Universidad de Guayaquil

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÀTICAS Y FÌSICAS
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

TEMA:

OPTIMIZACION DE DISEÑO Y PRODUCCION DE HORMIGON HIDRAULICO DE RESISTENCIAS f'c = 210, 240, 280 Kg/cm² EN PLANTA DOSIFICADORA CON DIFERENTES INDOLE DE AGREGADOS GRUESOS.

AUTORES: CARLOS ANDRÉS LÓPEZ LÓPEZ
MARIO DAVID MORÁN DELGADO

TUTOR: ING. FAUSTO CABRERA MONTES, M. Sc

GUAYAQUIL, ABRIL-2019

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, a mi querida esposa por haber estado en cada momento de este largo trayecto brindándome todo su apoyo y compañía, en especial a mi padre y madