de la humedad presente en el ambiente (piso, paredes, aire), para evitar que el cemento se hidrate parcialmente antes de su utilización. En ningún caso se deberá utilizar cemento que presente formación de grumos, endurecimiento parcial o total de los sacos.

1.6.3 Pruebas a realizar para los agregados

Determinación del contenido de humedad – ASTM C566

Normativa ASTM C 566 – 97. Método de ensayo para el contenido de humedad total del agregado por secado.

Para obtener el porcentaje de humedad se tomará una muestra representativa de agregado fino estando en condiciones naturales y se pesará antes de secar al horno a una temperatura de $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante un tiempo de $24 \pm 4\text{h}$, después del proceso de secado se pesará la masa seca, de ahí se calculará mediante la siguiente formula.

Pesos Unitarios Seco Suelos y Seco Compactos de los agregados finos

Normativa ASTM C 29/C 29M – 97. Método de ensayo para el peso unitario y vacíos en los agregados.

Conocer el Peso unitario suelto y compacto es importantísimo para toda obra civil dado que se usan para conocer las conversiones de peso a volumen o conocer la cantidad de huecos o vacíos en el material. Primeramente, se hará una prueba de calibración al molde para conocer su volumen y también se pesará el molde. Después se tomará una muestra significativa para ambos ensayos, previamente secada al horno a $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Determinación de la gravedad específica y porcentaje de absorción del agregado fino

Normativa ASTM C 128 – 01. Método de ensayo estándar para determinar la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y la absorción de agregados

finos.

AASHTO T 84. Gravedad específica y absorción del agregado fino.

Se define como densidad relativa o gravedad específica a la relación en peso entre una cierta cantidad de árido seco y el peso de un volumen igual de agua. Para calcular la gravedad específica del agregado fino se necesita muestrear el agregado y después secar al horno a $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$. Después se satura la muestra logrando por lo menos 6% de humedad y se deja reposar en ese estado durante $24 \pm 4\text{h}$. Al terminar ese proceso se decanta el exceso de agua con mucho cuidado para evitar la pérdida de material fino, se extiende la muestra en una superficie plana expuesta a una corriente de aire caliente para lograr llevar al material a una condición Saturada Superficialmente Seca (SSS) que se verificara pasando el material por un molde cónico.

Una vez alcanzado la condición Saturada Superficialmente seca se tomará una fracción de la muestra y se verterá en un picnómetro al cual se le agregará agua adicional hasta el 90% de capacidad del frasco, se hará rodar manualmente para eliminar el aire atrapado en la muestra durante 20 min. Una vez eliminado el aire se toma la temperatura del picnómetro a $23^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$, se determina el peso total del picnómetro + muestra y se remueve el agregado fino vertiéndolo en una tara pesada anteriormente para introducirla al horno a una temperatura constante $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante $24 \pm 4\text{h}$.

Análisis Granulométrico de los agregados finos.

Normativa a utilizar ASTM D75-03, práctica estándar para el muestreo de agregados.

Se tomará una muestra representativa de 1000gr aproximadamente y se secará la muestra a temperatura constante de $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$, de esta muestra se extraerá una cantidad pequeña en una tara y se saturará de agua por 24 horas. Después se lavará por el tamiz 16 y 200.

Por último, se colocarán los tamices de mayor a menor diámetro 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200 y un fondo para cribar el material seco y lavado

anteriormente. Después del cribado se pesará el material individualmente para conocer los porcentajes.

Prueba físicas y mecánicas al cemento.

Normativa que utilizar:

- ASTM C 150 Especificaciones para los Cementos Portland.
- ASTM C 187 Método de ensayo que cubre la normalidad de la consistencia del cemento hidráulico.
- ASTM C 191 Métodos de prueba para el tiempo de fraguado del cemento hidráulico por el método de Vicat.
- ASTM C 595 Especificaciones para Cementos adicionados
- ASTM C 1157 Especificación de desempeño tanto cementos hidráulicos de uso general como especial

1.6.4 Estado de la maquinaria y herramientas.

Se debe revisar el estado de la maquinaria utilizada para la fabricación, al ser maquinaria expuesta continuamente a vibraciones mecánicas es fácil que se pueda encontrar problemas a la hora de la debida compactación por problemas de hermetismo y vibraciones no reguladas debidamente, si de vibro compactado se trata, pero también existen máquinas de compactado a presión o llamado también equipo de palanca. El estado de los moldes es importante si estos no presentan deformaciones o muestras de desgaste.

1.6.5 Procesos de fabricación.

Se tomarán en cuenta los procesos utilizados por la bloquera para fabricar los bloques y si estos están trabajando en armonía con las normas técnicas necesarias, sobre todo en los tiempos de vibro-compactado y tiempo adecuado para el curado.

1.6.6 Mano de obra.

La mano de obra es un factor importante en la calidad final del producto debido a que, desde una mezcla correcta, un tiempo adecuado en la vibro-compactadora y hasta la manipulación de los bloques durante el curado es gestión completa por los trabajadores de la bloquera, por ello es de vital importancia que estos manejen los conceptos y pasos a seguir descritos en las normas técnicas.

1.6.7 Mediciones.

Para finalizar la correcta fabricación del bloque se necesita cumplir con las medidas correctas según el tipo de bloque a realizar estas mediciones se pueden hacer empleando una cinta métrica convencional o si bien se necesita más precisión se haría uso de un calibre de vernier o pie de rey.

1.6.8 Proceso de curado de los bloques

Después del proceso de moldeado, los bloques se deben llevar a un área donde se dejarán en fraguado inicial por 24 horas, durante este tiempo los bloques deben permanecer cubiertos por plásticos y en reposo, esto ayudara a que la reacción exotérmica del cemento al estar en contacto con el agua aumente mejor su resistencia en los días posteriores. Se deberá rociar agua durante 15 minutos en la mañana del día siguiente, para después volverlos a cubrir con los plásticos. Se repetirá durante 10 días consecutivos el mismo proceso.

1.6.9 Muestreo

Para la determinación de la resistencia a la compresión, absorción y densidad (peso unitario) los especímenes deben ser seleccionados de acuerdo con la tabla 4.

Tabla 4 Determinación de la muestra según tamaño del lote

Tamaño del Lote	Tamaño mínimo de la muestra para		
	Dimensiones y resistencia a la compresión.	Absorción, neta y peso unitario.	área y peso Total, de muestra
Menor o igual a 5000	3	3	6
De 5001 a 10000	6	3	9
10001 a 50000	10	6	16
50001 a 100000	14	9	23
Mayor a 100000	10 unidades por cada 50000 o fracción de lote.	6	N/A

Fuente NTON 12 008-16

Los especímenes de bloques deben ser seleccionados y muestreados de los lotes ubicados en los planteles de cada una de las empresas fabricantes. La manipulación y transporte de los especímenes debe realizarse de manera adecuada y preferentemente por medio de porta bloques, para evitar despieces o fracturas.

Las muestras seleccionadas para ensayos de resistencias deben de estar exentas de fisuras, despieces u otra condición que altere los cumplimientos con las especificaciones requeridas.

1.6.10 Ensayo de resistencia a la compresión.

La resistencia a la compresión representa el valor de esfuerzo unitario de carga que pueden soportar los bloques de concreto. La norma ASTM C-140 establece que la resistencia mínima de ruptura por compresión se mide sobre el área neta y no sobre el área bruta y la establece en el equivalente de 133 Kg/cm² como promedio de 3 unidades y en 120 Kg/cm² como mínimo para cada unidad.

La preparación y falla de bloques o prismas de mampostería a compresión simple en una máquina universal, posterior a lo cual se relaciona la carga última de falla con el área sobre la cual se distribuye la carga para reportar el esfuerzo de falla, el cual es el parámetro de resistencia en la que se basa la presente investigación.

Capítulo II: Análisis y Muestreo de las Fábricas Semi-industriales en la ciudad de Managua.

2.1 Selección de las fábricas

En el MTI nos brindaron una lista actualizada de fábricas Semi-Industriales e Industriales de bloques tanto en la ciudad de Managua, como en el municipio de Ciudad Sandino. En total eran 75 bloqueras contabilizadas de las cuales 59 eran Semi-Industriales y 38 se encontraban dentro de la ciudad de Managua.

Véase en Anexo I la lista de fábricas brindadas por el MTI.

Se logró contactar con 5 dueños de fábricas que accedieron a trabajar con nosotros bajo cierto acuerdo de confidencialidad en el cual no se revelarían ni los nombres de las fábricas ni su dirección, pero si su ubicación geográfica por medio de coordenadas para constatar que las fábricas son reales, por lo tanto, sus nombres aparecerán como una nomenclatura N-1, N-2, etc.

2.2 Muestreo de las fábricas

Se realizó un proceso de visita a cada fábrica con el fin de obtener información de su producción mensual, así como el proceso que cada una de ellas tenía para fabricar bloques.

Para las siguientes fábricas se evaluarán los siguientes detalles a mencionar:

- Procedencia de la materia prima
- Descripción Estructural de las fábricas de bloques
- Proceso de curado

*Véase en Anexo III Formato de Ficha de Evaluación en sitio para las fábricas para conocer los detalles a investigar de lo que se encontró en sitio.

Se obtuvieron la cantidad de bloques dependiendo la producción mensual de cada fábrica respecto a la NTON 12 008-16

Tabla 5 Datos de las fábricas visitadas

	Nomenclatura	Producción Mensual	Coordenadas	Muestras
Fábricas	N-1	12000-15000	12°08'16.0"N 86°14'16.8"W	15
	N-2	Menor a 10000	12°08'22.9"N 86°12'22.6"W	12
	N-3	10000-12000	12°08'15.9"N 86°14'17.0"W	15
	N-4	10000-12000	12°07'34.7"N 86°16'23.2"W	15
	N-5	Menor a 10000	12°09'14.7"N 86°16'46.6"W	12

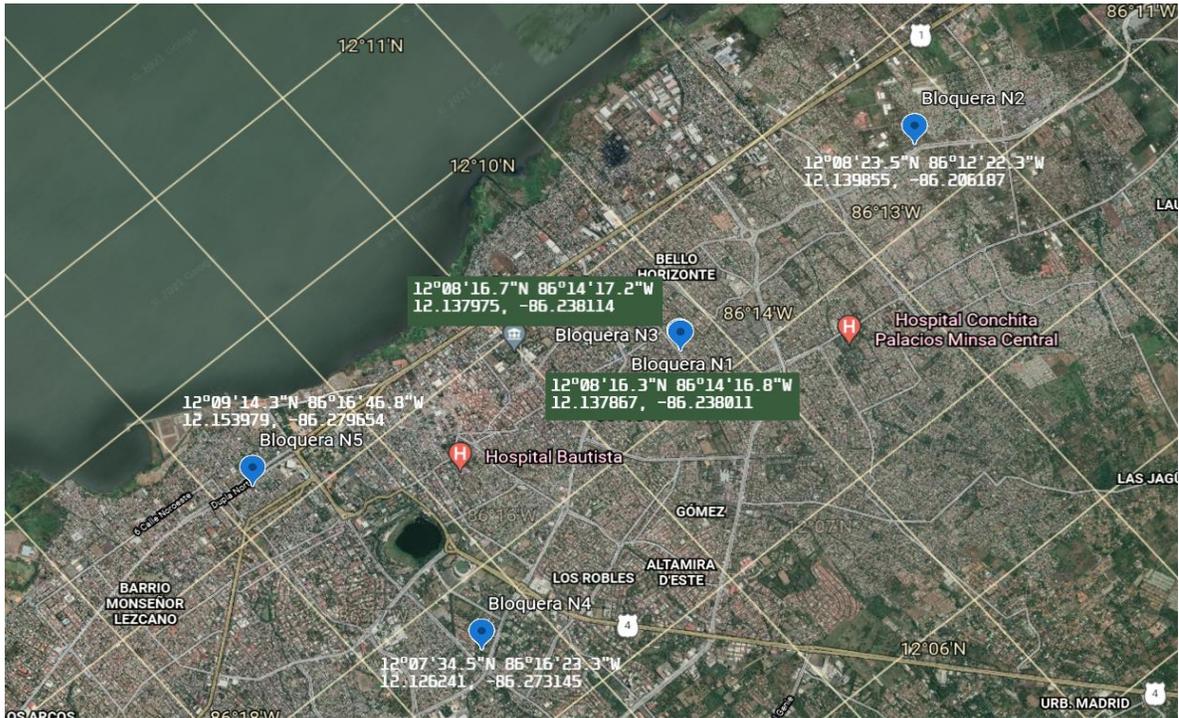
Fuente: Elaboración Propia

De cada bloquera se tomaron 3 piezas para las pruebas de absorción, humedad, densidad.

El resto de los especímenes se ensayaron en las pruebas de resistencia a la compresión de 7,14 y 28 días, para tener un mejor seguimiento en su incremento de resistencia.

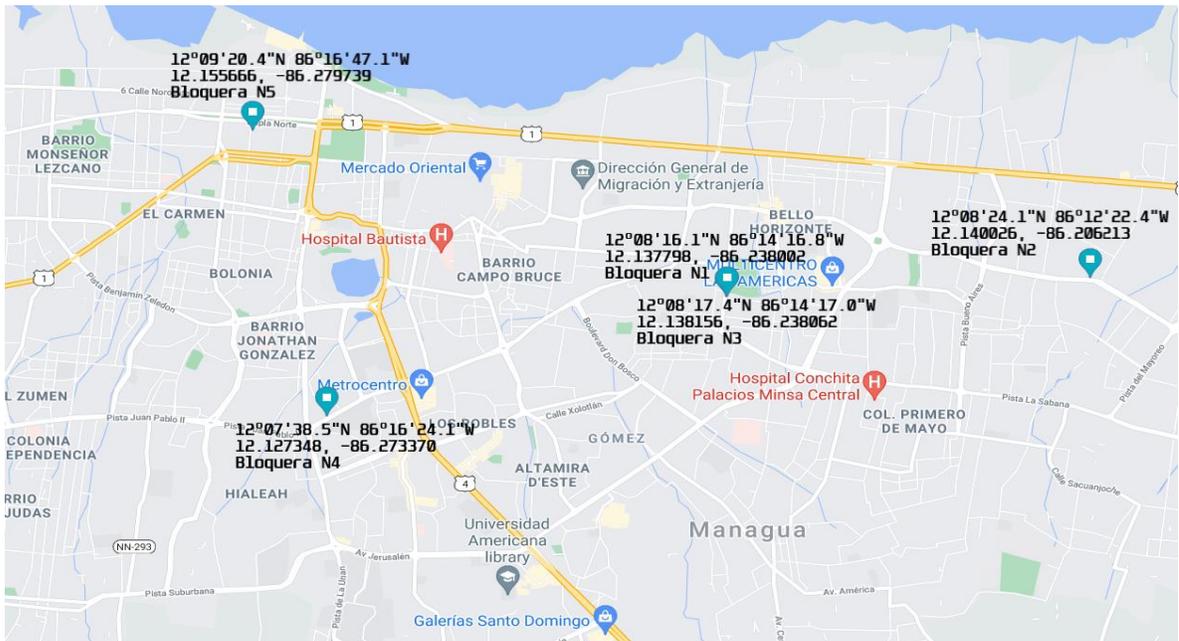
En cada fábrica hacen el uso del material cero para la composición de la mezcla de mortero y su proporción varía dependiendo la fábrica. Respecto al proceso de fabricación y los pasos, todas tienen el mismo modelo a seguir salvo con algún detalle que se presentara en el documento.

Figura 6 Mapa de coordenadas de las fábricas.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 7 Mapa de Coordenadas de las Fábricas #2



Fuente: Elaboración Propia

2.2.1 Bloquera N-1

La Bloquera N-1 ubicada con la coordenada "12°08'16.0"N 86°14'16.8"W "en la ciudad de Managua, es una fábrica de bloques semi industriales la cual manufactura bloques de 4" y 6", usualmente producen bloques durante los 7 días de la semana y fabrican aproximadamente 450 bloques por día.

Su producción por bolsa de cemento ronda los 52 bloques por ciclo de producción para bloques de 6" y 62 bloques por ciclo para bloques de 4" por bolsa de cemento respectivamente.

Al iniciar sus labores a las 7 am, procedimos a arribar al lugar a las 6:30 am para poder levantar los datos acerca de la estructura del local, la procedencia de la materia y lograr observar la calibración de la maquinaria.

Al levantar los datos obtuvimos que la materia prima es proveniente del banco de materiales "Motastepe", los materiales como el material cero y el cemento se resguardan bajo techo, en cambio la arena se encuentra a la intemperie. También se logró observar que las herramientas y equipos se encuentran bajo techo, al igual que el área de mezclado.

Antes de iniciar sus labores calibran la máquina, aceitándola justo antes de poner en marcha y también cambiando el molde para hacer bloques, dado que un día fabrican de 4" y otro día de 6" dependiendo del movimiento que exista en el producto.

Figura 8 Almacenamiento del cemento Bloquera N-1



Fuente: Elaboración Propia

Fabricación de la mezcla

Antes de realizar la mezcla, se limpia el área para desechar así alguna posible contaminación orgánica, después se dejan los materiales cerca de 1m de la máquina para hacer más fácil el proceso de llenado del molde.

La superficie en la que se realizó la mezcla era sobre un cascote de mortero, consideramos que es una superficie apta porque no absorberá la humedad de la mezcla mientras se fabrican los bloques.

.La mezcla consta de 3 partes de cero y 1 de arena por bolsa de cemento, para homogenizar el material se realizan 3 vueltas en estado seco, después de agregar el agua se darán 2 vueltas en estado húmedo (este patrón se repetirá en la mayoría de las fábricas visitadas) , cuando agregan el agua fue difícil lograr medir con exactitud la cantidad dado que el recipiente volumétrico que ocuparon no lo llenaban completo para rociar sobre la mezcla pero se calcula entre 9 a 11 galones de agua por bolsa de cemento.

Figura 9 Mezcla en seco Bloquera N-1



Fuente: Elaboración Propia

Colocación y vibrado de la mezcla

Se pone dentro de la máquina una tablilla con un plástico en su base superior para evitar la adhesión de la mezcla a la tabla, se agregará el material a la plataforma, se acomodará con una herramienta llamada “caja” , la cual es una caja hueca, mientras se va agregando el material se realizará una ligera vibración en 3 ocasiones seguidas para ir acomodando los vacíos del molde para alcanzar un bloque resistente y compacto, al ya estar lleno y con el material bien acomodado se enrasa y después se procede a vibro compactar durante 12 segundos

Desencofre y Fraguado del bloque

Se realiza el desencofrado del bloque ya terminado la vibro-compactación donde se levanta el molde y se saca la tablilla en conjunto con el bloque recién fabricado y se trasladan a un punto cercano a la máquina donde se realizará su proceso de fraguado.

Se hace énfasis en que al trasladar el bloque lo realizan con sumo cuidado y extrema organización dado que algún mal golpe o al poner la tablilla sobre el suelo puede terminar en una falla hacia el bloque.

En esta fábrica de bloques el molde para 6” es de 3 bloques por ciclo y para 4” es de 4 bloques por ciclo. El ciclo total por bolsa de cemento ronda los 29 minutos incluyendo el mezclado del material.

Para el fraguado del bloque se deja reposar en la misma zona donde fue transportado durante un día entero esperando que logre alcanzar una reacción química adecuada. Sabemos que durante la primera hora el material perderá su estado fluido y pasara a tener estado sólido, el fraguado final durara entre 10-12 horas, pero es hasta el día siguiente que se mueven de lugar y se apilan para poder pasar al proceso de curado y almacenamiento.

Figura 10 Producción diaria Bloquera N-1



Fuente: Elaboración Propia

Curado del bloque y posterior almacenamiento

Después de realizar el proceso de fraguado se apilan los bloques y se realiza un curado por roció de manguera durante los próximos 7 -10 días, según los datos recopilados curan los bloques 3 veces al día para así lograr un mejor crecimiento en la resistencia de estos.

Figura 11 Curado del bloque Bloquera N-1



Fuente Elaboración Propia

2.2.2 Bloquera N-2

La Bloquera N-2 ubicada con la coordenada "12°08'22.9"N 86°12'22.6"W "en la ciudad de Managua, es una fábrica de bloques semi industriales la cual manufactura bloques de 4" y 6", normalmente producen bloques 5 días a la semana y fabrican aproximadamente 500 bloques por día. Por ciclo de producción logran obtener entre 57-60 bloques de 6" por bolsa de cemento.

Entrando en la fábrica observamos que tienen 2 máquinas para fabricar bloques, una con un molde de 4" con capacidad de producción de 6 bloques por ciclo y una máquina con un molde de 6" con capacidad de producción de 4 bloques por ciclo. Se obtuvo que la calibración de las máquinas se realiza cada semana.

Al tener un molde para 4 bloques se requiere un mayor esfuerzo por parte del motor de la máquina y si no se tiene el motor adecuado puede causar problemas.

También conocimos que la materia prima es proveniente del banco de materiales "Motastepe", en este caso los agregados se almacenan a la intemperie y el cemento bajo un área bajo techo. El agua potable utilizada en la mezcla se extrae del grifo que existe en el local. También se logró observar que las herramientas y equipos se encuentran bajo techo, al igual que el área de mezclado.

Un dato importante que se logró observar es que los trabajadores de esta fábrica rocían con agua los agregados constantemente para evitar que se levanten polvaredas dentro del local, lo cual puede causar un exceso de humedad a la hora de realizar la mezcla.

Fabricación de la mezcla

La mezcla para esta fábrica consta de 3 partes de cemento y 1/2 parte de arena por bolsa de cemento, para homogenizar el material se realizan 3 vueltas en estado seco, después de agregar el agua se darán 2 vueltas en estado húmedo igual que a la fábrica anterior. Para lograr calcular el agua utilizada fue imposible dado que utilizaban un casco como recipiente para regar la mezcla.

En la fábrica N-2 a pesar de que su área de mezclado tiene una superficie de cascote de mortero, existe un exceso de agregado lo cual puede afectar a la humedad de la mezcla a la hora de la fabricación del bloque

Figura 12 Detallado de la maquinaria Bloquera N-2



Fuente: Elaboración Propia

Colocación y vibrado de la mezcla

Se realiza el mismo procedimiento que en la fábrica anterior, con la diferencia que en vez de ocupar la “caja” para colocar bien el material sobre el molde, directamente usan una pala metálica, mientras se va agregando el material se realizará una ligera vibración en 3 ocasiones seguidas para ir acomodando los vacíos del molde para alcanzar un bloque resistente y compacto, al terminar de acomodar se enraza y se vibro-compacta durante 18 segundos aproximadamente, pero no en todos los ciclos tienen el mismo timing, algunos llegan a 10 segundos.

La diferencia se centra que en la bloquera N-2 se fabrican 2 bolsas de cemento por ciclo de producción, lo cual alarga el tiempo del ciclo rondando casi una hora. Al tener un ciclo tan largo hay un proceso de endurecimiento mientras se están

fabricando los bloques, por lo tanto, es posible que ocasione un problema de resistencia.

Desencofre y Fraguado del bloque

Se realiza el desencofrado del bloque ya terminado la vibro-compactación donde se levanta el molde y se saca la tablilla en conjunto con el bloque recién fabricado y se trasladan a un punto cercano a la máquina donde se realizará su proceso de fraguado.

Para el fraguado del bloque se deja reposar en la zona donde fue transportado durante un día entero como en la bloquera anterior.

Figura 13 Desencofre del bloque Bloquera N-2



Fuente: Elaboración Propia

Curado del bloque y posterior almacenamiento

Después de realizar el proceso de fraguado se apilan los bloques y se realiza un curado por rocío de manguera durante los próximos 10-12 días, según los datos recopilados curan los bloques 3 veces al día para así lograr un mejor crecimiento en la resistencia de estos.

2.2.3 Bloquera N-3

La Bloquera N-3 se encuentra ubicada con la coordenada "12°08'15.9"N 86°14'17.0"W "en la ciudad de Managua, es una fábrica de bloques semi industriales la cual manufactura bloques de 4" y 6", normalmente producen bloques 6 días a la semana y fabrican aproximadamente entre 450 a 500 bloques por día. Según palabras del dueño de la fábrica y los datos recolectados por bolsa de cemento se obtienen 57 bloques de 6".

En esta fábrica calibran diario la máquina dado que dependiendo la producción del día deben cambiar el molde. El molde de 4" es para producir 4 bloques por ciclo y el de 6" es para 3 bloques por ciclo.

La materia prima como la mayoría de las fábricas de esta zona proviene del banco de materiales "Motastepe", los agregados se almacenan a la intemperie y el cemento en un área bajo techo. Para la mezcla se utiliza agua potable extraída del grifo del local. También se logró observar que las herramientas y equipos se encuentran bajo techo, al igual que el área de mezclado.

Fabricación de la mezcla

La mezcla para esta fábrica consta de 3 ½ partes de cemento y ½ parte de arena por bolsa de cemento, para homogenizar el material se realizan 3 vueltas en estado seco, después de agregar el agua se darán 2 vueltas en estado húmedo igual que a la fábrica anterior. La cantidad adicionada a la mezcla aproximadamente es 9 galones debido a lo impreciso del volumen del recipiente que utilizaron.

En promedio por ciclo de producción por bolsa de cemento tardan 27 minutos incluyendo tanto el mezclado de los materiales, como la fabricación de los bloques.

Figura 14 Mezcla húmeda Bloquera N-3



Fuente: Elaboración Propia

Colocación y vibrado de la mezcla

En esta fábrica al tener la máquina a medio metro del área de mezclado directamente vierten el material con una pala metálica, mientras se va llenando el molde se hace vibrar el material dentro del molde por un par de segundos con tal de que no existan vacíos en el interior del bloque como de la mezcla en sí, al terminar de acomodar se enraza y se vibro-compacta alrededor de 13 segundos.

Desencofre y Fraguado del bloque

Se realiza el desencofrado del bloque ya terminado la vibro-compactación donde se levanta el molde y se saca la tablilla en conjunto con el bloque recién fabricado y se trasladan a un punto cercano a la máquina donde se realizará su proceso de fraguado

Cabe destacar que cuando se desencofra el bloque y se lleva a lugar de fraguado se debe llevar entre 2 personas por lo delicado del proceso.

En la fábrica N-3 para el fraguado de un día a otro utilizan una metodología distinta la cual consta de fraguar el bloque en un área entechada que tiene tragaluces, con lo cual el bloque recibe un calor constante pero más apaciguado que fraguar al aire libre.

Figura 15 Producción diaria y área de fraguado Bloquera N-3



Fuente: Elaboración Propia

Curado del bloque y posterior almacenamiento

Después de realizar el proceso de fraguado se trasladan a otra zona y se apilan los bloques y se realiza un curado por roció de manguera durante los próximos 8 días, según los datos recopilados curan los bloques entre 2 a 3 veces al día para así lograr un mejor crecimiento en la resistencia de estos.

2.2.4 Bloquera N-4

La Bloquera N-4 se encuentra ubicada con la coordenada “12°07'34.7"N 86°16'23.2"W “en la ciudad de Managua, es una fábrica de bloques semi industriales la cual manufactura bloques “6” únicamente, producen bloques 6 días a la semana y fabrican aproximadamente entre 400 a 500 bloques por día. Se obtuvo el dato que logran producir entre 45 a 51 bloques por bolsa de cemento.

El molde que ocupan para producir los bloques de 6” es de 3 bloques por ciclo, la calibración de la máquina se realiza semanal pero diariamente engrasan para poder trabajar adecuadamente.

La materia prima por utilizar proviene del banco de materiales “Motastepe”, tanto las herramientas como el Cemento se guardan bajo techo. Sin embargo, los agregados y el área de mezclado se encuentran a la intemperie.

Fabricación de la mezcla

La mezcla para esta fábrica consta de 1 parte de cemento y 3 partes de arena por bolsa de cemento, para homogenizar el material se realizan 2 vueltas en estado seco, después de agregar el agua se darán 2 vueltas en estado húmedo difiriendo abruptamente tanto en la proporción como en el mezclado respecto a las 3 fábricas anteriores. La cantidad adicionada a la mezcla ronda entre 8 y 9 galones de agua.

Colocación y vibrado de la mezcla

En esta fábrica al tener la máquina a medio metro del área de mezclado directamente vierten el material con una pala metálica, mientras se va llenando el molde se hace vibrar el material 2 veces por pocos segundos, así acomodando el material dentro del molde, después de enrazar se vibro-compacta alrededor de 7 segundos. El tiempo para el ciclo de producción por bolsa es de 22 minutos, siendo una de las fábricas que más rápido trabajan.

Desencofre y Fraguado del bloque

Después de realizar el desencofrado se traslada cuidadosamente la tablilla de bloques hasta el lugar de fraguado, cuando una tablilla se coloca mal, el bloque se deshace, entonces esa muestra se regresa de nuevo a la mezcla para volverlo a fabricar.

Curado del bloque y posterior almacenamiento

Al finalizar el fraguado, los bloques se estiban al día siguiente por la mañana, y se curan 3 veces al día durante 12 días consecutivos alcanzando una resistencia media.

Figura 16 Producción diaria bloquera N-4



Fuente: Elaboración Propia

2.2.5 Bloquera N-5

La Bloquera N-5 se encuentra ubicada con la coordenada “12°09'14.7"N 86°16'46.6"W “en la ciudad de Managua, es una fábrica de bloques semi industriales la cual manufactura bloques de 6”, se producen bloques de 5 a 6 días a la semana dependiendo la venta durante la semana y fabrican aproximadamente entre 380- 450 bloques por día. En esta fábrica su producción por bolsa de cemento esta entre 39 a 42 bloques en promedio. La calibración de la máquina se realiza diario a pesar de que no cambian de molde, se engrasa la máquina y se chequea el motor antes de empezar la jornada de trabajo.

La materia prima utilizada en esta fábrica es compuesta de 2 diferentes bancos de materiales, el primero es “Motastepe” y el segundo le llaman “La guerrera”, los agregados se almacenan a la intemperie y el cemento en un área bajo techo. El agua potable utilizada en la mezcla se extrae del grifo que existe en el local. También se logró observar que las herramientas y equipos se encuentran bajo techo, al igual que el área de mezclado.

Figura 17 Almacenamiento del cemento Bloquera N-5



Fuente: Elaboración Propia

Fabricación de la mezcla

La mezcla para esta fábrica consta de 2 partes de cemento y 1 parte de arena por bolsa de cemento, para homogenizar el material se realizan 3 vueltas en estado seco, después de agregar el agua se darán 2 vueltas en estado húmedo igual que a la fábrica anterior. La cantidad adicionada a la mezcla aproximadamente entre 6 y 7 galones.

Otro detalle es que en la fábrica se hacen 2 bolsas de cemento por ciclo de producción y el tiempo aproximado por ciclo incluyendo mezclado es de 52 minutos.

Colocación y vibrado de la mezcla

Al tener la máquina muy cercana del área de mezclado se vierte el material dentro de la “caja” y así se deja caer sobre el molde mientras hacen vibrar el material dentro del molde por un par de segundos en 3 ocasiones con tal de que no existan vacíos en el interior del bloque como de la mezcla en sí, al terminar de acomodar se enraza y se vibro-compacta alrededor de 15 segundos.

Desencofre y Fraguado del bloque

Después de desencofrar el bloque de la máquina se traslada usualmente a la zona de fraguado donde se dejará durante un día entero y se esperará que fragüe completo para poderlo trasladar

Curado del bloque y posterior almacenamiento

Después de su proceso de fraguado se trasladan a otra zona y se estiban los bloques y se realiza un curado por rocío de manguera durante los próximos 10 días, según los trabajadores se riegan entre 3 y 4 veces al día dependiendo el estado del clima.

Figura 18 Almacenamiento y curado Bloquera N-5



Fuente: Elaboración Propia

2.3 Propiedades de los materiales

2.3.1 Determinación del contenido de humedad – ASTM C566

La humedad se puede definir como la característica física del material para albergar agua en sus vacíos y se encuentra de manera natural. Determinar el contenido de humedad es muy importante ya que logra afectar directamente al alterar la cantidad en cualquier mezcla de concreto o mortero.

De cada fábrica se sacaron 5 muestras representativas para poder hacer todas las pruebas respectivas, empezando por la prueba de humedad.

Ecuación N° 1

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

Donde:

%W: Porcentaje de humedad

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

B: Peso de la muestra en condición húmeda (gr)

Tabla 6 Cálculo de humedad de los materiales analizados

Cálculo de Humedad				
	Material	Whum(gr)	Ws(gr)	Humedad (%)
Bloquera N-1	Cero	500	491.3	1.77
	Arena	500	451.9	10.64
Bloquera N-2	Cero	500	499.8	0.04
	Arena	500	479.8	4.21
Bloquera N-3	Cero	500	485.6	2.97
	Arena	500	468.1	6.81
Bloquera N-4	Cero	500	499.5	0.1
	Arena	500	473.2	5.66
Bloquera N-5	Cero	500	497	0.6
	Arena	500	471.7	6

Fuente: Elaboración Propia

Al analizar nuestra tabla de resultados se puede notar que nuestras humedades en el material fino rondan del 4-10%, en las 5 fábricas utilizan arena del banco Motastepe, la diferencia entre el rango de humedad se da en que algunas de las

fábricas humedecen el material cada día, en cambio otras lo mantienen bajo techo con una humedad mínima.

Respecto al material cero no supera el 3% de humedad dado que es un material con pocos vacíos y aún siendo humedecido diariamente, su porcentaje será relativamente bajo.

2.3.2 Pesos Unitarios Seco Suelos y Seco Compactos de los Agregados Finos ASTM C 29

2.3.2.1 Peso Volumétrico Seco Suelto

Primero se procedió a calibrar de manera volumétrica agregando agua según la norma y lo establecido en la guía de laboratorio. Después la muestra se introducirá dentro de un molde utilizando un cucharón hasta llenar (PVSS), cuando el molde se termine de llenar se enrasará y se pesará. La medida de dicho molde es de 6x6 pulgadas especificado en la norma. Este proceso se repetirá en tres ocasiones como mínimo. Destacando que los pesos no deberán sobrepasarse entre sí un valor +- a 0.1 lb o 0.05 kg según la ASTM C 29.

Figura 19 Llenado del molde para obtener el PVSS



Fuente: Elaboración Propia

Ecuación N° 2:

$$PVSS = \frac{W_{molde+muestra} - W_{molde}}{V_{molde}}$$

Donde:

PVSS: Peso Volumétrico Seco Suelto

Wmolde+muestra: Peso del molde más muestra

Wmolde: Peso del molde

Vmolde: Volumen del molde

Tabla 7 Peso Volumétrico Seco Suelto de la Arena Bloquera N-1

Bloquera		N-1	
Agregado		Arena	
Ensayo	1	2	3
Molde	M-B	M-B	M-B
Wmolde(kg)	2.867	2.867	2.867
Wmuestra+molde(kg)	7.1916	7.1718	7.2454
Volumen del molde (m3)	0.00325	0.00325	0.00325
Wmuestra(kg)	4.3246	4.3048	4.3784
PVSS (kg/m3)	1331	1325	1347
PVSS promedio (kg/m3)	1334		

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 8 Peso Volumétrico Seco Suelto del material cero Bloquera N-1

Bloquera		N-1	
Agregado		Cero	
Ensayo	1	2	3
Molde	M-B	M-B	M-B
Wmolde(kg)	2.867	2.867	2.867
Wmuestra+molde(kg)	8.5477	8.5372	8.6329
Volumen del molde (m3)	0.00325	0.00325	0.00325
Wmuestra(kg)	5.6807	5.6702	5.7659
PVSS (kg/m3)	1748	1745	1774
PVSS promedio (kg/m3)	1756		

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 9 Peso Volumétrico Seco Suelto de la Arena Bloquera N-2

Bloquera		N-2	
Agregado		Arena	
Ensayo	1	2	3
Molde	M-B	M-B	M-B
Wmolde(kg)	2.867	2.867	2.867
Wmuestra+molde(kg)	7.0562	7.1953	7.2077
Volumen del molde (m3)	0.00325	0.00325	0.00325
Wmuestra(kg)	4.1892	4.3283	4.3407
PVSS (kg/m3)	1289	1332	1336
PVSS promedio (kg/m3)	1319		

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 10 Peso Volumétrico Seco Suelto del material cero Bloquera N-2

Bloquera		N-2	
Agregado		Zero	
Ensayo	1	2	3
Molde	M-B	M-B	M-B
Wmolde(kg)	2.867	2.867	2.867
Wmuestra+molde(kg)	8.3186	8.4101	8.3215
Volumen del molde (m3)	0.00325	0.00325	0.00325
Wmuestra(kg)	5.4156	5.5431	5.4545
PVSS (kg/m3)	1677	1706	1678
PVSS promedio (kg/m3)	1687		

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 11 Peso Volumétrico Seco Suelto de la Arena Bloquera N-3

Bloquera		N-3	
Agregado		Arena	
Ensayo	1	2	3
Molde	M-B	M-B	M-B
Wmolde(kg)	2.867	2.867	2.867
Wmuestra+molde(kg)	7.2072	7.2589	7.3046
Volumen del molde (m3)	0.00325	0.00325	0.00325
Wmuestra(kg)	4.3402	4.3919	4.4376
PVSS (kg/m3)	1335	1351	1365
PVSS promedio (kg/m3)	1351		

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 12 Peso Volumétrico Seco Suelto del material cero Bloquera N-3

Bloquera	N-3		
Agregado	Zero		
Ensayo	1	2	3
Molde	M-B	M-B	M-B
Wmolde(kg)	2.867	2.867	2.867
Wmuestra+molde(kg)	8.3566	8.3412	8.2866
Volumen del molde (m3)	0.00325	0.00325	0.00325
Wmuestra(kg)	5.4896	5.4742	5.4196
PVSS (kg/m3)	1689	1684	1668
PVSS promedio (kg/m3)	1680		

Fuente: Elaboración Propia**Tabla 13 Peso Volumétrico Seco Suelto de la Arena Bloquera N-4**

Bloquera	N-4		
Agregado	Arena		
Ensayo	1	2	3
Molde	M-B	M-B	M-B
Wmolde(kg)	2.867	2.867	2.867
Wmuestra+molde(kg)	7.5893	7.6143	7.6327
Volumen del molde (m3)	0.00325	0.00325	0.00325
Wmuestra(kg)	4.7223	4.7473	4.7657
PVSS (kg/m3)	1453	1461	1466
PVSS promedio (kg/m3)	1460		

Fuente: Elaboración Propia**Tabla 14 Peso Volumétrico Seco Suelto del material cero Bloquera N-4**

Bloquera	N-4		
Agregado	Zero		
Ensayo	1	2	3
Molde	M-B	M-B	M-B
Wmolde(kg)	2.867	2.867	2.867
Wmuestra+molde(kg)	8.6096	8.6426	8.6009
Volumen del molde (m3)	0.00325	0.00325	0.00325
Wmuestra(kg)	5.7426	5.7756	5.7339
PVSS (kg/m3)	1767	1777	1764
PVSS promedio (kg/m3)	1769		

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 15 Peso Volumétrico Seco Suelto de la Arena Bloquera N-5

Bloquera		N-5	
Agregado		Arena	
Ensayo	1	2	3
Molde	M-B	M-B	M-B
Wmolde(kg)	2.867	2.867	2.867
Wmuestra+molde(kg)	7.4147	7.4305	7.4478
Volumen del molde (m3)	0.00325	0.00325	0.00325
Wmuestra(kg)	4.5477	4.5635	4.5808
PVSS (kg/m3)	1399	1404	1409
PVSS promedio (kg/m3)	1404		

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 16 Peso Volumétrico Seco Suelto del material cero Bloquera N-5

Bloquera		N-5	
Agregado		Arena	
Ensayo	1	2	3
Molde	M-B	M-B	M-B
Wmolde(kg)	2.867	2.867	2.867
Wmuestra+molde(kg)	7.4147	7.4305	7.4478
Volumen del molde (m3)	0.00325	0.00325	0.00325
Wmuestra(kg)	4.5477	4.5635	4.5808
PVSS (kg/m3)	1399	1404	1409
PVSS promedio (kg/m3)	1404		

Fuente: Elaboración Propia

Con estos datos obtenemos que el PVSS del agregado fino ronda entre 1250 y 1500 kg/m³ mientras el material cero su valor mínimo de PVSS es de 1600 kg/m³ lo cual nos indica que es un material mucho más compacto.

2.3.2.2 Peso Volumétrico Seco Compacto

Para el PVSC se llenará el molde anteriormente calibrado con un cucharón y se dividirá en tres capas de igual altura, al introducir cada capa de material se golpeará 25 veces con una varilla punta de bala de manera distribuida en el área donde esta disgregado el material. Se repetirá la acción así hasta completar las 3 capas donde se enrasa y se pone en la balanza para conocer su peso.

Ecuación N° 3:

$$PVSC = \frac{W_{molde+muestra} - W_{molde}}{V_{molde}}$$

Donde:

PVSC: Peso Volumétrico Seco Compacto

Wmolde+muestra: Peso del molde más muestra

Wmolde: Peso del molde

Vmolde: Volumen del molde

Figura 20 Llenado del molde Peso Volumétrico Seco Compacto



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 17 Peso Volumétrico Seco Compacto de la Arena Bloquera N-1

Bloquera	1		
Agregado	Arena		
Ensayo	1	2	3
Molde	M-B	M-B	M-B
Wmolde(kg)	2.867	2.867	2.867
Wmuestra+molde(kg)	7.6351	7.7648	7.8209
Volumen del molde (m3)	0.00325	0.00325	0.00325
Wmuestra(kg)	4.7681	4.8978	4.9539
PVSC (kg/m3)	1467	1507	1524
PVSC promedio (kg/m3)	1499		

Fuente: Elaboración Propia**Tabla 18 Peso Volumétrico Seco Compacto del material cero Bloquera N-1**

Bloquera	1		
Agregado	Zero		
Ensayo	1	2	3
Molde	M-B	M-B	M-B
Wmolde(kg)	2.867	2.867	2.867
Wmuestra+molde(kg)	9.0049	9.1006	9.2381
Volumen del molde (m3)	0.00325	0.00325	0.00325
Wmuestra(kg)	6.1379	6.23236	6.3711
PVSC (kg/m3)	1889	1918	1960
PVSC promedio (kg/m3)	1922		

Fuente: Elaboración Propia**Tabla 19 Peso Volumétrico Seco Compacto de la Arena Bloquera N-2**

Bloquera	2		
Agregado	Arena		
Ensayo	1	2	3
Molde	M-B	M-B	M-B
Wmolde(kg)	2.867	2.867	2.867
Wmuestra+molde(kg)	7.5446	7.5107	7.5257
Volumen del molde (m3)	0.00325	0.00325	0.00325
Wmuestra(kg)	4.6776	4.6437	4.6587
PVSC (kg/m3)	1439	1429	1433
PVSC promedio (kg/m3)	1434		

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 20 Peso Volumétrico Seco Compacto del material cero Bloquera N-2

Bloquera	2		
Agregado	Zero		
Ensayo	1	2	3
Molde	M-B	M-B	M-B
Wmolde(kg)	2.867	2.867	2.867
Wmuestra+molde(kg)	8.8994	8.9996	8.9948
Volumen del molde (m3)	0.00325	0.00325	0.00325
Wmuestra(kg)	6.0324	6.1326	6.1278
PVSC (kg/m3)	1856	1887	1885
PVSC promedio (kg/m3)	1876		

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 21 Peso Volumétrico Seco Compacto de la Arena Bloquera N-3

Bloquera	3		
Agregado	Arena		
Ensayo	1	2	3
Molde	M-B	M-B	M-B
Wmolde(kg)	2.867	2.867	2.867
Wmuestra+molde(kg)	7.7124	7.7760	7.7947
Volumen del molde (m3)	0.00325	0.00325	0.00325
Wmuestra(kg)	4.8454	4.909	4.9277
PVSC (kg/m3)	1491	1510	1516
PVSC promedio (kg/m3)	1506		

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 22 Peso Volumétrico Seco Compacto del material cero Bloquera N-3

Bloquera	3		
Agregado	Zero		
Ensayo	1	2	3
Molde	M-B	M-B	M-B
Wmolde(kg)	2.867	2.867	2.867
Wmuestra+molde(kg)	9.1113	9.1672	9.1494
Volumen del molde (m3)	0.00325	0.00325	0.00325
Wmuestra(kg)	6.2443	6.3002	6.2824
PVSC (kg/m3)	1921	1939	1933
PVSC promedio (kg/m3)	1931		

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 23 Peso Volumétrico Seco Compacto de la Arena Bloquera N-4

Bloquera	4		
Agregado	Arena		
Ensayo	1	2	3
Molde	M-B	M-B	M-B
Wmolde(kg)	2.867	2.867	2.867
Wmuestra+molde(kg)	7.8752	7.940	8.0381
Volumen del molde (m3)	0.00325	0.00325	0.00325
Wmuestra(kg)	5.0082	5.073	5.1711
PVSC (kg/m3)	1541	1561	1591
PVSC promedio (kg/m3)	1564		

Fuente: Elaboración Propia**Tabla 24 Peso Volumétrico Seco Compacto del material cero Bloquera N-4**

Bloquera	4		
Agregado	Zero		
Ensayo	1	2	3
Molde	M-B	M-B	M-B
Wmolde(kg)	2.867	2.867	2.867
Wmuestra+molde(kg)	9.2006	9.2654	9.2708
Volumen del molde (m3)	0.00325	0.00325	0.00325
Wmuestra(kg)	6.3396	6.3984	6.4038
PVSC (kg/m3)	1949	1969	1970
PVSC promedio (kg/m3)	1963		

Fuente: Elaboración Propia**Tabla 25 Peso Volumétrico Seco Compacto de la Arena Bloquera N-5**

Bloquera	5		
Agregado	Arena		
Ensayo	1	2	3
Molde	M-B	M-B	M-B
Wmolde(kg)	2.867	2.867	2.867
Wmuestra+molde(kg)	7.7945	7.8708	7.8750
Volumen del molde (m3)	0.00325	0.00325	0.00325
Wmuestra(kg)	4.9275	5.0038	5.008
PVSC (kg/m3)	1516	1540	1541
PVSC promedio (kg/m3)	1532		

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 26 Peso Volumétrico Seco Compacto del material cero Bloquera N-5

Bloquera	5		
Agregado	Zero		
Ensayo	1	2	3
Molde	M-B	M-B	M-B
Wmolde(kg)	2.867	2.867	2.867
Wmuestra+molde(kg)	8.8847	8.944	9.024
Volumen del molde (m3)	0.00325	0.00325	0.00325
Wmuestra(kg)	6.0177	6.077	6.157
PVSC (kg/m3)	1852	1870	1894
PVSC promedio (kg/m3)	1872		

Fuente: Elaboración Propia

A como podemos observar los valores PVSC de la arena en las fábricas ronda desde los 1430 hasta los 1590 kg/m³. También los valores PVSC para el material cero se encuentran entre los 1800 hasta los 1960 kg/m³. El material cero puede cumplir la función como sustituto de la grava dado a su alta densidad y poca porosidad.

2.3.3 Determinación de la gravedad específica y porcentaje de absorción del agregado fino ASTM C-128

Figura 21 Secado del Material Saturado Superficialmente Seco



Fuente: Elaboración Propia

Por último, se procede a calcular la gravedad específica y el porcentaje de absorción con las siguientes ecuaciones.

Gravedad Específica

Ecuación N° 4:

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

Gravedad Específica Saturada Superficialmente Seca

Figura 22 Llenado del picnómetro



Fuente: Elaboración Propia

Ecuación N° 5:

$$G_{SSS} = \frac{B}{D + B - C}$$

Gravedad Especifica de los solidos

Ecuación N° 6:

$$G_{SSS} = \frac{A}{D + A - C}$$

Donde:

- A. Peso de la muestra secada en el 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)
- E.

Ecuación N° 7:

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

Donde:

%Abs: Porcentaje de absorción

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

B: Peso de la muestra en condición Saturada Superficialmente Seca (gr)

Tabla 27 Gravedad Específica y Absorción Arena Bloquera N-1

Bloquera N-1			
Agregado: Arena			Promedio
Ensayo	1	2	
Peso seco de la arena (A)	478.1	473.4	
Peso seco de la arena en condición SSS (B)	500	500	
Peso del picnómetro más muestra más agua (C)	994.6	996.8	
Peso del picnómetro más agua (D)	681.92	686.852	
Temperatura del Ensaye	30.1	31	
Gravedad Especifica de la Arena (Ge)	2.55	2.49	2.52
Gravedad Especifica SSS	2.67	2.63	2.65
Gravedad especifica aparente	2.89	2.90	2.89
Porcentaje de absorción	4.58	5.62	5.10

Fuente: Elaboración Propia**Tabla 28 Gravedad Específica y Absorción Material Cero Bloquera N-1**

Bloquera N-1			
Agregado: Cero			Promedio
Ensayo	1	2	
Peso seco de la arena (A)	498.1	496.9	
Peso seco de la arena en condición SSS (B)	500	500	
Peso del picnómetro más muestra más agua (C)	1028.7	1032.4	
Peso del picnómetro más agua (D)	681.8852	686.8422	
Temperatura del Ensaye	30.3	31.1	
Gravedad Especifica de la Arena (Ge)	3.25	3.22	3.23
Gravedad Especifica SSS	3.26	3.24	3.25
Gravedad especifica aparente	3.29	3.28	3.29
Porcentaje de absorción	0.38	0.62	0.50

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 29 Gravedad Específica y Absorción Arena Bloquera N-2

Bloquera N-2			
Agregado: Arena			Promedio
Ensayo	1	2	
Peso seco de la arena (A)	491.4	496.9	
Peso seco de la arena en condición SSS (B)	500	500	
Peso del picnómetro más muestra más agua (C)	999.2	1032.4	
Peso del picnómetro más agua (D)	686.94	686.8422	
Temperatura del Ensaye	30.10	31.1	
Gravedad Especifica de la Arena (Ge)	2.62	2.61	2.61
Gravedad Especifica SSS	2.66	2.66	2.66
Gravedad especifica aparente	2.74	2.76	2.75
Porcentaje de absorción	1.75	2.04	1.90

Fuente: Elaboración Propia**Tabla 30 Gravedad Específica y Absorción Material Cero Bloquera N-2**

Bloquera N-2			
Agregado: Cero			Promedio
Ensayo	1	2	
Peso seco de la arena (A)	499.2	499	
Peso seco de la arena en condición SSS (B)	500.00	500	
Peso del picnómetro más muestra más agua (C)	1034	1029.1	
Peso del picnómetro más agua (D)	686.901	681.7808	
Temperatura del Ensaye	30.50	31.2	
Gravedad Especifica de la Arena (Ge)	3.26	3.27	3.27
Gravedad Especifica SSS	3.27	3.27	3.27
Gravedad especifica aparente	3.28	3.29	3.29
Porcentaje de absorción	0.16	0.20	0.18

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 31 Gravedad Específica y Absorción Arena Bloquera N-3

Bloquera N-3			
Agregado: Arena			Promedio
Ensayo	1	2	
Peso seco de la arena (A)	483.6	482.5	
Peso seco de la arena en condición SSS (B)	500	500	
Peso del picnómetro más muestra más agua (C)	1002.3	1005.2	
Peso del picnómetro más agua (D)	681.8272	686.9108	
Temperatura del Ensaye	30.8	30.4	
Gravedad Especifica de la Arena (Ge)	2.69	2.66	2.67
Gravedad Especifica SSS	2.79	2.75	2.77
Gravedad especifica aparente	2.96	2.94	2.95
Porcentaje de absorción	3.39	3.63	3.51

Fuente: Elaboración Propia**Tabla 32 Gravedad Específica y Absorción Material Cero Bloquera N-3**

Bloquera N-3			
Agregado: Cero			Promedio
Ensayo	1	2	
Peso seco de la arena (A)	498.1	498.5	
Peso seco de la arena en condición SSS (B)	500	500	
Peso del picnómetro más muestra más agua (C)	1027	1035.7	
Peso del picnómetro más agua (D)	681.8736	686.852	
Temperatura del Ensaye	30.7	31	
Gravedad Especifica de la Arena (Ge)	3.22	3.30	3.26
Gravedad Especifica SSS	3.23	3.31	3.27
Gravedad especifica aparente	3.26	3.33	3.29
Porcentaje de absorción	0.38	0.30	0.34

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 33 Gravedad Específica y Absorción Arena Bloquera N-4

Bloquera N-4			
Agregado: Arena			Promedio
Ensayo	1	2	
Peso seco de la arena (A)	493.9	495.1	
Peso seco de la arena en condición SSS (B)	500.00	500	
Peso del picnómetro más muestra más agua (C)	998.4	1011.7	
Peso del picnómetro más agua (D)	681.7924	686.9794	
Temperatura del Ensaye	31.10	29.7	
Gravedad Especifica de la Arena (Ge)	2.69	2.82	2.76
Gravedad Especifica SSS	2.73	2.85	2.79
Gravedad especifica aparente	2.79	2.91	2.85
Porcentaje de absorción	1.24	0.99	1.11

Fuente: Elaboración Propia**Tabla 34 Gravedad Específica y Absorción Material Cero Bloquera N-4**

Bloquera N-4			
Agregado: Cero			Promedio
Ensayo	1	2	
Peso seco de la arena (A)	499.9	499.8	
Peso seco de la arena en condición SSS (B)	500.00	500	
Peso del picnómetro más muestra más agua (C)	1035	1030.1	
Peso del picnómetro más agua (D)	686.7932	685.4	
Temperatura del Ensaye	31.60	30.9	
Gravedad Especifica de la Arena (Ge)	3.29	3.22	3.26
Gravedad Especifica SSS	3.29	3.22	3.26
Gravedad especifica aparente	3.30	3.22	3.26
Porcentaje de absorción	0.02	0.04	0.03

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 35 Gravedad Específica y Absorción Arena Bloquera N-5

Bloquera N-5			
Agregado: Arena			Promedio
Ensayo	1	2	
Peso seco de la arena (A)	484.8	479.9	
Peso seco de la arena en condición SSS (B)	500	500	
Peso del picnómetro más muestra más agua (C)	1002.8	1002.1	
Peso del picnómetro más agua (D)	682.0498	682.0734	
Temperatura del Ensaye	28.9	28.7	
Gravedad Especifica de la Arena (Ge)	2.70	2.67	2.69
Gravedad Especifica SSS	2.79	2.78	2.78
Gravedad especifica aparente	2.96	3.00	2.98
Porcentaje de absorción	3.14	4.19	3.66

Fuente: Elaboración Propia**Tabla 36 Gravedad Específica y Absorción Material Cero Bloquera N-5**

Bloquera N-5			
Agregado: Cero			Promedio
Ensayo	1	2	
Peso seco de la arena (A)	498.8	498.1	
Peso seco de la arena en condición SSS (B)	500.00	500	
Peso del picnómetro más muestra más agua (C)	1030.2	1035.4	
Peso del picnómetro más agua (D)	682.1088	687.1558	
Temperatura del Ensaye	28.40	27.9	
Gravedad Especifica de la Arena (Ge)	3.28	3.28	3.28
Gravedad Especifica SSS	3.29	3.29	3.29
Gravedad especifica aparente	3.31	3.32	3.32
Porcentaje de absorción	0.24	0.38	0.31

Fuente: Elaboración Propia

De los datos obtenidos la gravedad específica del material fino en cada una de las fábricas mantiene un valor entre los 2.6 y 2.7 lo cual se encuentran dentro de los valores promedios aceptables para el agregado fino. En el material cero sus valores fueron mayores a 3.20 lo cual indica que es un material con alta densidad de masa.

2.3.4 Análisis Granulométrico de los agregados finos.

Se considera que la granulometría es la separación de los tamaños de las partículas de un agregado el cual se logra obtener por medio de tamices de malla de alambre con aberturas de diferentes tamaños de acorde a la norma ASTM C 136.

La importancia del análisis granulométrico radica que de los resultados obtenidos dependerán las propiedades de las diferentes mezclas de concreto, resistencia y estabilidad volumétrica por lo tanto se necesita que estos materiales logren ocupar la mayor masa en el concreto.

Los tamices disponibles para poder colar los agregados y finos se mostrarán en la siguiente tabla.

Tabla 37 Tamaño de la abertura para tamices de graduación fina.

Tamices	Abertura del tamiz libre	
	Pulgadas	Milímetros
3/8	0.3748	9.52
N° 4	0.187	4.75
N° 8	0.0937	2.38
N° 16	0.0468	1.19
N° 30	0.0232	0.59
N° 50	0.0116	0.297
N° 100	0.0058	0.149
N° 200	0.00295	0.075

Fuente: ASTM C-136

Tabla 38 Tamaño de la abertura para tamices de graduación gruesa

Tamices	Abertura del tamiz libre	
	Pulgadas	Milímetros
3"	3	76.2
2½"	2.5	63.5
2"	2	50.8
1½"	1.5	38.1
1"	1	25.4
¾"	0.75	19.1
½"	0.5	12.7
3/8"	0.3748	9.52
1/4"	0.25	6.35
Nº 4	0.187	4.75
Nº 8	0.0937	2.38

Fuente: ASTM C-136

Ecuación N° 8:

$$\%RP = \frac{\text{Peso retenido en cada tamiz}}{\text{Peso de la muestra}} * 100$$

Donde:

%RP = Porcentaje de retenido Parcial en cada tamiz

Ecuación N° 9:

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

Donde:

%RA = Porcentaje de retenido acumulado

%RA_i = Porcentaje de retenido acumulado inicial

%RA_{i+1} = Porcentaje de retenido acumulado siguiente a la malla que se está calculando.

Ecuación N° 10:

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

Donde:

%RA = Porcentaje de retenido acumulado

Ecuación N° 11:

$$MF = \frac{\sum \% RA \text{ (desde tamiz } \frac{3}{8} \text{ hasta } \# 100)}{100}$$

Donde:

MF= Modulo de Finura.

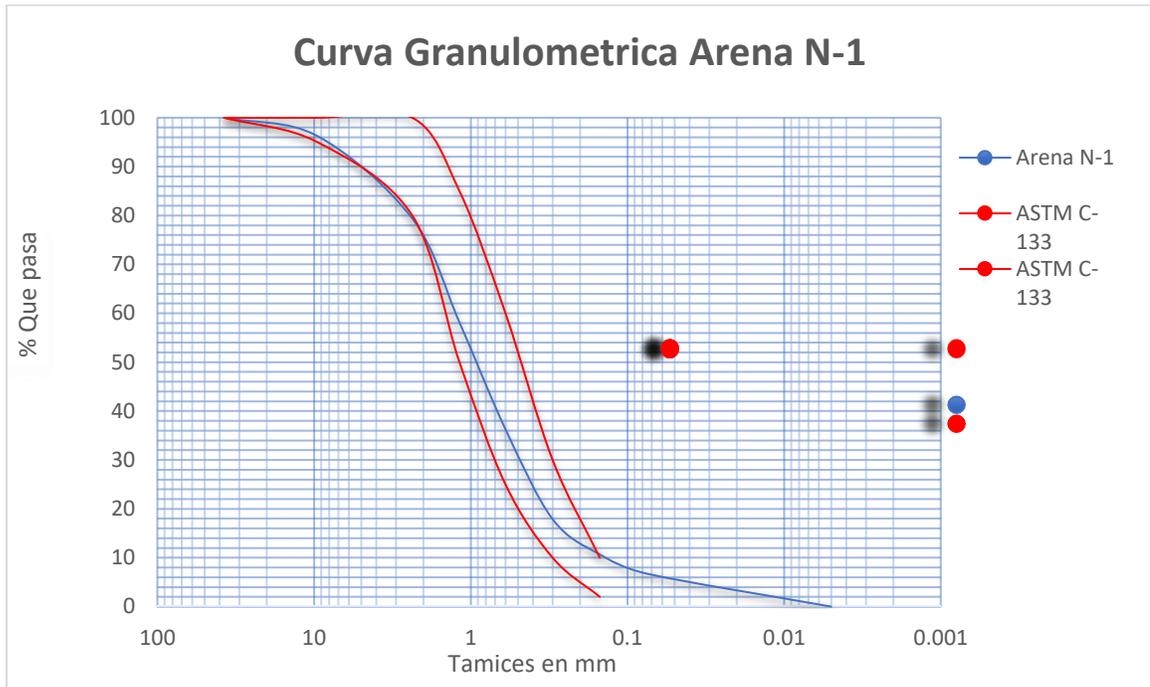
%RA = Porcentaje de retenido acumulado.

Tabla 39 Análisis Granulométrico Arena Bloquera N-1

Material Arena Bloquera N-1						
Malla	Peso retenido parcial(gr)	Retenido parcial %	Retenido acumulado %	Lo que pasa %	Norma ASTM C-133	
3/8	0	0	0	100	100	100
N.4	18.8	4	4	96	95	100
N.8	84.3	17	21	79	80	100
N.16	106.2	21	42	58	50	85
N.30	109.3	22	64	36	25	60
N.50	92	18	82	18	10	30
N.100	36	7	89	11	2	10
N.200	19.9	4	93	7		
Lo que pasa 200	33.5	7	100	0		
Sumatoria	500	100	100	0		
MF	3.01					

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 1 Curva Granulométrica Arena N-1



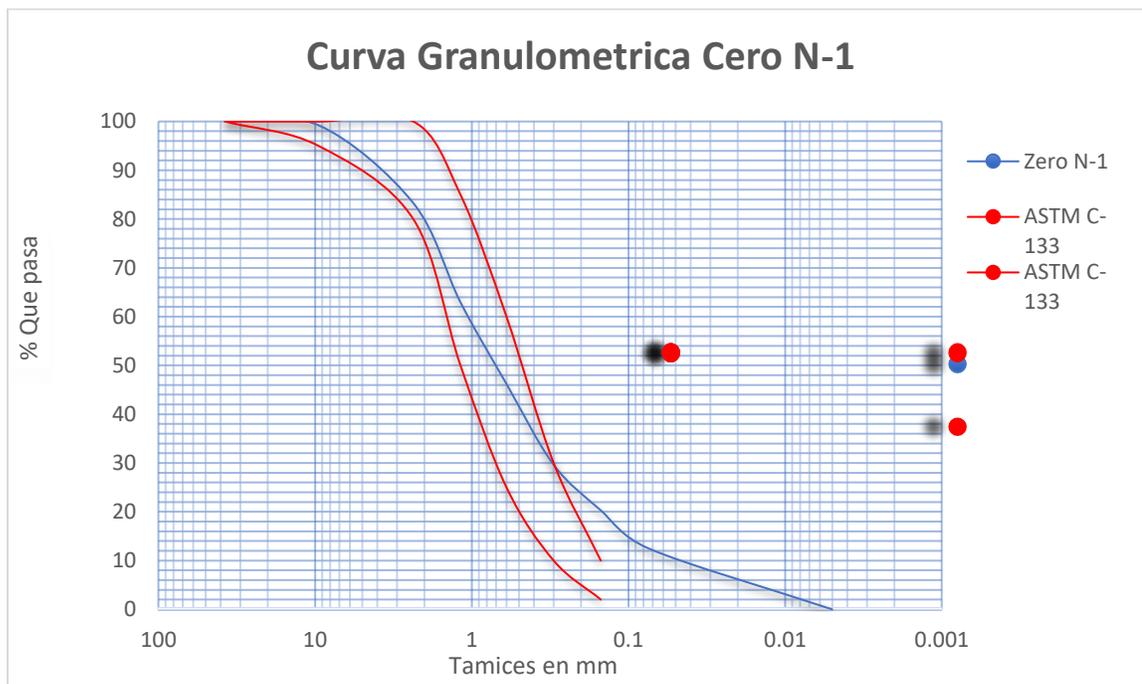
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 40 Análisis Granulométrico Material Cero Bloquera N-1

Material cero Bloquera N-1						
Malla	Peso retenido parcial(gr)	Retenido parcial %	Retenido acumulado %	Lo que pasa %	Norma ASTM C-133	
3/8	0	0	0	100	100	100
N.4	3.9	1	1	99	95	100
N.8	79.7	16	17	83	80	100
N.16	101.7	20	37	63	50	85
N.30	83.7	17	54	46	25	60
N.50	82.8	17	70	30	10	30
N.100	46.7	9	80	20	2	10
N.200	39.2	8	88	12		
Lo que pasa 200	62.3	12	100	0		
Sumatoria	500	100	100	0		
MF	2.58					

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 2 Curva Granulométrica Material Cero N-1



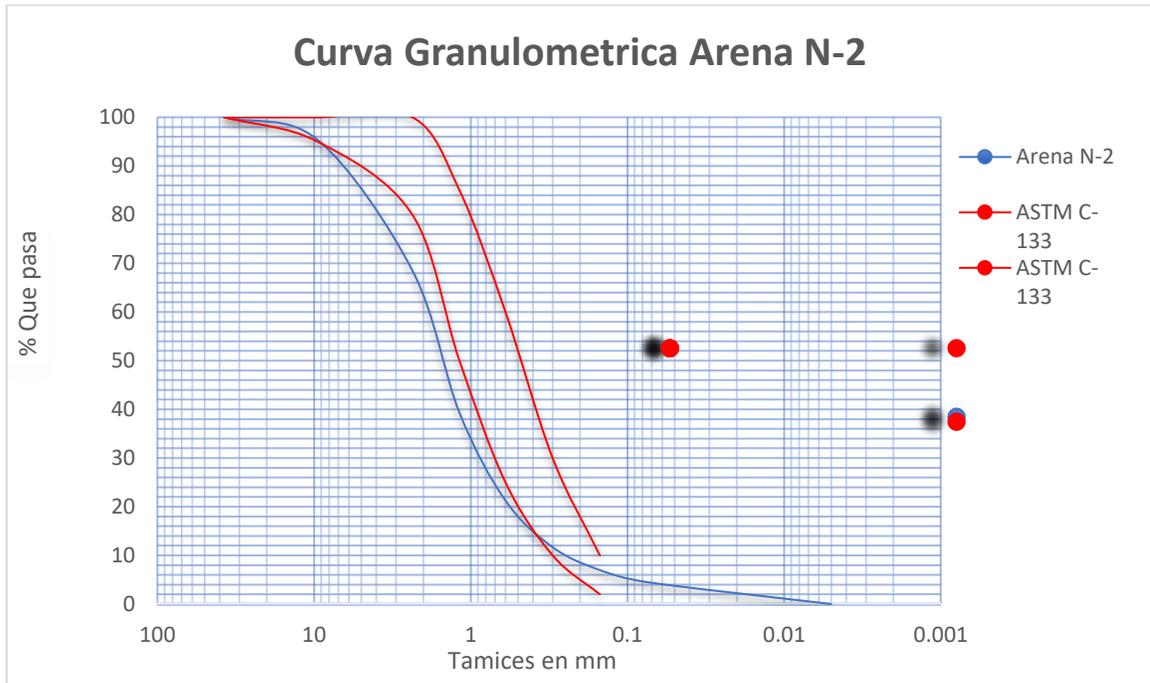
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 41 Análisis Granulométrico Arena Bloquera N-2

Material Arena Bloquera N-2						
Malla	Peso retenido parcial(gr)	Retenido parcial %	Retenido acumulado %	Lo que pasa %	Norma ASTM C-133	
3/8	0	0	0	100	100	100
N.4	23.1	5	5	95	95	100
N.8	134.1	27	31	69	80	100
N.16	146.3	29	61	39	50	85
N.30	90.2	18	79	21	25	60
N.50	47.9	10	88	12	10	30
N.100	23.5	5	93	7	2	10
N.200	12.5	3	96	4		
Lo que pasa 200	22.4	4	100	0		
Sumatoria	500	100	100	0		
MF	3.57					

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 3 Curva Granulométrica Arena N-2



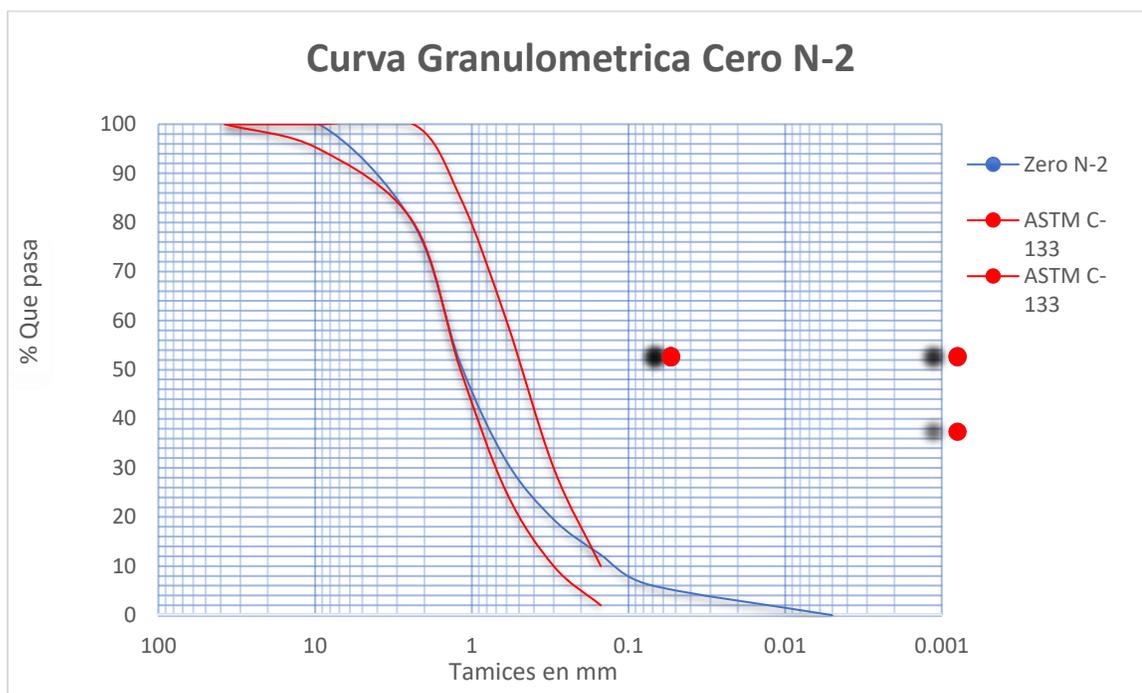
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 42 Análisis Granulométrico Material Cero Bloquera N-2

Material cero Bloquera N-2						
Malla	Peso retenido parcial(gr)	Retenido parcial %	Retenido acumulado %	Lo que pasa %	Norma ASTM C-133	
3/8	0	0	0	100	100	100
N.4	0	0	0	100	95	100
N.8	101.1	20	20	80	80	100
N.16	142.8	29	49	51	50	85
N.30	99.5	20	69	31	25	60
N.50	59.1	12	81	20	10	30
N.100	36	7	88	12	2	10
N.200	30.4	6	94	6		
Lo que pasa 200	31.1	6	100	0		
Sumatoria	500	100	100	0		
MF	3.06					

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 4 Curva Granulométrica Material Cero N-2



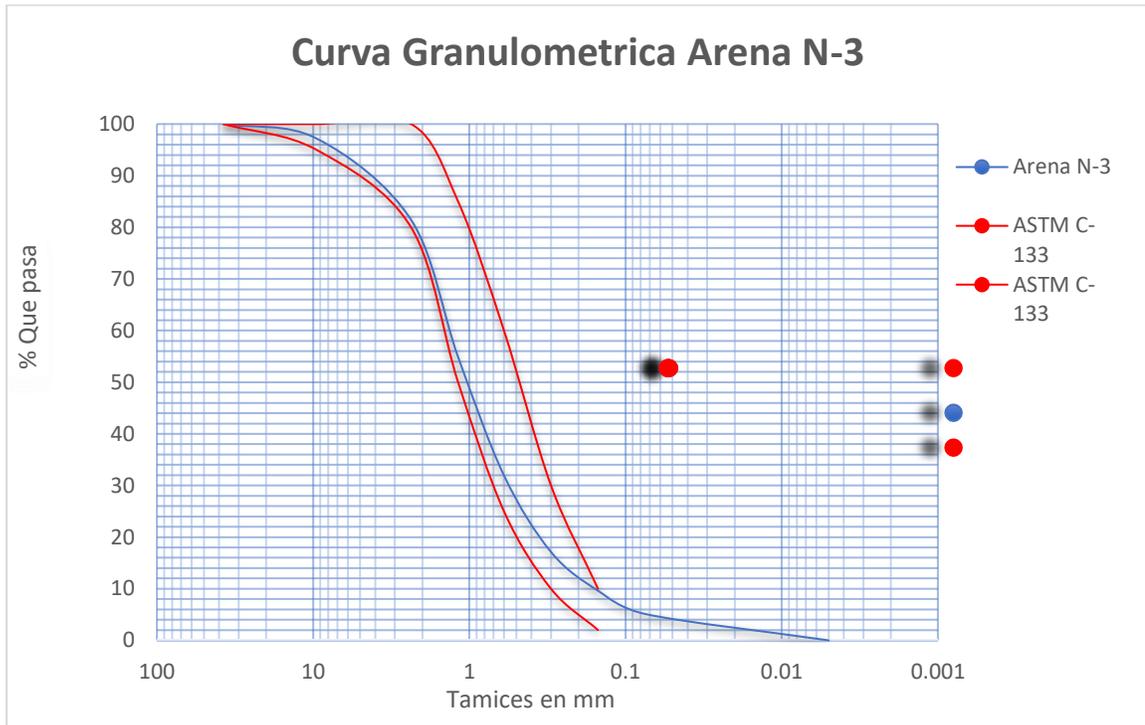
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 43 Análisis Granulométrico Arena Bloquera N-3

Material Arena Bloquera N-3						
Malla	Peso retenido parcial(gr)	Retenido parcial %	Retenido acumulado %	Lo que pasa %	Norma ASTM C-133	
3/8	0	0	0	100	100	100
N.4	14	3	3	97	95	100
N.8	78.7	16	19	81	80	100
N.16	132.9	27	45	55	50	85
N.30	114.7	23	68	32	25	60
N.50	74.1	15	83	17	10	30
N.100	37.5	8	90	10	2	10
N.200	22.7	5	95	5		
Lo que pasa 200	25.4	5	100	0		
Sumatoria	500	100	100	0		
MF	3.08					

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 5 Curva Granulométrica Arena N-3



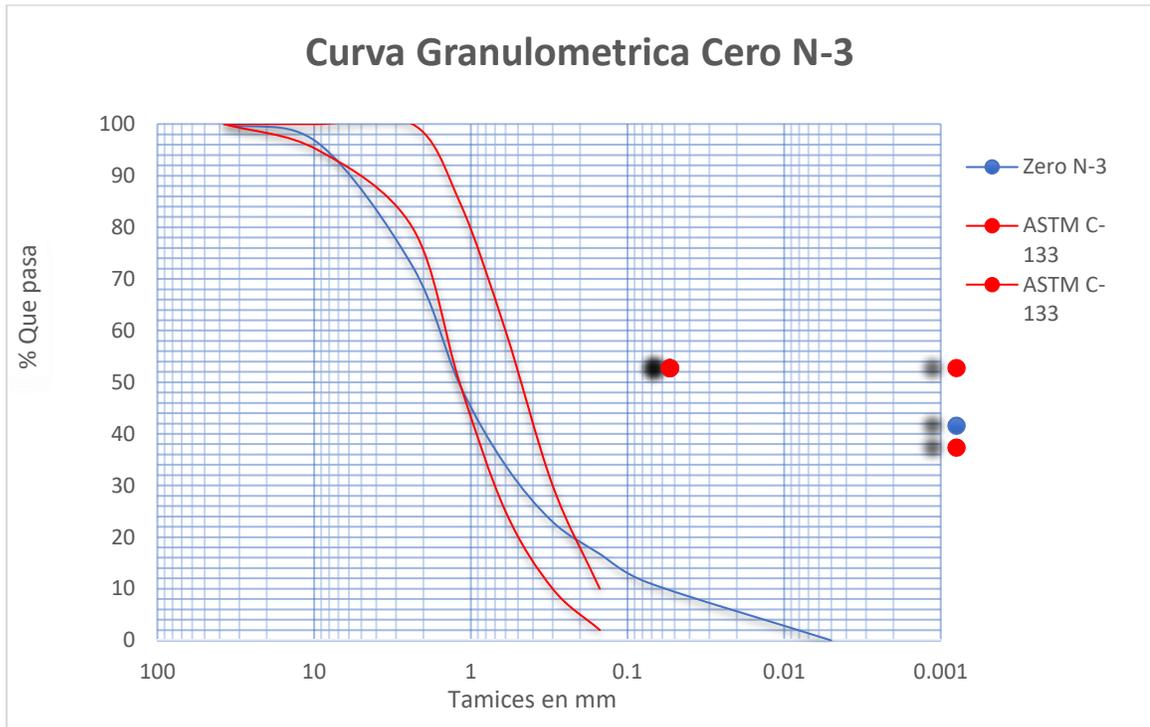
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 44 Análisis Granulométrico Material Cero Bloquera N-3

Material cero Bloquera N-3						
Malla	Peso retenido parcial(gr)	Retenido parcial %	Retenido acumulado %	Lo que pasa %	Norma ASTM C-133	
3/8	0	0	0	100	100	100
N.4	18	4	4	96	95	100
N.8	119.4	24	27	73	80	100
N.16	114.4	23	50	50	50	85
N.30	78.7	16	66	34	25	60
N.50	54.7	11	77	23	10	30
N.100	31.1	6	83	17	2	10
N.200	27.7	6	89	11		
Lo que pasa 200	56	11	100	0		
Sumatoria	500	100	100	0		
MF	3.08					

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 6 Curva Granulométrica Material Cero N-3



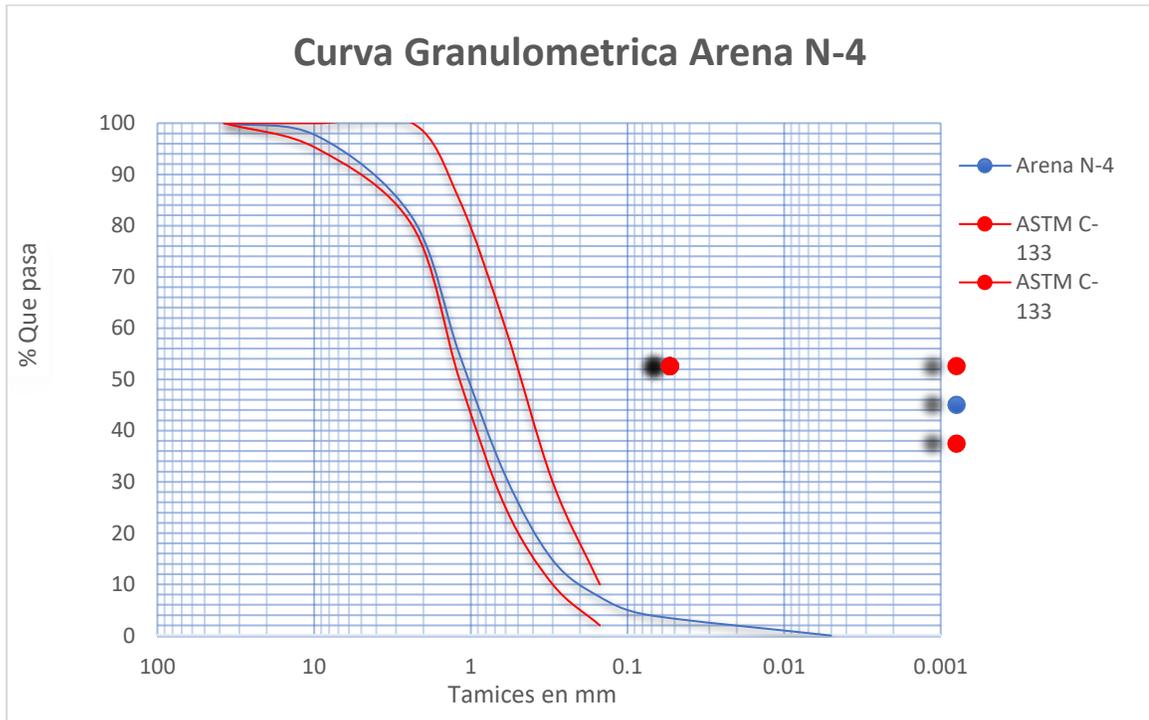
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 45 Análisis Granulométrico Arena Bloquera N-4

Material Arena Bloquera N-4						
Malla	Peso retenido parcial(gr)	Retenido parcial %	Retenido acumulado %	Lo que pasa %	Norma ASTM C-133	
3/8	0	0	0	100	100	100
N.4	12.7	3	3	97	95	100
N.8	79.4	16	18	82	80	100
N.16	133.5	27	45	55	50	85
N.30	118.7	24	69	31	25	60
N.50	82	16	85	15	10	30
N.100	36	7	92	8	2	10
N.200	17.5	4	96	4		
Lo que pasa 200	20.2	4	100	0		
Sumatoria	500	100	100	0		
MF	3.13					

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 7 Curva Granulométrica Arena N-4



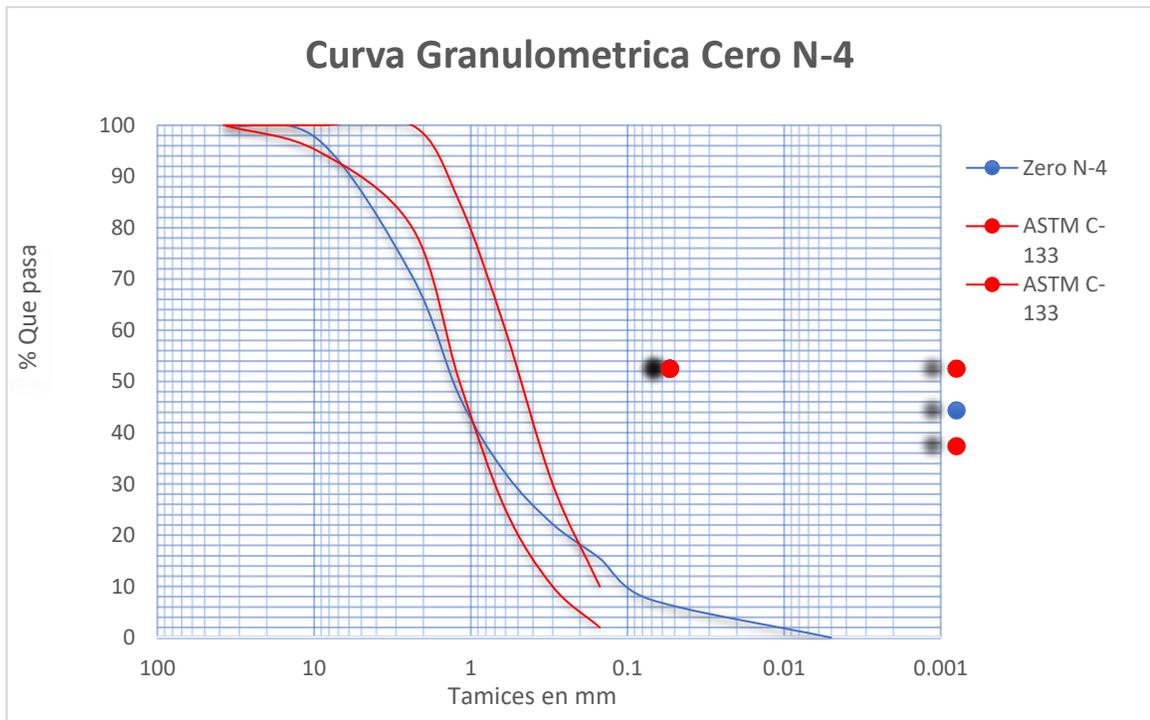
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 46 Análisis Granulométrico Material Cero Bloquera N-4

Material cero Bloquera N-4						
Malla	Peso retenido parcial(gr)	Retenido parcial %	Retenido acumulado %	Lo que pasa %	Norma ASTM C-133	
3/8	0	0	0	100	100	100
N.4	13.5	3	3	97	95	100
N.8	134	27	30	71	80	100
N.16	117.2	23	53	47	50	85
N.30	75	15	68	32	25	60
N.50	49.4	10	78	22	10	30
N.100	33.5	7	85	15	2	10
N.200	39.3	8	92	8		
Lo que pasa 200	38.1	8	100	0		
Sumatoria	500	100	100	0		
MF	3.15					

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 8 Curva Granulométrica Material Cero N-4



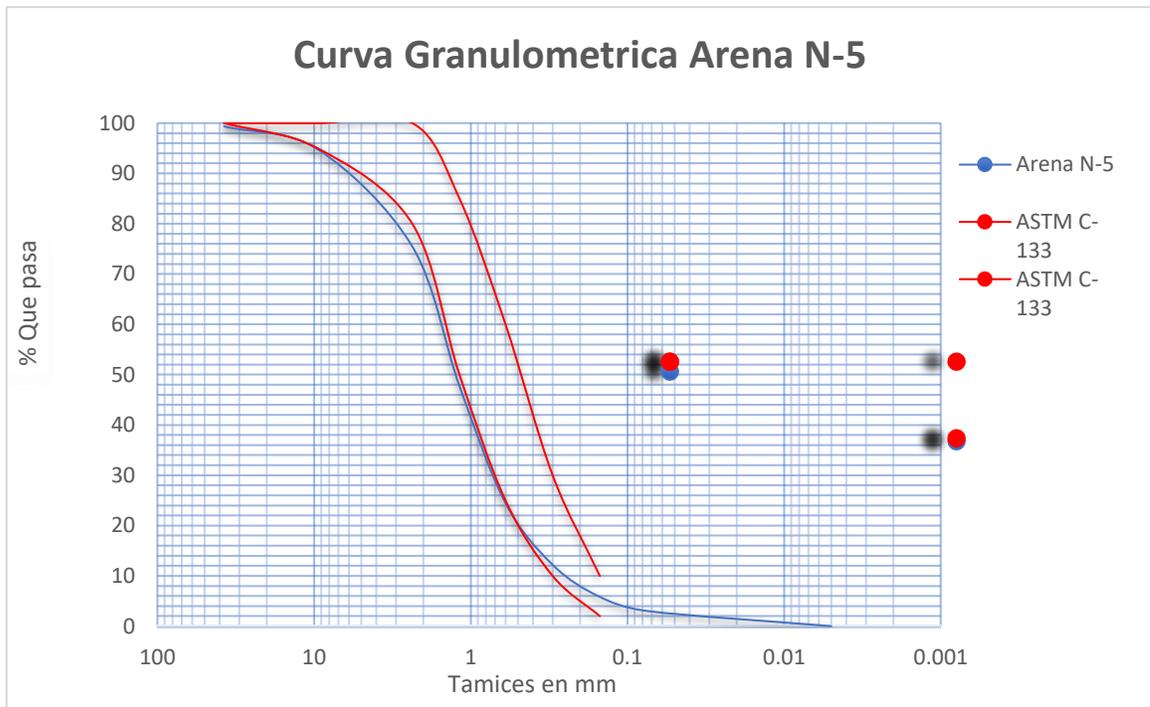
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 47 Análisis Granulométrico Arena Bloquera N-5

Material Arena Bloquera N-5						
Malla	Peso retenido parcial(gr)	Retenido parcial %	Retenido acumulado %	Lo que pasa %	Norma ASTM C-133	
3/8	3.2	1	1	99	100	100
N.4	22.8	5	5	95	95	100
N.8	96.6	19	25	75	80	100
N.16	138.7	28	52	48	50	85
N.30	116.3	23	76	24	25	60
N.50	61.4	12	88	12	10	30
N.100	31.9	6	94	6	2	10
N.200	14.1	3	97	3		
Lo que pasa 200	15	3	100	0		
Sumatoria	500	100	100	0		
MF	3.40					

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 9 Curva Granulométrica Arena N-5



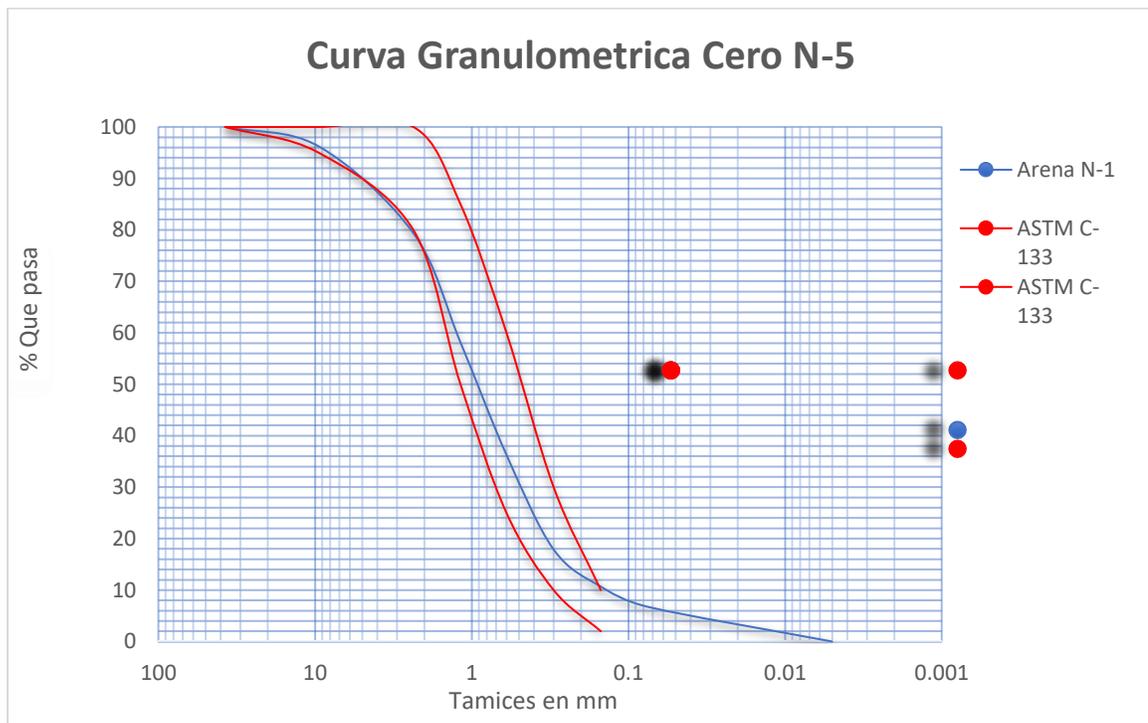
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 48 Análisis Granulométrico Material Cero Bloquera N-5

Material cero Bloquera N-5						
Malla	Peso retenido parcial(gr)	Retenido parcial %	Retenido acumulado %	Lo que pasa %	Norma ASTM C-133	
3/8	0	0	0	100	100	100
N.4	0.1	0	0	100	95	100
N.8	115.3	23	23	77	80	100
N.16	120.4	24	47	53	50	85
N.30	83.2	17	64	36	25	60
N.50	60.4	12	76	24	10	30
N.100	36.1	7	83	17	2	10
N.200	30.8	6	89	11		
Lo que pasa 200	53.7	11	100	0		
Sumatoria	500	100	100	0		
MF	2.93					

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 10 Curva Granulométrica Material Cero N-5



Fuente: Elaboración Propia

De la curva granulométrica de la arena de la bloquera N-1 podemos obtener que su material en el tamiz n.8 sobrepasa el límite superior dado por la norma ASTM C-133, En los demás tamices cumple bien hasta el tamiz n.50 ya que después el material se vuelve muy fino, se considera que es un material bien gradado.

De la curva granulométrica del material cero de la bloquera N-1 podemos obtener que su material se mantiene entre los límites establecidos hasta llegar al tamiz n.30 donde sobrepasa el límite inferior, por lo cual se concluye que es un material bastante fino.

En la curva granulométrica de la arena de la bloquera N-2 se tiene que el material desde el tamiz n.4 n cumple respecto al límite superior de la norma ASTM C-133

donde retoma el curso alineado entre los límites después del tamiz n.50, se considera que este material posee más partículas gruesas que finas.

En la curva granulométrica del material cero de la bloquera N-2 podemos obtener que su material se mantiene entre muy dentro del límite superior hasta llegar al tamiz n.8, de ahí toma un curso bastante uniforme hasta llegar al tamiz n.50 donde sobrepasa el límite inferior. Por lo tanto, podemos concluir que tiene una granulometría bastante variada.

En la curva granulométrica de la arena de la bloquera N-3 el material mantiene un curso uniforme dentro de los márgenes establecidos por la ASTM C-133, se considera que es una de las granulometrías mejores gradadas.

En la curva granulométrica del material cero de la bloquera N-3 se obtiene que su material en algunas partes sobrepasa el límite superior y en otras partes sobrepasa el límite inferior, siendo este un material mal gradado.

En la curva granulométrica de la arena de la bloquera N-4 el material mantiene un curso uniforme dentro de los márgenes establecidos por la ASTM C-133, siendo considerado un material bien gradado.

En la curva granulométrica del material cero de la bloquera N-4 se obtiene que su material en algunas partes sobrepasa el límite superior y en otras partes sobrepasa el límite inferior, siendo este un material mal gradado.

En la curva granulométrica de la arena de la bloquera N-5 oscila entre ambos límites impuestos en la ASTM C-133 por lo tanto es un material mal gradado

En la curva granulométrica del material cero de la bloquera N-5 tenemos un material que en los primeros tamices se mantiene muy fronterizo al límite superior sin sobrepasarlo, se puede considerar un material bien gradado.

2.4 Determinación de las propiedades de los bloques de mortero

2.4.1 Determinación del volumen del bloque

Para conocer las siguientes propiedades (absorción, dimensiones) de los bloques fabricados, se tomó una muestra de tres piezas para un lote menor a 10,000 unidades como se establece en la NTON 12 008-16.

Primeramente, se determinó el volumen de cada unidad de bloque por el método de la balanza hidrostática, donde se saturó cada muestra durante 24 horas y después se determinó su peso saturado superficialmente seco, luego se sumergió cada pieza en la canasta de la balanza y se registró cada peso.

También se calculó el área neta de los bloques con este método la cual se obtiene dividiendo el volumen de la muestra entre la altura de la muestra.

Ecuación N.13

$$Vm = \frac{W_{sss} - W_{sum}}{\gamma_w}$$

Donde

V_m = Volumen de muestra

W_{sss} = Peso saturado superficialmente seco

W_{sum} = Peso sumergido

γ_w = Densidad del agua

Ecuación N.14

$$Area\ neta = \frac{Vm}{h}$$

Figura 23 Determinación del volumen de los bloques



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 49 Volúmenes de las piezas de mampostería

Bloquera	Muestra	Wsss(kg)	Wsum(kg)	Volumen(cm3)	Área(pulg2)
N-1	1	12.655	6.902	5753	46.93
	2	12.526	6.415	6111	49.85
	3	12.490	6.790	5700	46.50
N-2	1	13.070	7.212	5858	46.80
	2	13.325	7.376	5949	48.02
	3	13.150	7.115	6035	47.97
N-3	1	14.846	8.538	6308	50.66
	2	14.934	8.649	6285	50.22
	3	14.820	8.612	6208	50.64
N-4	1	11.423	5.835	5588	46.07
	2	11.295	5.831	5464	44.81
	3	11.350	5.839	5511	45.92
N-5	1	13.666	7.341	6325	52.43
	2	13.488	7.523	5965	49.18
	3	13.550	7.458	6092	49.18

Fuente: Elaboración Propia

2.4.2 Dimensiones de las piezas

La dimensión real de cada pieza se obtuvo midiendo por el método de ensayo reflejado en la norma ASTM C 140. En las fábricas usualmente los bloques conservan dimensiones similares respecto al ancho, alto y largo, pero a veces dependiendo el molde de fabricación los espesores interiores pueden tener ligeras variaciones aumentando el área neta del bloque. Según la norma nacional NTON

12 008-16 las dimensiones no deben diferir ± 3 mm entre las dimensiones de fabricación

Tabla 50 Dimensiones promedio de los bloques de mortero

Fábrica	Bloque	Dimensiones		
		L(cm)	A(cm)	H(cm)
1	1	39.0	14.2	19.0
	2	39.1	14.0	19.0
	3	39.0	14.1	19.0
Promedio		39.03	14.1	19.0
2	1	38.9	14	19.4
	2	39.1	14.2	19.2
	3	38.6	14.4	19.5
Promedio		38.8	14.20	19.36
3	1	39.0	14.2	19.3
	2	39.0	14.3	19.4
	3	39.1	14.1	19.0
Promedio		39.03	14.20	19.23
4	1	39.0	14.0	18.8
	2	39.1	14.4	18.9
	3	39.1	14.2	18.6
Promedio		39.07	14.20	18.77
5	1	39.1	14.1	18.7
	2	39.2	14.3	18.8
	3	39.2	14.0	19.2
Promedio		39.17	14.13	18.91

Fuente: Elaboración Propia

De los resultados obtenidos de las dimensiones de los bloques fabricados, se obtuvo que el 80% de las fábricas cumplen con lo establecido en la NTON 12 008-16 de no diferir en más de 3mm en ninguna de sus direcciones. Excepto por la fábrica 2 que no cumple con la norma en el apartado de la altura del bloque.

2.4.3 Determinación del área neta de los bloques

Para determinar el área neta se procedió a medir primeramente el área bruta de los bloques con una cinta métrica, conociendo ya ese dato se midió el área hueca de las piezas mampuestas y se realizó el cálculo del área neta que es la diferencia

del área bruta con el área hueca. Los datos de las áreas se presentarán en pulgadas²

Ecuación N.15

$$\text{Area bruta} = \text{Longitud del bloque} * \text{Ancho del bloque}$$

Ecuación N.16

$$\text{Area neta} = \text{Area bruta} - \text{Area de huecos}$$

Tabla 51 Determinación del área neta de los bloques de mortero

Área Neta					
Bloquera	L(cm)	A(cm)	Área de huecos	Área Bruta	Área Neta
1	39.0	14.2	37.16	86.06	48.90
1	39.1	14.0	36.60	84.63	48.03
1	39.0	14.1	36.28	85.23	48.96
2	38.9	14	37.56	84.41	46.85
2	39.1	14.2	37.16	86.06	48.90
2	38.6	14.4	37.29	86.16	48.86
3	39.0	14.2	34.56	85.84	51.28
3	39.0	14.3	34.74	86.44	51.71
3	39.1	14.1	34.15	85.45	51.30
4	39.1	14.4	33.48	87.27	53.79
4	38.5	14.0	37.43	83.55	46.11
4	39.1	14.2	32.45	86.06	53.61
5	39.1	14.1	35.84	85.45	49.62
5	39.2	14.3	35.38	86.89	51.51
5	39.2	14.0	36.63	85.06	48.44

Fuente: Elaboración Propia

2.4.4 Absorción de las piezas de mampostería

Se determinó la absorción de los bloques tomando el peso seco de las piezas y después sumergiendo las piezas durante 24 horas, cumplido el plazo se extrajeron y se anotó su peso saturado superficialmente seco.

Se adjuntarán las tablas donde se muestra el valor de absorción de cada pieza testeada de la respectiva fábrica donde se realizó.

Tabla 52 Absorción de los bloques

Bloquera	Muestra	Wsss(kg)	Ws(kg)	Absorción %
N-1	1	12.66	12.43	1.83
	2	12.53	12.18	2.87
	3	12.49	12.25	1.96
Bloquera	Muestra	Wsss(kg)	Ws(kg)	Absorción %
N-2	1	13.07	12.33	5.98
	2	13.33	12.5	6.58
	3	13.15	12.31	6.82
Bloquera	Muestra	Wsss(kg)	Ws(kg)	Absorción %
N-3	1	14.85	14.36	3.38
	2	14.93	14.53	2.81
	3	14.82	14.32	3.49
Bloquera	Muestra	Wsss(kg)	Ws(kg)	Absorción %
N-4	1	11.42	10.83	5.51
	2	11.3	10.81	4.47
	3	11.35	10.82	4.93
Bloquera	Muestra	Wsss(kg)	Ws(kg)	Absorción %
N-5	1	13.67	12.79	6.84
	2	13.49	12.86	4.88
	3	13.55	12.83	5.61

Fuente: Elaboración Propia

Se puede observar que, para todas las fábricas en estudio, los valores de absorción correspondientes oscilan entre el 2 y el 6 %, lo cual nos indica que el bloque tiene una buena capacidad para no albergar mucha agua en su interior, además podemos agregar que cumple con el valor impuesto en la NTON para esta propiedad que es de 10% máximo.

También al comparar el peso de los bloques tenemos que la fábrica N-4 es la que tiene menor peso de todas con una diferencia de 2.5 kg del promedio de las otras fábricas, la fábrica N-3 es la que posee los bloques más sólidos y de mayor peso.

2.4.5 Prueba de resistencia a la compresión de los bloques

Los bloques de mortero siendo un elemento básico en la construcción en nuestro país, es el más usado dado a su costo económico, además de sus capacidades

de resistencia a grandes cargas siendo esta la más importante ya que su finalidad es para la construcción de un muro usualmente.

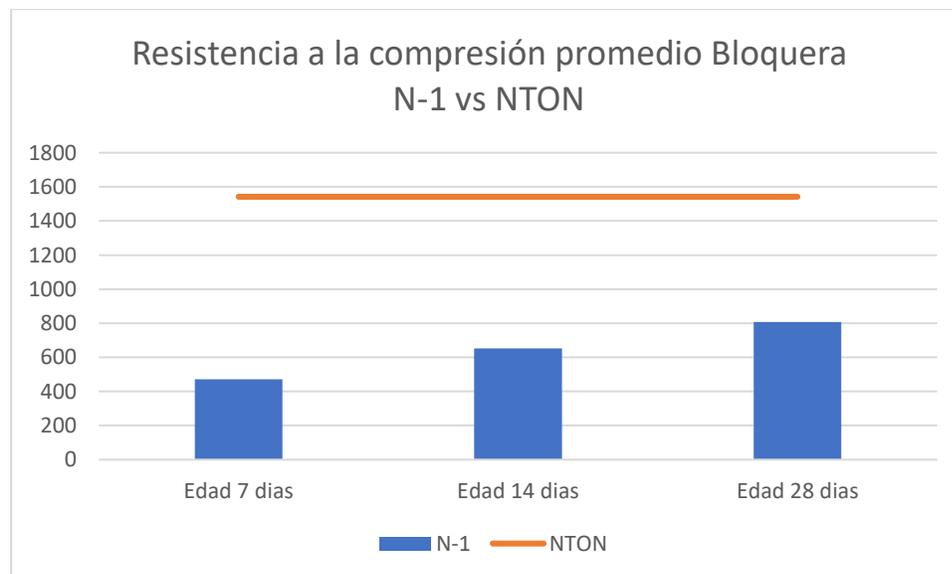
Se realizó la prueba a 3 piezas mampuestas por edad, un total de 9 bloques para cada fábrica seleccionada según la NTON 12 008-16, obteniendo los siguientes datos

Tabla 53 Resistencia a la compresión Bloques N-1

Resistencia a la compresión de bloques de mortero Bloquera N-1					
Edad	Carga soportada(lbs)	F'c (PSI)	Desviación	Min	Max
7	21640	430.39	39.19	432.86	511.23
7	25720	508.18			
7	23640	477.57			
14	33930	693.89	79.90	572.11	731.91
14	26890	559.88			
14	34380	702.27			
28	39350	800.20	7.26	800.97	815.49
28	40460	810.15			
28	38170	814.34			

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 11 Resistencia a la compresión Bloquera N-1



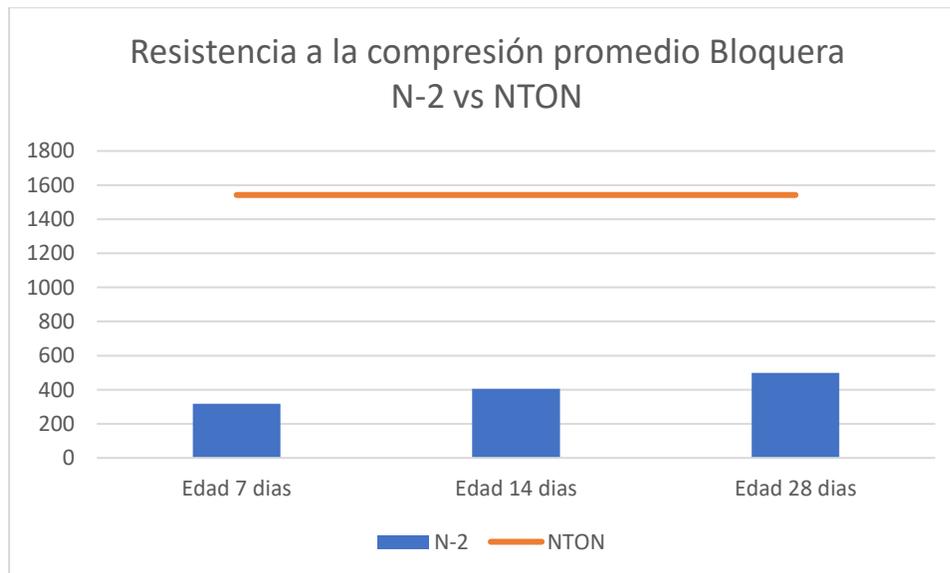
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 54 Resistencia a la compresión Bloques N-2

Resistencia a la compresión de bloques de mortero Bloquera N-2					
Edad	Carga soportada(lbs)	F'c (PSI)	Desviación	Min	Max
7	15100	296.67	65.68	251.04	382.40
7	19310	390.09			
7	12870	263.4			
14	17418	371.77	31.99	373.63	437.62
14	21288	435.36			
14	19228	409.75			
28	22130	464.26	60.16	438.83	559.15
28	26950	568.46			
28	20950	438.46			

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 12 Resistencia a la compresión Bloquera N-2



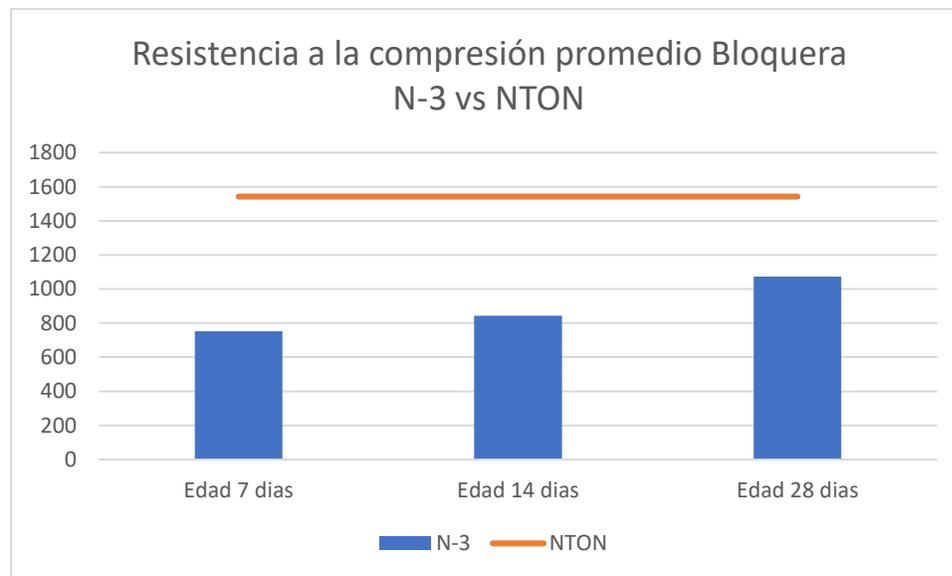
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 55 Resistencia a la compresión Bloques N-3

Resistencia a la compresión de bloques de mortero Bloquera N-3					
Edad	Carga soportada(lbs)	F'c (PSI)	Desviación	Min	Max
7	23520	458.64	169.58	582.36	921.52
7	39350	761.00			
7	38110	742.88			
14	43740	853.01	33.42	810.29	1107.08
14	41800	806.62			
14	44520	871.49			
28	55320	1074.68	88.50	985.16	1162.16
28	59440	1161.65			
28	49810	984.66			

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 13 Resistencia a la compresión Bloquera N-3



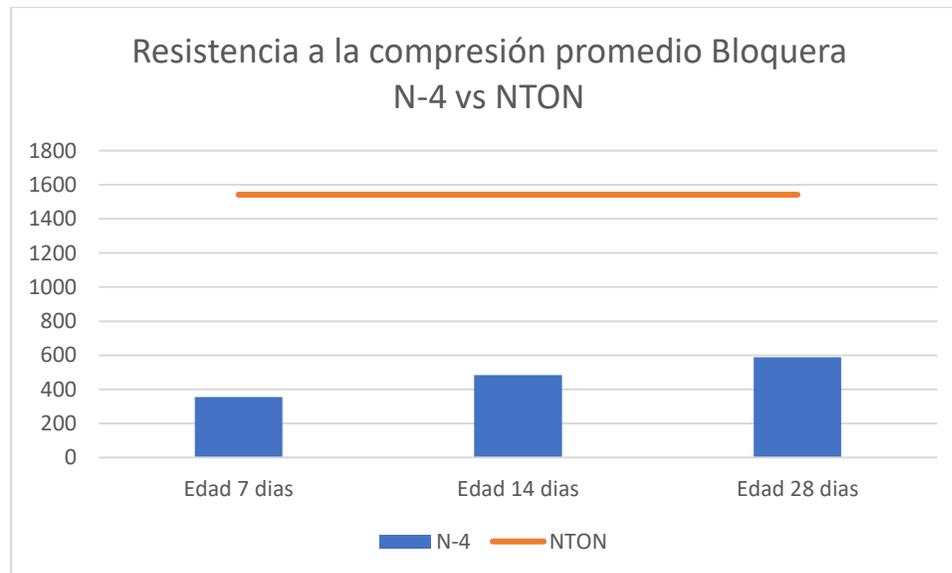
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 56 Resistencia a la compresión Bloques N-4

Resistencia a la compresión de bloques de mortero Bloquera N-4					
Edad	Carga soportada(lbs)	F'c (PSI)	Desviación	Min	Max
7	15130	281.27	94.04	261.79	449.87
7	21280	461.48			
7	17410	324.75			
14	22250	463.39	47.36	435.79	635.46
14	24870	537.18			
14	20420	448.86			
28	28390	574.06	73.24	514.86	661.35
28	32480	667.35			
28	26958	522.90			

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 14 Resistencia a la compresión Bloquera N-4



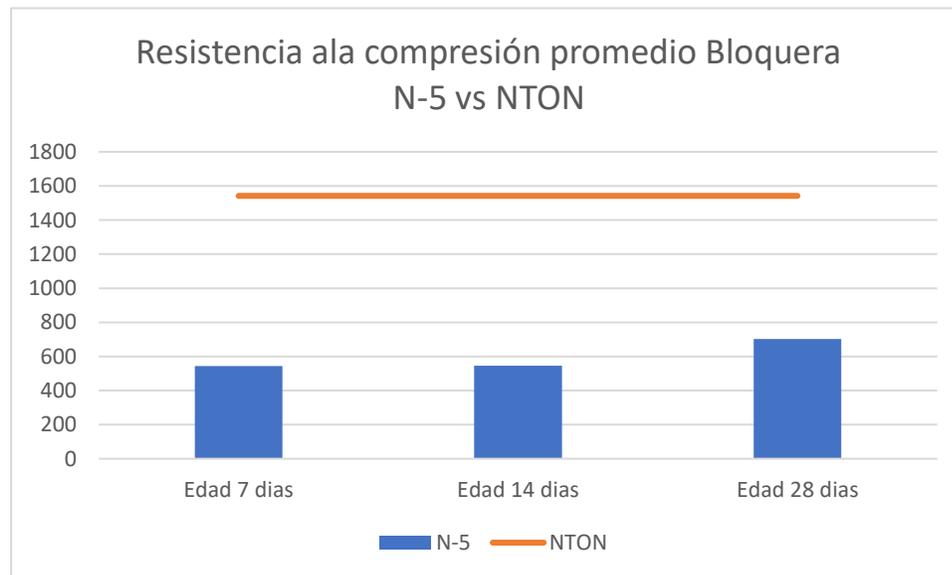
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 57 Resistencia a la compresión Bloques N-5

Resistencia a la compresión de bloques de mortero Bloquera N-5					
Edad	Carga soportada(lbs)	F'c (PSI)	Desviación	Min	Max
7	28870	558.33	13.83	530.44	558.09
7	29250	530.69			
7	27470	543.77			
14	28360	593.36	106.12	440.39	652.64
14	20780	425.03			
14	30820	621.16			
28	35240	684.14	24.21	678.68	727.10
28	35370	667.35			
28	34120	522.90			

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 15 Resistencia a la compresión Bloquera N-5



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 58 Resistencia a la compresión promedio

Bloquera	Edad(días)	Resistencia promedio(psi)
N-1	7	472.05
	14	652.01
	28	808.23
N-2	7	316.72
	14	405.63
	28	498.99
N-3	7	751.94
	14	843.71
	28	1073.66
N-4	7	355.83
	14	483.14
	28	588.1
N-5	7	544.26
	14	546.52
	28	702.89

Fuente: Elaboración Propia

De estos datos analizados de la resistencia a la compresión de los bloques de cada fábrica, se obtiene que ninguno cumple con el valor mínimo pedido por la NTON 12 008-16, tanto para valores individuales como para conjunto de 3 piezas.

Por lo tanto, se procedió a realizarse un diseño de bloques propuesto por nosotros como parte de la solución a la problemática de incumplimiento de la norma y a la vez poder proporcionar una mejoría en la línea más básica del sistema constructivo de nuestro país.

Capitulo III: Diseño de mezclas de mortero

3.1 Diseño de mezcla

Se decidió realizar este tipo de diseño primeramente para poder conocer el comportamiento de la mezcla con distintas relaciones a/c, su fluidez a la hora de su fabricación, como su consistencia después de un día de curado, para poder tener noción de un posible comportamiento de la mezcla a la hora de realizar un diseño para bloques.

En este caso decidimos utilizar el material ocupado en la fábrica de bloques N-3 dado que era los que arrojaban los datos más consistentes en comparación a las demás fábricas.

Para realizar este diseño se ocupó los siguientes datos:

- Análisis granulométrico del agregado
- Peso volumétrico seco suelto y compacto del material.
- Densidad del material y su respectiva absorción.

Se decidió utilizar el método de proporcionamiento ya que en las fábricas de bloques es el más utilizado para realizar la mezcla de bloques.

Lo primero a decidir fue buscar una relación a/c idónea se buscó relaciones semi-secas similares a los bloques, así que se tomó las r a/c 0.4 y 0.5 como las ideales para poder cumplir con la resistencia a la compresión planteadas en la NTON.

Tabla 59 Datos a utilizar en el diseño de cubos de mortero

Material	PVSS (kg/m ³)	G _e	%Abs	R a/c	%w
Cero	1680	3.26	0.34	0.4	0
Cemento	1310	2.92			

Fuente: Elaboración Propia

Ya teniendo las relaciones a diseñar, se prefirió realizar una dosificación 1:3 que según datos recopilados es la que nos podría brindar una resistencia similar a la que buscamos.

Se decidió usar material cero dado que es un material de mayor densidad y con pocos vacíos en su interior, lo cual puede proporcionar al cubo alcanzar una mayor resistencia a la compresión.

Al tener ya una dosificación establecida, se procede a calcular los respectivos pesos unitarios de los materiales para esa proporción, multiplicando su PVSS por la dosificación en metros cúbicos.

Ecuación 17

$$W_m = P_{vss} * Dosificación$$

Donde W_m : Peso del Material

P_{vss} : Peso volumétrico seco suelto

$$\text{Cero: } 1680 \frac{kg}{m^3} * 3 m^3 = 5040 kg$$

$$\text{Cemento: } 1310 \frac{kg}{m^3} * 1 m^3 = 1310 kg$$

$$\text{Agua } 1310 \frac{kg}{m^3} * 0.4 = 524 kg$$

3.1.1 Volumen total de lechada

Se calculó el volumen total de lechada sumando todos los volúmenes de los materiales anteriormente calculados.

Ecuación 18

$$V_{mat} = \frac{W_{mat}}{G_{e_{mat}} * \gamma_w}$$

$$V_{Zero} = \frac{5040 \frac{kg}{m^3}}{3.26 * 1000 \frac{kg}{m^3}} = 1.546 m^3$$

$$V. Agua = \frac{524 \text{ kg}/m^3}{1 * 1000 \text{ kg}/m^3} = 0.524m^3$$

$$V. Cemento = \frac{1310 \text{ kg}}{2.92 * 1000 \text{ kg}/m^3} = 0.449m^3$$

$$V. Total Mortero = Varena + Vzero + Vcemento + Vagua$$

$$V. Total Mortero = 1.546m^3 + 0.524m^3 + 0.449m^3 = 2.519m^3$$

3.1.2 Pesos para 1 metro cúbico

Teniendo el Volumen total de lechada se puede calcular los pesos individuales para 1m³, dividiendo el peso de material para la proporción 1:3 entre el volumen total de la mezcla.

$$W_{mat \text{ para } 1m^3} = \frac{W_{mat}}{Vol \text{ lechada}}$$

$$W. Zero = \frac{5040 \text{ kg} * 1m^3}{2.519 m^3} = 2000.79kg$$

$$W. Agua = \frac{524 \text{ kg} * 1m^3}{2.519m^3} = 208.02 \text{ kg}$$

$$W. Cemento = \frac{1310 \text{ kg} * 1m^3}{2.519 m^3} = 520.05kg$$

3.1.3 Corrección por absorción

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

$$W_{W_{abs}} = 2000.79 \text{ kg} * \left(\frac{0.34}{100} \right)$$

$$W_{W_{abs}} = 6.80kg$$

$$W_{W_{mezclado}} = 208.02 + 6.80 \text{ kg}$$

$$W_{W_{mezclado}} = 214.82 \text{ kg}$$

3.1.4 Pesos para una bolsa de cemento

Ya conociendo los pesos de los materiales para un metro cúbico, se calculó el peso de los materiales para una bolsa de cemento y se realizó una relación en peso respecto al cemento para un metro cúbico y el peso de una bolsa de cemento.

Ecuación 19

$$W_{mat \text{ para } 1 \text{ bolsa}} = \frac{W_{mat \text{ para } 1m^3} * W_{cemento \text{ para una bolsa}}}{W_{cemento \text{ para } 1m^3}}$$

$$W.Zero = \frac{2000.79 * 42.5 \text{ kg}}{520.05 \text{ kg}} = 163.52 \text{ kg}$$

$$W.Agua = \frac{214.82 * 42.5 \text{ kg}}{520.05 \text{ kg}} = 17.56 \text{ kg}$$

$$W.Cemento = 42.5 \text{ kg}$$

3.2 Elaboración de cubos de mortero

Se realizó 2 diseños de mezclas de misma proporción 1:3 y con relación a/c de 0.40 y 0.50 para los cuales se fabricaron cubos de 2"x2"x2" para conocer la resistencia a la compresión a las edades de 7,14,28 días respectivamente y analizar de manera correcta su comportamiento.

Los cubos se fabricaron de acorde a la norma ASTM C-109, se usó el procedimiento para llenar los moldes de 2"x2"x2", pero se tuvo que aplicar una mayor carga de compactación dado que la mezcla era semiseca. Después del fraguado durante 24 +- 4 horas, se sumergieron los cubos para ser curados y después ser testeados en la máquina de resistencia hidráulica.

Para obtener los pesos del diseño, se calculó primeramente el volumen de un cubo unitario de mortero y después se multiplicó por la cantidad de cubos a fabricar agregando un desperdicio del 15% por cualquier pérdida que se pueda realizar en el proceso.

3.2.1 Volumen de un cubo de mortero

$$\text{Volumen de un cubo de mortero} = (0.0508\text{m})^3$$

$$\text{Volumen de un cubo de mortero} = 1.31096512 * 10^{-4}\text{m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Volumen para 12 cubos de mortero} + 15\% \text{ de desperdicio} \\ = 1.31096512 * 10^{-4}\text{m}^3 * 12 * 1.15 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volumen para 12 cubos de mortero} + 15\% \text{ de desperdicio} \\ = 1.809131866 * 10^{-3}\text{m}^3 \end{aligned}$$

3.2.2 Pesos para 12 cubos de mortero

$$W. \text{Cero} = \frac{2000.79 * 1.809131866 * 10^{-3}\text{m}^3}{1\text{m}^3} = 3620 \text{ gr}$$

$$W. \text{Agua} = \frac{214.82 * 1.809131866 * 10^{-3}\text{m}^3}{1\text{m}^3} = 388.64 \text{ gr}$$

$$W. \text{Cemento} = \frac{520.05 * 1.809131866 * 10^{-3}\text{m}^3}{1\text{m}^3} = 940.81 \text{ gr}$$

Figura 25 Cubos de mortero R a/c 0.4



Fuente: Elaboración Propia

Figura 26 Cubos de mortero R a/c 0.5



Fuente: Elaboración Propia

Figura 27 Prueba de Resistencia a los cubos de mortero.



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 60 Resultados del diseño para cubos R a/c 0.40

Proporción 1:3			
Ra/c :0.40			
Material	Peso para una bolsa(kg)	Peso para un metro cúbico (kg)	Peso para 12 cubos de mortero(gr)
Cero	163.52	2000.79	3620
Cemento	42.5	520.05	940.81
Agua	17.56	208.02	388.64

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 61 Resultados del diseño para cubos R a/c 0.50

Proporción 1:3			
Ra/c :0.50			
Material	Peso para una bolsa(kg)	Peso para un metro cúbico (kg)	Peso para 12 cubos de mortero(gr)
Cero	163.52	1901.89	3440.77
Cemento	42.5	494.34	894.33
Agua	17.56	253.65	458.89

Fuente: Elaboración Propia

3.3 Resultados de resistencia a la compresión de los cubos de mortero

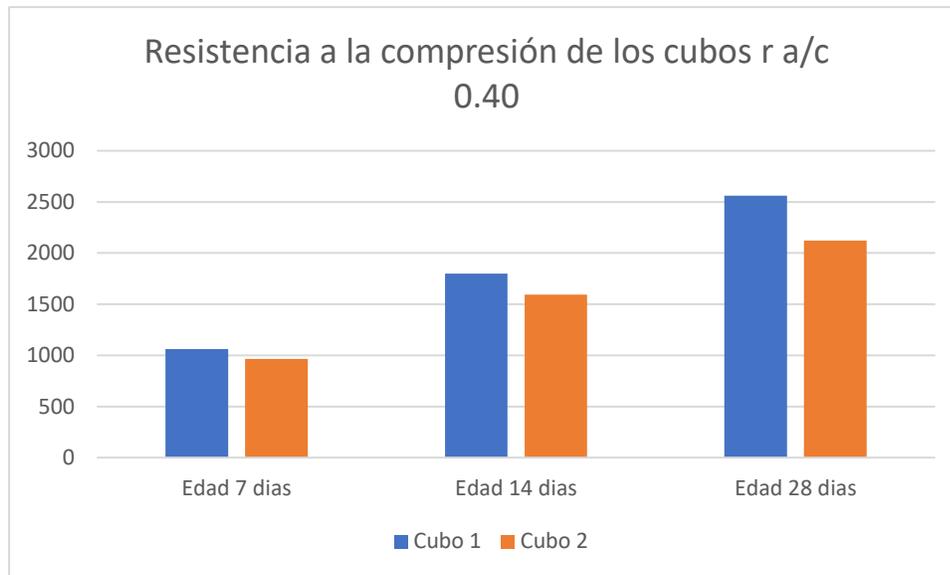
Se realizaron pruebas de resistencia a la compresión a 7,14 y 28 días con el fin de verificar que las mezclas diseñadas obtuvieron una resistencia adecuada.

Tabla 62 Resultados de resistencia para la R a/c 0.40

R a/c	Edad(días)	Carga(lbs)	Resistencia a la compresión
0.4	7	4250	1062.5
		3860	965
	14	7190	1797.5
		6380	1595
	28	10240	2560
		8490	2122.5

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 16 Resistencia a la compresión r a/c 0.40



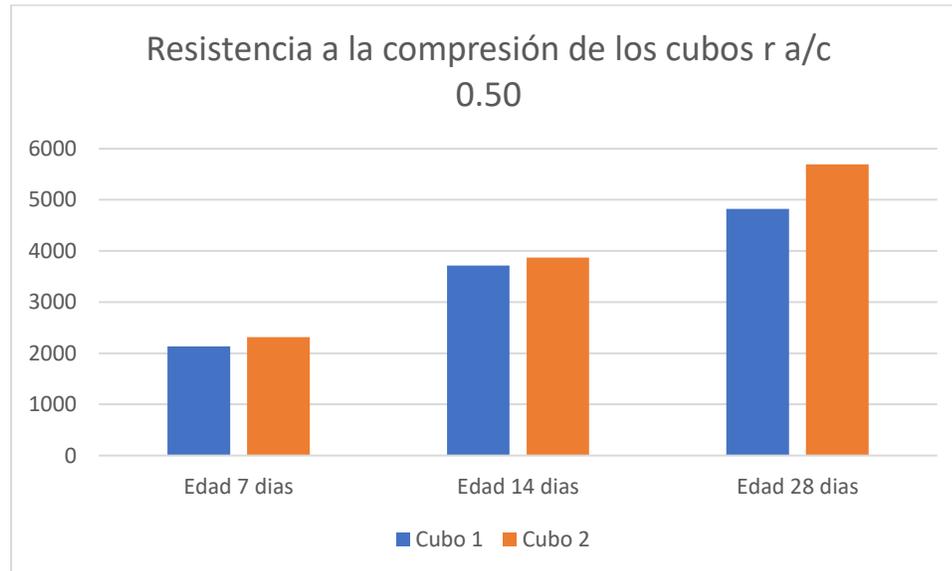
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 63 Resultados de resistencia para la R a/c 0.50

R a/c	Edad(días)	Carga(lbs)	Resistencia a la compresión
0.5	7	8540	2135
		9270	2317.5
	14	14850	3712.5
		15480	3870
	28	19300	4825
		22770	5692.5

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 17 Resistencia a la compresión r a/c 0.50



Fuente: Elaboración propia

Después de realizar las pruebas se obtuvo que la $r a/c=0.50$ brindó mejores resultados en resistencia dado que se logró acomodar sus partículas de manera más eficiente, de manera contradictoria a lo que se conoce empíricamente de que a menor relación a/c , mayor resistencia a la compresión. También se debe al hecho de que muchas veces, aunque sea una relación a/c baja, si no se realiza una buena compactación, puede existir problemas en el fraguado y una baja en la resistencia.

Cabe señalar que el mortero fabricado con la relación 0.5 podría considerarse de alta resistencia, aunque trasladándolo a la realidad sería difícil encontrarle una utilidad además de las mezclas que se utilizan en la fabricación de bloques.

Respecto a la relación $a/c = 0.40$ se obtuvieron valores mayores lo indicado en la NTON, pero siendo inferiores respecto a los datos obtenidos de los cubos de relación $a/c = 0.50$.

Capitulo IV: Diseños y Fabricación de bloques de mortero como propuesta

Después de realizar las visitas a cada fábrica, se realizó los estudios pertinentes a las piezas, véase Capítulo 2.18 donde se encontró que la fábrica N-3 fue la cual obtuvo los resultados más altos de resistencia a la compresión por pieza unitaria obteniendo un valor cercano a los 1100 PSI.

A pesar de no cumplir con el valor permitido establecido en la NTON 12 008-16 que es de 1542 psi, se considera un valor cercano.

Se decidió proponer un diseño de bloques con una dosificación que cumpla con el valor propuesto en la norma y que a la vez sea accesible en la parte económica para los dueños de las fábricas. Este diseño sería una recomendación a las fábricas para la mejora de su control de calidad cumpliendo a la vez con uno de nuestros objetivos específicos véase Capítulo 1.4.2.

Con el conocimiento obtenido visitando las 5 fábricas, comprendemos desde nuestro punto de vista para realizar una mezcla óptima, se necesitará utilizar una relación a/c muy baja, ya que entre menos fluida sea la mezcla, alcanzarán una mejor cohesión las partículas al ser vibro-compactadas en la máquina.

En nuestro diseño de mortero se sustituirá completamente el agregado fino (arena) por el material cero, ya que ideamos fabricar un tipo de bloque más compacto y de menor capacidad de absorción. Se escogió la fábrica N-3 como el local para poder llevar a cabo la fabricación de los bloques a realizar porque el material ocupado en la fábrica son los que tenían un mejor balance físico-mecánico en correlación a las demás fábricas.

Origen de la materia prima

Se utilizaron los materiales existentes en la fábrica, donde el agregado fino (material cero) es procedente de Agrenic y la marca de cemento a usar fue Holcim tipo GU. Escogimos esta marca de cemento dado que en la mayoría de las fábricas que visitamos utilizan esta marca, de manera que para facilitar la propuesta ocupamos Holcim como opción más viable.

Almacenamiento de los materiales

El agregado fino se encuentra en un área bajo techo al igual que el cemento, al llegar al sitio la humedad del material cero fue casi nula. Por lo tanto, no se incluyó reducción por humedad en el diseño de mezcla.

Dosificación

Se considera el proceso de dosificación como la definición de la cantidad de materiales a usar respecto a un material en unitario. Que en nuestro caso las proporciones se realizaron en base a una bolsa de cemento, se conoce que el proporcionamiento no es un proceso exacto para obtener una cantidad de resistencia, se establece más como un proceso de prueba y error.

Por nuestra parte decidimos realizar nuestro diseño de mezcla realizando las proporciones en peso para obtener la mayor exactitud en la cantidad de material a utilizar y reducir el riesgo de alguna posible falla en el diseño.

Se realizaron unas pruebas de cubos de mortero en el laboratorio, su proporción fue 1:3 y con relaciones a/c de 0.4 y 0.5 pero se determinó que la mezcla no era lo suficientemente seca para imitar lo observado en las fábricas de bloques. Según la norma NTON 12 008-16 las piezas de mampostería a las que se realizara la prueba de resistencia a la compresión deberán dar 120 kgf/cm² en promedio de 3 piezas, para poder alcanzar tal resistencia se intentó replicar una mezcla seca similar a la fábrica que sus piezas de mampostería dieron la mayor resistencia, se terminó escogiendo una relación a/c de 0.30 para la proporción 1:3.

Se procedió a fabricar también una proporción 1:4 para tener dos propuestas alternativas para presentar a los dueños de fábricas, ya que la proporción 1:3 puede ser una alternativa en la cual no se obtengan muchos bloques fabricados.

Realización de la mezcla de bloques

La mezcla se reprodujo bajo las condiciones de la fábrica, logrando alcanzar una humedad distribuida uniformemente.

Elaboración de los bloques

Para la elaboración de los bloques se repitió el proceso, de colocación de la mezcla en la “caja” para llenar el molde de manera eficiente, evitando el desperdicio y mientras se llenaba el molde se encendió la máquina alrededor de 2 segundos en 2 ocasiones para poder acomodar bien el material y que no haya existencia de vacíos en el bloque.

Después del acomodamiento de partículas se vibró-compacto durante 7 a 12 segundos por bandeja de bloques, cada bandeja consta de 3 bloques, ya terminada la vibro-compactación se movió la bandeja con mucho cuidado a un lugar plano y despejado para iniciar el proceso de fraguado.

Figura 28 Mezcla del diseño propuesto.



Fuente: Elaboración Propia

Lugar de almacenamiento de las piezas mampuestas

Para realizar el fraguado de los bloques, las tablas se ubicaron dentro de área entechada, lo cual es beneficioso para el bloque dado que no sufre una deshidratación excesiva al no estar expuesto al sol y permite mantener un aumento de resistencia constante.

Curado de los bloques

Se realizó un curado constante durante los 28 días para obtener la máxima resistencia posibles de las piezas fabricadas, se ubicaron al aire libre, pero sin exceso de exposición al sol y se humedecieron de 2 a 3 veces al día.

4.1 Cálculo para el diseño del bloque proporción 1:3

Tabla 64 Datos para diseño de mezcla de bloques Proporción 1:3

Material	PVSS (kg/m ³)	G _e	%Abs	R a/c	%w
Cero	1680	3.26	0.34	0.30	0
Cemento	1310	2.92			

Fuente: Elaboración Propia

4.1.1 Peso dado por proporciones

$$\text{Cero: } 1680 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 3 \text{ m}^3 = 5040 \text{ kg}$$

$$\text{Cemento: } 1310 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 1 \text{ m}^3 = 1310 \text{ kg}$$

$$\text{Agua } 1310 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.30 = 393 \text{ kg}$$

4.1.2 Volumen total de lechada

$$V_{mat} = \frac{W_{mat}}{G_{emat} * \gamma_w}$$

$$V. Zero = \frac{5040 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{3.26 * 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 1.546 \text{ m}^3$$

$$V. Agua = \frac{393 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{1 * 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0.393 \text{ m}^3$$

$$V. Cemento = \frac{1310 \text{ kg}}{2.92 * 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0.449 \text{ m}^3$$

$$V.Total\ Mortero = Varena + Vzero + Vcemento + Vagua$$

$$V.Total\ Mortero = 1.546m^3 + 0.393m^3 + 0.449m^3 = 2.388m^3$$

4.13 Pesos para 1 metro cúbico

$$W_{mat\ para\ 1m^3} = \frac{W_{mat}}{Vol\ lechada}$$

$$W.Zero = \frac{5040\ kg * 1m^3}{2.388\ m^3} = 2110.55\ kg$$

$$W.Agua = \frac{498\ kg * 1m^3}{2.388m^3} = 164.57\ kg$$

$$W.Cemento = \frac{1310\ kg * 1m^3}{2.388\ m^3} = 548.58\ kg$$

4.1.4 Corrección por absorción

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

$$W_{W_{abs}} = 2110.55kg * \left(\frac{0.34}{100} \right)$$

$$W_{W_{abs}} = 7.18kg$$

$$W_{W_{mezclado}} = 164.57 + 7.18\ kg$$

$$W_{W_{mezclado}} = 171.75\ kg$$

4.1.5 Pesos para una bolsa de cemento

$$W_{mat\ para\ 1\ bolsa} = \frac{W_{mat\ para\ 1m^3} * W_{cemento\ para\ una\ bolsa}}{W_{cemento\ para\ 1m^3}}$$

$$W.Zero = \frac{2110.55 * 42.5\ kg}{548.58\ kg} = 163.52\ kg$$

$$W.Agua = \frac{171.75 * 42.5\ kg}{548.58\ kg} = 13.30\ kg$$

$$W.Cemento = 42.5 \text{ kg}$$

4.2 Calculo para el diseño del bloque proporción 1:4

Tabla 65 Datos para diseño de mezcla de bloques Proporción 1:4

Material	PVSS (kg/m ³)	G _e	%Abs	R a/c	%w
Arena	1680	3.26	0.34	0.30	0
Cemento	1310	2.92			

Fuente: Elaboración Propia

4.2.1 Peso dado por proporciones

$$\text{Zero: } 1680 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 4\text{m}^3 = 6720 \text{ kg}$$

$$\text{Cemento: } 1310 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 1 \text{ m}^3 = 1310 \text{ kg}$$

$$\text{Agua } 1310 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.30 = 393 \text{ kg}$$

4.2.2 Volumen total de lechada

$$V_{mat} = \frac{W_{mat}}{G_{emat} * \gamma_w}$$

$$V.Zero = \frac{6720 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{3.26 * 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 2.061\text{m}^3$$

$$V.Agua = \frac{498 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{1 * 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0.393\text{m}^3$$

$$V.Cemento = \frac{1310 \text{ kg}}{2.92 * 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0.449\text{m}^3$$

$$V.Total Mortero = Varena + Vzero + Vcemento + Vagua$$

$$V.Total Mortero = 2.061\text{m}^3 + 0.393\text{m}^3 + 0.449\text{m}^3 = 2.903\text{m}^3$$

4.2.3 Pesos para 1 metro cúbico

$$W_{mat \text{ para } 1m^3} = \frac{W_{mat}}{Vol \text{ lechada}}$$

$$W.Zero = \frac{6720 \text{ kg} * 1m^3}{2.903 \text{ m}^3} = 2314.85 \text{ kg}$$

$$W.Agua = \frac{393 \text{ kg} * 1m^3}{2.903 \text{ m}^3} = 135.38 \text{ kg}$$

$$W.Cemento = \frac{1310 \text{ kg} * 1m^3}{2.903 \text{ m}^3} = 451.26 \text{ kg}$$

4.2.4 Corrección por absorción

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

$$W_{W_{abs}} = 2314.85 \text{ kg} * \left(\frac{0.34}{100} \right)$$

$$W_{W_{abs}} = 7.87 \text{ kg}$$

$$W_{W_{mezclado}} = 135.38 + 7.87$$

$$W_{W_{mezclado}} = 143.25 \text{ kg}$$

4.2.5 Pesos para una bolsa de cemento

$$W_{mat \text{ para } 1 \text{ bolsa}} = \frac{W_{mat \text{ para } 1m^3} * W_{cemento \text{ para una bolsa}}}{W_{cemento \text{ para } 1m^3}}$$

$$W.Zero = \frac{2314.85 * 42.5 \text{ kg}}{451.26 \text{ kg}} = 218.02 \text{ kg}$$

$$W.Agua = \frac{143.25 * 42.5 \text{ kg}}{451.26 \text{ kg}} = 13.49 \text{ kg}$$

$$W.Cemento = 42.5 \text{ kg}$$

Tabla 66 Resultados del diseño de mezcla de bloques proporción 1:3

Proporción 1:3			
Ra/c :0.30			
Material	Peso para una bolsa(kg)	Peso para un metro cúbico (kg)	Volumen suelto de un material para 1m ³
Cero	163.52	2110.55	1.546
Cemento	42.5	548.58	0.449
Agua	13.30	171.75	0.393

Tabla 67 Resultados del diseño de mezcla de bloques proporción 1:4

Proporción 1:4			
Ra/c :0.30			
Material	Peso para una bolsa(kg)	Peso para un metro cúbico (kg)	Volumen suelto de un material para 1m ³
Cero	218.02	2314.85	2.061
Cemento	42.5	451.26	0.449
Agua	13.49	143.25	0.393

Fuente: Elaboración Propia

4.3 Determinación de las propiedades de los bloques de mortero

Para conocer las siguientes propiedades (absorción, dimensiones) de los bloques fabricados, se tomó una muestra de tres piezas para un lote menor a 10,000 unidades como se establece en la NTON 12 008-16.

Primeramente, se determinó el volumen de cada unidad de bloque por el método de la balanza hidrostática, donde se saturó cada muestra durante 24 horas y después se determinó su peso saturado superficialmente seco, luego se sumergió cada pieza en la canasta de la balanza y se registró cada peso.

$$V_m = \frac{W_{sss} - W_{sum}}{\gamma_w}$$

También se calculó el área neta de los bloques mediante este método de la balanza hidrostática con el fin de comparar respecto al otro valor calculado.

Tabla 68 Volúmenes de los bloques diseñados

Proporción	Muestra	Wsss(kg)	Wsum(kg)	Volumen(cm ³)	Área (pulg ²)
1:3	1	14.157	8.242	5915	47.50
	2	13.699	7.915	5784	47.69
	3	13.924	8.121	5803	47.59
1:4	1	13.499	7.697	5802	47.08
	2	13.756	7.88	5876	46.94
	3	13.622	7.794	5828	47.30

Fuente: Elaboración Propia

4.4 Dimensiones de las piezas de los bloques diseñados

La dimensión real de cada pieza se obtuvo midiendo por el método de ensayo reflejado en la norma ASTM C 140. En las fábricas usualmente los bloques conservan dimensiones similares respecto al ancho, alto y largo, pero a veces dependiendo el molde de fabricación los espesores interiores pueden tener ligeras variaciones aumentando el área neta del bloque. Según la norma nacional las dimensiones no deben diferir ± 3 mm entre las dimensiones de fabricación.

Los bloques fabricados presentaron unas dimensiones menores a lo establecido por la NTON respecto al ancho del bloque, lo cual se verifica en la siguiente tabla

Tabla 69 Dimensiones promedio de los bloques diseñados

Proporción	Bloque	Edad (días)	Dimensiones		
			L (cm)	A (cm)	h (cm)
1:3	1	7	38.8	14.1	19.3
	2	7	38.6	14.1	19.1
	1	14	39.0	13.9	18.8
	2	14	39.0	14.0	18.9
	1	28	38.8	14.0	19.0
	2	28	39.0	14.1	19.0
1:4	1	7	39.0	13.6	19.1
	2	7	38.6	14.0	19.4
	3	7	39.0	14.0	19.1
	1	14	38.8	14.0	18.9
	2	14	38.9	14.0	18.9
	3	14	39.0	14.0	18.7
	1	28	39.0	13.9	19.0
	2	28	39.0	14.0	18.8
	3	28	38.9	13.9	18.8
Promedio			38.9	14.0	19.0

Fuente: Elaboración Propia

De los resultados obtenidos de las dimensiones de los bloques fabricados, se obtuvo que tanto el largo como el alto y el ancho si cumplen con la NTON 12 008-16 en no diferir en más de 3 mm entre cada una de ellas. Aunque en algunos bloques si hubo algunos bloques con medidas mayores a 3 mm, esto se debe a que el molde del bloque es estándar y no uno certificado.

4.5 Determinación del área neta de los bloques

Para determinar el área neta se procedió a medir primeramente el área bruta de los bloques con una cinta métrica 3 bloques de cada proporción según lo establecido en la norma, conociendo ya ese dato se midió el área hueca de las piezas mampuestas y se realizó el cálculo del área neta que es la diferencia del área bruta con el área hueca. Los datos de las áreas se presentarán en pulgadas².

Tabla 70 Determinación del área neta de los bloques fabricados

Área Neta					
Proporción	L(cm)	A(cm)	Área de huecos	Área Bruta	Área Neta
1:3	38.8	14.1	39.06	84.80	45.74
	39	13.9	38.76	84.03	45.26
	39	13.9	39.35	85.23	45.88
1:4	39	13.6	38.50	82.21	43.71
	38.6	14	40.36	83.76	43.40
	39	14	40.21	84.63	44.42

Fuente: Elaboración Propia

4.6 Absorción de los bloques diseñados

Se determinó la absorción de los bloques tomando el peso seco de las piezas y después sumergiendo las piezas durante 24 horas, cumplido el plazo se extrajeron y se anotó su peso saturado superficialmente seco.

Se adjuntarán las tablas donde se muestra el valor de absorción de cada pieza testeada de la respectiva proporción con que se fabricó.

Tabla 71 Absorción de los bloques proporción 1:3

Proporción	Muestra	Wsss(kg)	Ws(kg)	Absorción %
1:3	1	14.157	13.74	3.03
	2	13.699	13.254	3.36
	3	13.924	13.434	3.65

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 72 Absorción de los bloques proporción 1:4

Proporción	Muestra	Wsss(kg)	Ws(kg)	Absorción %
1:4	1	13.499	13.043	3.50
	2	13.756	13.32	3.27
	3	13.622	13.174	3.40

Fuente: Elaboración Propia

Se puede observar que, para ambas proporciones, los valores de absorción correspondientes son menores a 4%, lo cual nos indica la buena calidad del bloque diseñado, además podemos agregar que cumple con el valor impuesto en la NTON 12 008-16 para esta propiedad que es de 10% máximo.

4.7 Prueba de resistencia a la compresión en los bloques

Se realizará la prueba a 3 piezas mampuestas por edad, un total de 9 bloques para cada proporción fabricada, en algunos casos se tomó solo la resistencia de 2 muestras dado que sus resultados eran muy similares.

Tabla 73 Resistencia a la compresión de los bloques diseñados

Resistencia a la compresión de bloques de mortero Proporción 1:3					
Edad	Carga soportada(lbs)	F'c (PSI)	Desviación	Min	Max
7	77720	1699.26	134.60	1659.84	1929.03
7	85600	1889.61			
14	92670	2047.36	85.52	2022.31	2193.36
14	100400	2168.31			
28	115200	2552.28	211.19	2191.75	2614.14
28	103400	2253.61			

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 74 Resistencia a la compresión de los bloques diseñados

Resistencia a la compresión de bloques de mortero Proporción 1:4					
Edad	Carga soportada(lbs)	F'c (PSI)	Desviación	Min	Max
7	81620	1867.30	26.21	1870.74	1923.15
7	83200	1917.05			
7	84680	1906.48			
14	106700	2308.47	148.80	2025.44	2323.04
14	95120	2014.23			
14	100480	2200.02			
28	111700	2460.21	330.83	2095.05	2756.70
28	96510	2079.22			
28	126100	2738.20			

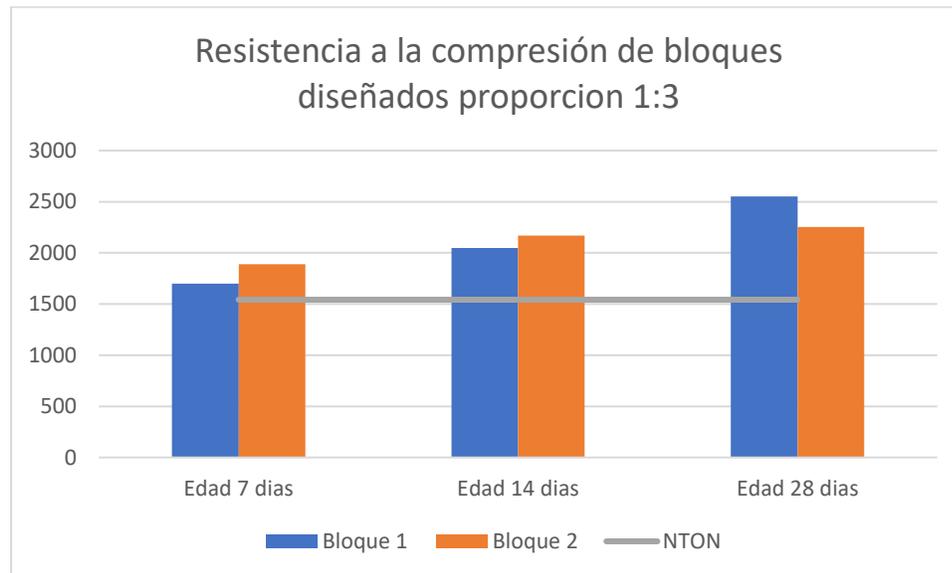
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 75 Resistencia promedio de los bloques diseñados

Proporción	Edad(días)	Resistencia promedio(psi)
1:3	7	1794.44
	14	2107.84
	28	2402.95
1:4	7	1896.94
	14	2174.24
	28	2425.88

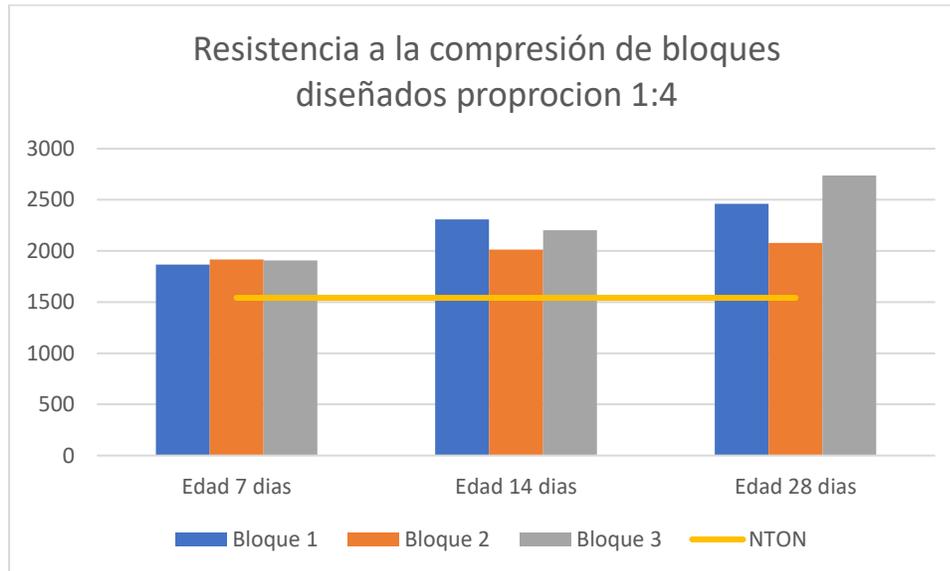
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 18 Resistencia a la compresión proporción 1:3



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 19 Resistencia a la compresión proporción 1:4



Fuente: Elaboración Propia

Al obtener las resistencias a los 28 días determinamos que las ambas proporciones fabricadas cumplen con total seguridad con la resistencia mínima para piezas individuales dada en la NTON 12 008-16 que es de 1542 psi, además cumple con la resistencia promedio para 3 piezas que es de 1714 psi, lo cual se considera un diseño con resultados excelentes y con detalles de calidad muy elevados

No obstante, si se tuviera que elegir un diseño por factores económicos y de calidad se tomaría el de la proporción de 1:4 ya que se pueden obtener al menos 30 bloques por bolsa de cemento.

Capítulo V: Resultados y Comparaciones

En este capítulo se mostrarán los resultados relacionados a los estudios realizados en las fábricas semi industriales en la ciudad de Managua y a las características físico-mecánicas de los bloques de cada fabrica analizada, también el proceso de diseño en el cual se lleva a cabo la fabricación de estos y se compararán entre cada una de las fábricas, todo esto será revisado bajo la conformidad de la NTON 12 008-16 para bloques de dimensiones 14CM X 19 CM X 39 CM popularmente conocido como bloque de 6 pulgadas.

5.1 Dimensiones de los bloques

5.1.1 Dimensiones principales (altura, ancho, largo)

Se analizo el largo, alto y ancho de cada pieza de mampostería y se comparó con las medidas indicadas en la norma, donde nos habla que las dimensiones no deben variar por más de 3 mm de las medidas de fabricación. Respecto a las dimensiones los resultados son favorables ya que el 100 % de las fábricas analizadas cumplen en al menos dos de las dimensiones principales, las dimensiones promedio no sobrepasan los 3mm de diferencia entre cada una de las medidas.

La fábrica N-2 no cumple en este aspecto debido a que la altura promedio de su bloque sobrepasa en 3.7mm lo solicitado por la NTON 12 008-16.

En la siguiente tabla representa la longitud de fabricación de los bloques, se obtuvo que los bloques analizados de las fábricas entran dentro del rango establecido por la norma nacional el cual es de 38.7 cm a 39.3 cm.

Usualmente en algunas fábricas las longitudes pueden variar primordialmente por el molde, pero también implica que logren vibro-compactar y acomodar bien el material antes de la vibración final.

Tabla 76 Tabla resumen de longitud de bloques de las fábricas

Fábrica	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	NTON Max	NTON min
Fábrica N-1	39.1	39	39	39.3	38.7
Fábrica N-2	38.6	38.9	39.1	39.3	38.7
Fábrica N-3	39	39	39.1	39.3	38.7
Fábrica N-4	39	39.1	39.1	39.3	38.7
Fábrica N-5	39.1	39.2	39.2	39.3	38.7

Fuente: Elaboración Propia

Respecto a la dimensión de la altura el 80% de las fábricas analizadas cumplen con los parámetros de la NTON 12 008-16 que delimita las dimensiones de 18.7 cm a 19.3 cm. El 20% de las fábricas que no logro cumplir con esta dimensión, su media esta cercana al valor máximo.

Tabla 77 Tabla resumen de altura de bloques de las fábricas

Fábrica	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	N Max	N min
Fábrica N-1	19	19	19	19.3	18.7
Fábrica N-2	19.5	19.4	19.2	19.3	18.7
Fábrica N-3	19.3	19.4	19	19.3	18.7
Fábrica N-4	18.8	18.9	18.6	19.3	18.7
Fábrica N-5	18.7	18.8	19.2	19.3	18.7

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 78 Tabla resumen de ancho de bloques de las fábricas

Fábrica	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	N Max	N min
Fábrica N-1	14.2	14	14.1	14.3	13.7
Fábrica N-2	14.4	14.2	14.2	14.3	13.7
Fábrica N-3	14.2	14.3	14.1	14.3	13.7
Fábrica N-4	14	14.4	14.2	14.3	13.7
Fábrica N-5	14.1	14.3	14	14.3	13.7

Fuente: Elaboración Propia

Revisando la última dimensión que fue el ancho de los bloques, donde el 100 % las fábricas analizadas cumplen con los parámetros de la NTON 12 008-16 que delimita las dimensiones de 13.7 cm a 14.3 cm. Igualmente, algunos bloques a la hora de fabricar pueden no cumplir con lo establecido en la norma por algún mal

vibrado de la mezcla o algún golpe en el molde. Podemos concluir de estas dimensiones, que las bloqueras demuestran una producción uniforme y que sus moldes cumplen con las medidas estándar antes mencionadas. El buen mantenimiento de la maquinaria y chequeo de los moldes es clave para poder cumplir con este acápite.

Respecto a los bloques diseñados podemos observar que en sus 3 dimensiones principales logran cumplir con lo establecido en la NTON 12-008 16 donde no sobrepasan mas de 3mm las dimensiones establecidas.

Tabla 79 Tabla resumen de la longitud de los bloques diseñados

Fábrica	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	N Max	N min
Diseño 1:3	39	39	38.8	39.3	38.7
Diseño 1:4	39	39	38.9	39.3	38.7

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 80 Resumen de la altura de los bloques diseñado

Fábrica	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	N Max	N min
Diseño 1:3	18.9	18.9	19	19.3	18.7
Diseño 1:4	19	18.8	18.8	19.3	18.7

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 81 Resumen del ancho de los bloques diseñados

Fábrica	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	N Max	N min
Diseño 1:3	13.9	14	14	14.3	13.7
Diseño 1:4	13.9	14	13.9	14.3	13.7

Fuente: Elaboración Propia

5.1.2 Dimensiones secundarias

Estas dimensiones son los anchos de las paredes interiores y exteriores de los bloques las cuales según la NTON 12 008-16 los 2.5 cm \pm 3 mm, únicamente la fábrica N-1 cumplió con las dimensiones tanto exteriores como interiores, también los bloques diseñados cumplieron con esas dimensiones establecidas lo cual nos muestra una correcta metodología de trabajo al mezclar y vibrar la materia prima, pero sobre todo el uso de un molde en óptimas condiciones.

En cambio, en una de las fábricas se encontraron paredes el cual su máximo fue 3.4 cm y su valor medio se encontraba entre 3 y 3.1 cm lo cual es perjudicial dado que aumenta el área neta y reduce la resistencia a la compresión de la pieza.

En el 60% restante de las fábricas analizadas cumplen al menos 2 de los 3 espesores de las paredes interiores, pero ninguno de los 2 espesores de las paredes exteriores.

Este problema de las variaciones en los anchos de las paredes los bloques se generan de que el molde cumple con las medidas principales del bloque, pero sus medidas internas son más anchas.

La fábrica N-3 no cumplió ninguna de sus medidas de espesores de paredes del bloque, pero cuando nosotros fabricamos los bloques para propuesta fue en la fábrica N-3 y resulta que habían cambiado de molde y con ese nuevo molde la medida de los bloques de ambas proporciones cumplió correctamente.

Respecto a los bloques propuestos se obtuvo que los bloques cumplían con las dimensiones de las paredes exteriores, pero presentaron problemas en las paredes interiores donde excedían en promedio de 1 mm.

5.2 Resistencia a la compresión

Al realizar los estudios de resistencia en el laboratorio fue donde se obtuvo el mayor problema dado que ninguna fabrica analizada cumplió con el valor solicitado en la NTON 12 008-16 que es de 1542 psi.

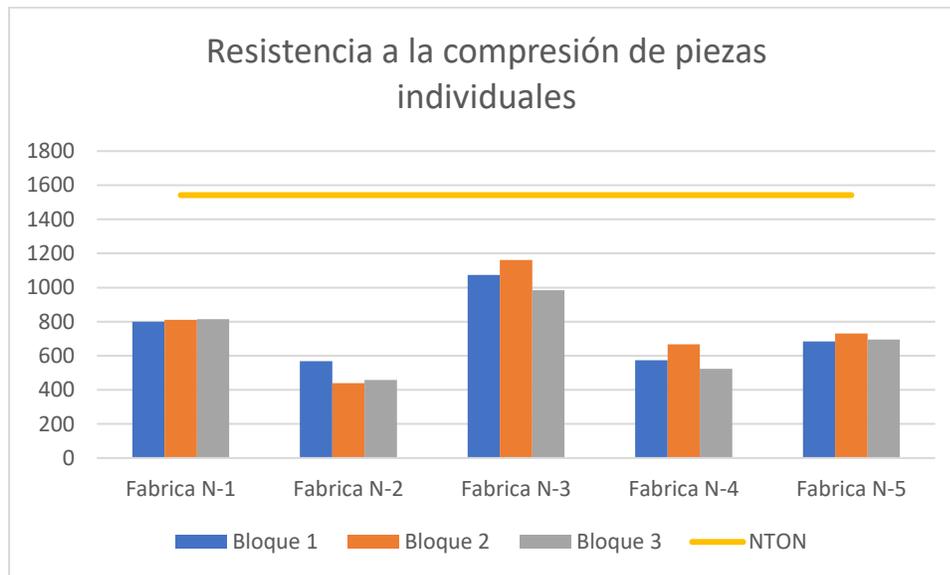
De las 5 fábricas, el 80% a las cuales se le realizó este estudio sus bloques dieron valor menor a 850 psi o el 50% del valor total de resistencia mínima en la norma. La fábrica N-3 fue la que alcanzó valores mayores a 1000 psi, pero estamos consciente de que no es un dato suficiente para satisfacer la norma nacional.

La fábrica N-2 no logró alcanzar un valor mayor a 500 psi en ninguno de sus bloques a los 28 días. De este último resultado se obtiene una preocupación ya que en muchos hogares de nuestra capital se compran bloques de muy mala

calidad y esto representa un peligro dado que vivimos en una ciudad altamente sísmica.

Uno de los causantes de estos datos tan pobres, es el exceso de producción de bloques en la fabricas, al aumentar la proporción se reduce drásticamente la resistencia de los bloques, además que en 4 de las 5 bloqueras a la hora de realizar la mezcla, la mezcla no estaba en un estado semi-seco y al agregar un poco más de agua reduce la resistencia de igual manera.

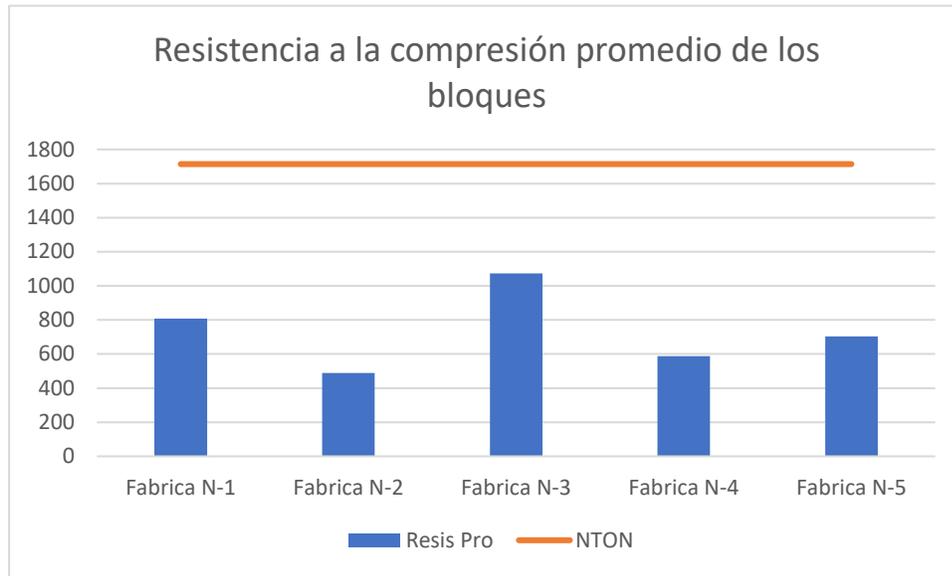
Gráfico 20 Resistencia a la compresión de piezas individuales de las bloqueras



Fuente: Elaboración Propia

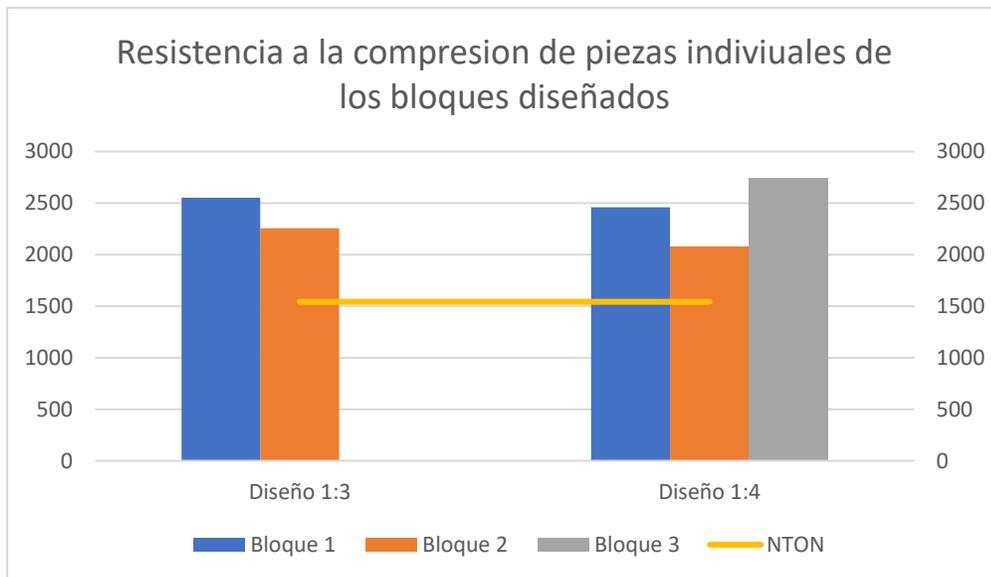
A continuación, plasmaremos los datos de resistencia a la compresión de piezas probadas de 3 unidades que según la norma tiene que obtener un valor mayor a 1714 psi, donde los bloques diseñados superan exitosamente este valor mínimo

Gráfico 21 Resistencia a la compresión promedio de las bloqueras



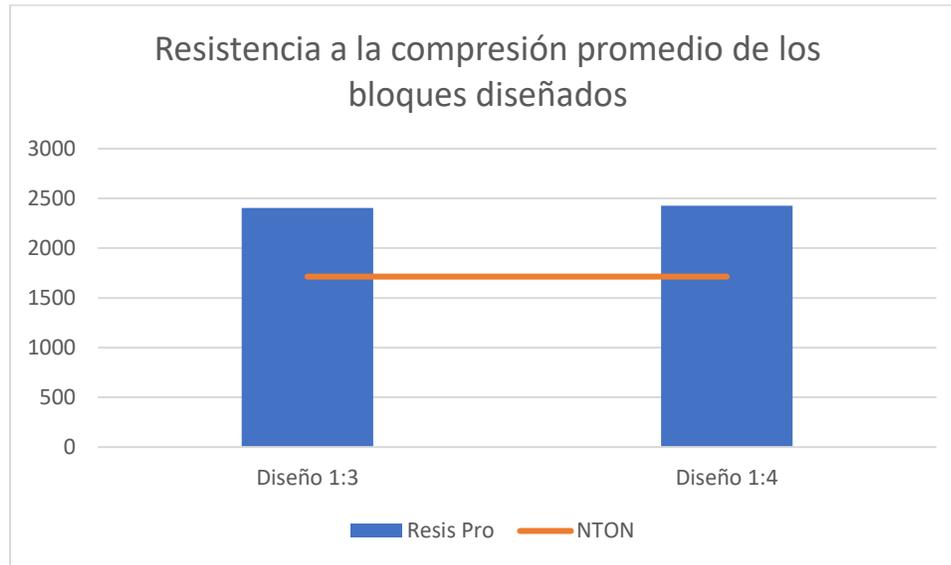
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 22 Resistencia a la compresión de piezas individuales de los bloques diseñados



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 23 Resistencia a la compresión promedio de los bloques diseñados



Fuente: Elaboración Propia

De los bloques diseñados se obtienen que ambos diseños logran cumplir exitosamente con el valor mínimo requerido por la NTON 12-008 16, sin embargo, el valor de la proporción de 1:4 fue un tanto mas alto que el valor de la proporción 1:3

5.3 Absorción

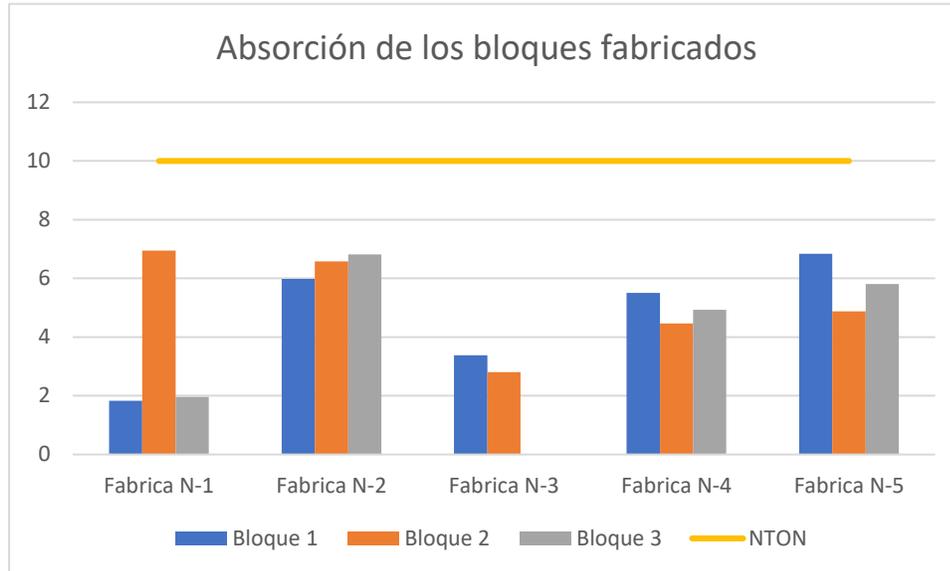
Los porcentajes de absorción en un bloque indican la cantidad de vacíos que existen en un bloque, y a mayor cantidad de vacíos existe el riesgo de pérdida de resistencia en la pieza fabricada.

Según los resultados obtenidos como parte de nuestra investigación, el 100% de las fábricas semi-industriales cumplen en este apartado, ya que los bloques tuvieron un valor menor al 10% descrito en la NTON 12 008-16.

Al igual que los elementos diseñados para la investigación no logran sobrepasar el valor máximo de 10%.

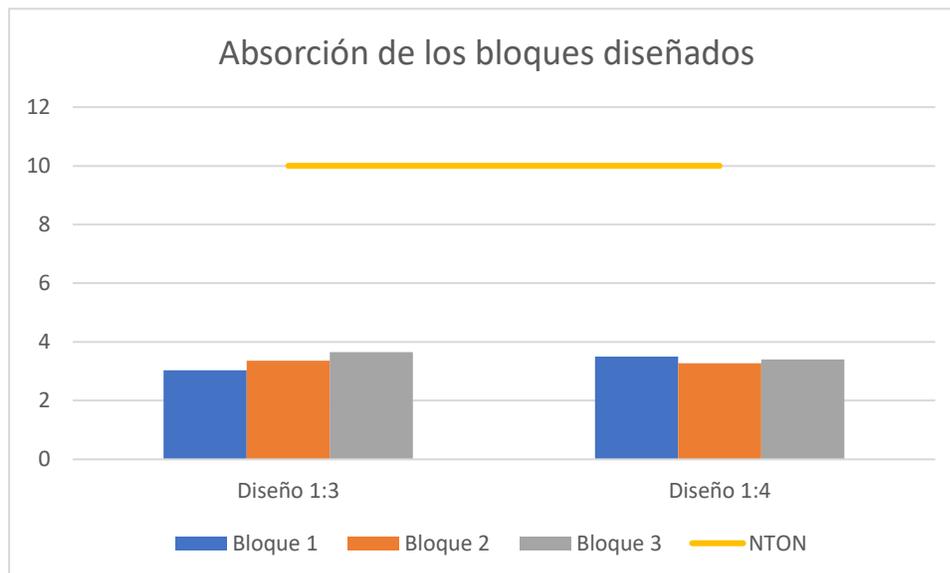
Lo cual nos indica que estos bloques no poseen exceso de vacíos en su interior y tampoco sufren pérdidas de resistencia por exceso de agua en sus poros.

Gráfico 24 Absorción de los bloques en las fabricas



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 25 Absorción de los bloques diseñados



Fuente: Elaboración Propia

Capítulo VI: Recomendaciones y Conclusiones

6.1 Conclusiones

Después de los resultados antes expuestos llegamos a las siguientes conclusiones.

- Se conoció y analizó el proceso productivo de cada una de las fábricas, de los cuales se llegó a la siguiente conclusión técnicamente el proceso sigue un orden correcto, pero se le deben hacer ciertas modificaciones en su proceso de mezclado y fraguado inicial del bloque terminado que podrían concluir en un producto con mejor calidad y resistencia.
- Con respecto a la maquinaria se observó que, si bien se les hace un mantenimiento diario como engrasar y ajustar el molde, se pudo observar en algunos casos que las instalaciones eléctricas no tenían la capacidad para levantar la máquina. También se pudo observar que algunas máquinas presentaban problemas con la banda de acción de la vibro compactación.
- Ya realizados los estudios de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados, en su totalidad se pudo observar que poseen un comportamiento adecuado de acuerdo con las especificaciones para agregados finos especificados en la normativa ASTM para cada propiedad.
- Con respecto a la granulometría ninguna de las arenas cumple de acuerdo con la normativa esto se puede ver expresado en las tablas correspondientes a los valores máximos y mínimos.
- Se realizaron las pruebas pertinentes para el control y calidad de los bloques tales como resistencia a la compresión en este caso ninguna fábrica cumplió con el valor establecido por la normativa en su mayoría se quedaron en promedio de un 48% por debajo de la resistencia solicitada. También se analizó la absorción del bloque terminado y arrojó un promedio de las fábricas de 4.9% de absorción un 50% por debajo del 10% solicitado

por la normativa, lo cual nos arroja buenos resultados ya que el bloque absorbe muy poca humedad.

- El diseño propuesto en este caso el que tiene dosificación 1:4 únicamente con material cero, sobrepasa significativamente lo establecido en la norma, ya que con una resistencia final de 2600 psi es casi el doble de resistente que los 1542 psi contemplados por la normativa NTON 008-16.
- Con respecto a la dosificación 1:3 realizada por nosotros, si bien arrojó datos sobresalientes con respecto a la resistencia final del bloque de 2400 psi en promedio superando con creces los 1542 psi contemplados en la normativa NTON 008-16 la producción de este bloque no supera en resistencia a la 1:4 en un 8.33% y tampoco la supera en volumen de producción por bolsa de cemento, lo cual no se nos hace una buena alternativa para el factor económico con el que tiene que cumplir para las fábricas.

6.2 Recomendaciones

6.2.1 Recomendaciones Generales

- Con respecto al material se les recomienda a las fábricas utilizar únicamente como agregado, el material cero, ya que este presenta mejores propiedades físicas y mecánicas comparadas a las de la arena tales como menor absorción de humedad y menos espacios de vacíos en la unidad terminada.
- En la mezcla se les recomienda a las fábricas hacer uso del diseño propuesto ya que de ser utilizado se garantizaría cumplir con la resistencia solicitada en la normativa, a su vez en la mezcla utilizar baldes o cubetas de fácil graduación así no se cometen errores en la dosificación del agua en la mezcla. También se les recomienda hacer una mezcla a la vez con el diseño propuesto, se pudo observar que las fábricas que realizaban dos mezclas presentaron mayores problemas de resistencia y a su vez mayores

unidades dañadas al momento de sacar los bloques terminados del molde. Esto se observó debido al excesivo tiempo de fraguado de la mezcla antes de ser procesada y para resolver los problemas del secado por fragua se recurría a agregar más agua a la mezcla.

- En las instalaciones podemos recomendar el primer fraguado las primeras 24 horas hacerlo bajo protección en contra de la acción directa del sol para evitar un secado excesivo de la unidad terminada y pueda fraguar lentamente en un ambiente controlado.

6.2.2 Recomendaciones Específicas

Fábrica N-1

Recomendamos que el curado inicial se realice bajo techo lo cual no influirá en un cambio súbito en la temperatura del bloque al salir de la máquina directamente a la luz del sol, esto no repercute en un proceso acelerado del secado del bloque. De primera mano hemos visto que al curar al menos las primeras 24 horas del día bajo techo, incrementa significativamente la resistencia del bloque.

Se recomienda el diseño 1:4 propuesto para lograr un incremento significativo con respecto a la resistencia a la compresión de las unidades en referencia a la mezcla utilizada por la fábrica que concluye es excesiva con respecto a la cantidad de cemento a utilizar ya que producen más de 50 unidades por bolsa de cemento, cuando la norma contempla un promedio de 24 unidades por bolsa de cemento, que lejos de ser un dato obligatorio creemos que con los ajustes en el diseño propuesto se puede lograr que cada una de las unidades alcance la resistencia dada por la norma NTON-008 16.

Fábrica N-2

Se recomienda hacer un mantenimiento de la máquina ya que el estado de esta no es óptimo para la producción diaria de dicha fábrica, para ser específico con respecto a la banda que acciona la vibro compactación se encuentra en mal estado.

Recomendamos a la fábrica revisar el sistema eléctrico del lugar, ya que hacía que el motor de la máquina disparara la cuchilla de electricidad, se pudo ver que no tiene la capacidad para alimentar de manera correcta la máquina, eso genera un atraso en la producción y a su vez se mantiene fraguando la mezcla que dependiendo del clima perderá humedad rápidamente.

Se recomienda embaldosar el lugar en el que se hace la mezcla ya que no es concreto sino tierra con restos de mezcla solidificada, esto nos dice que la mezcla pierde humedad con facilidad mediante el piso también.

Recomendamos el uso del diseño 1:4 propuesto ya que su dosificación no corresponde a valores reales y puede ser excesiva con respecto al agregado en la mezcla, también se recomienda que no se realicen dos mezclas de manera consecutiva y luego se procesen dichas mezclas, esto genera que la mezcla se seque y acudan a agregar más agua constantemente debido a que les toma poco más de una hora en procesar las dos mezclas, este fraguado excesivo antes de realizar los bloques infiere en una pérdida de las propiedades del cemento al pasar mucho tiempo y agregar más agua de la debida.

También se recomienda que no se realice la exposición directa al sol de los bloques en sus primeras 24 horas, esto reduce considerablemente la resistencia al no estar en un ambiente de reposo controlado y hace que las unidades se deshidraten con suma facilidad en el día en que se hacen.

Fábrica N-3

Se recomienda el uso del diseño 1:4 propuesto debido a que la mezcla es un poco excesiva, utilizan una dosificación de 3 carretillas y media de material cero y media carretilla de arena por bolsa de cemento lo cual no corresponde valores reales para una dosificación.

Fábrica N-4

Recomendamos que la máquina no esté a la intemperie, esto puede producir un desgaste por acción del sol y los cambios en el clima, también recomendamos

que se haga un mantenimiento de la banda ya que la máquina está presentando un problema en la banda que acciona el motor esta es excesivamente larga y con el uso se sale de su posición y obliga al bloquero a parar y volverla a acomodar en su sitio, esto genera un atraso a la hora de la producción.

También se recomienda que la mezcla se realice sobre un embaldosado ya que se hace sobre la tierra con resto de mezclas anteriores solidificadas lo cual se puede estar perdiendo humedad en la mezcla por acción del piso.

Se les recomienda hacer un área donde se pongan los bloques recién hechos, donde no estén bajo la acción directa del sol y así no ocurra un cambio brusco en la cantidad de humedad que el bloque tenga en sus primeras 24 horas después de hecho.

Fábrica N-5

Se le recomienda realizar un embaldosado donde se hace la mezcla, ya que está se hace sobre la tierra con restos de mezclas anteriores solidificadas, esto incurre en una absorción por acción del piso.

Se recomienda el uso del diseño 1:4 propuesto ya que, si bien la mezcla en cantidad es de las que menos agregado utiliza por bolsa de cemento, la dosificación utilizada es de 2 carretillas de material cero y una carretilla de arena por bolsa de cemento. Alrededor de 40 unidades por bolsa de cemento, sin embargo, la resistencia dada no cumplió con la normativa. Pese a producir menos unidades por bolsa que el resto de las fábricas.

Y por último recomendamos poner los bloques recién hechos en un lugar donde no tengan contacto directo con los rayos del sol así se mantiene mejor la humedad al menos las primeras 24 horas después de hechos y así evitar que las unidades se deshidraten excesivamente durante el primer día.

Bibliografía

American Society for Testing and Materials (2009). Standard Test Method for Bulk Density (“Unit Weight”) and Voids in Aggregate. West Conshohocken: Autor

American Society for Testing and Materials (2011). Standard Test Methods for Sampling and Testing Concrete Masonry Units and Related Units. West Conshohocken: Autor

American Society for Testing and Materials (2014). Standard Test Methods for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates. West Conshohocken: Autor

American Society for Testing and Materials (2015). Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate. West Conshohocken: Autor

Ampie, C. & Perez, M. (2017). *Evaluación de la Conformidad según la Norma técnica obligatoria nicaragüense – NTON 12 008-16* en Fabricas Semi-Industriales de Bloques de Concreto en la Ciudad de Managua y Propuesta metodológica para mejorar la Calidad de los Mampuestos. UCA. Recuperado de <http://repositorio.uca.edu.ni/4831/1/UCANI5246.pdf>

Arias, H. Navarro, R. & Rodríguez, L. (2016). *Valoración de la calidad de los bloques de concreto elaborados artesanalmente en el km 12 Carretera Masaya y el sector de la UCA en el periodo Agosto - Diciembre 2016*. UNAN. Recuperado de <http://repositorio.unan.edu.ni/3663/1/53812.pdf>

ARQHYS. (2012) Bloques de hormigón. Revista ARQHYS.com. Recuperado de <http://www.arqhys.com/arquitectura/bloques-hormigon.html>

Cemex de Nicaragua (2021) Cemento Canal GU: Ficha técnica. Recuperado de: <https://www.cemexnicaragua.com/web/cemex-nicaragua/productos-y-servicios/cemento/nuestros-cementos/cemento-hidraulico-tipo-gu>

Comité Técnico de Transporte, Construcción e Infraestructura. (2016). *Norma técnica obligatoria nicaragüense: Fabricación de bloques de concreto – NTON 12 008-16*. Managua: Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, Ministerio de Fomento, Industria y Comercio.

Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto (IMCYC). (2006) Las posibilidades del concreto: Bloques Autor. Recuperado de www.imcyc.com/ct2006/marzo06/POSIBILIDADES.pdf

<https://matdeconstruccion.wordpress.com/2009/08/03/bloques-de-concreto/>

Matus Lazo Iván y Blanco Marvin Antonio. Apuntes de materiales de construcción.

Universidad Nacional de Ingeniería. (2012). Introducción a la ingeniería civil: Los bloques. Estelí: Autor

Anexos

Anexo I Listado de Fábricas brindado por el MTI

Anexo II Formato de Ficha de Evaluación en sitio para las fábricas



Ficha de evaluación en sitio.

1. Procedencia de la materia prima para la fabricación de bloques de concreto.

Banco de materiales o Empresas de distribución.	
Cerro Motastepe	
Veracruz (Prohco)	
Complejo Industrial Nindirí (Agrenic)	
Banco Xiloa	
El menco	
Cuesta El plomo.	
Ferreterías	
Otros	

2. Descripción Estructural de las fábricas de bloques.

Descripción	Almacenamiento de la materia Prima		
	Cemento	Arena	Agua
Intemperie			
Área bajo techo			
Con protección inferior			
Con protección inferior			
Estructura de Silo			
Pozo			
Pila			
Tanque			
Directamente del grifo			

Almacén de Herramientas y Equipos	
Intemperie	
Área bajo techo	

Fuente: Elaboración Propia

Área de Mezclado	
Intemperie	
Bajo techo	

Mezclado de la materia prima	
A mano, Sobre el suelo.	
A mano, sobre superficie de concreto.	
A mano, sobre batea.	
Trompo Mezclador	

Fabricación de bloques	
Intemperie	
Bajo techo	

Fabricación de bloques (Maquinaria)	
Maquina manual	
Maquina semiautomática	
Maquina automática	

3. Proceso de curado

Método de curado (Hidratación de los bloques de concreto)	
A la Intemperie (Rociado con agua)	
Membranas u hojas (Plásticos)	
Papel Impermeable	
Inmersión	
Rociado de niebla o Aspersión	
Costales, Mantas de Algodón y Alfombras	
Curado en Tierra	
Arena y Aserrín	
Paja o Heno	

Área de almacenamiento de los Bloques	
Intemperie	
Bajo techo	

Personal de la Fabrica	Cantidad
Administración	
Producción	
Servicios Generales	
Estibadores	
Cargadores	

Fuente: Elaboración Propia



Verificación de Resistencia a la compresión de las piezas		Volumen de producción de la fábrica	Cantidad
Frecuente		Diario	
Regular		Semanal	
Nunca		Mensual	

Fuente: Elaboración Propia

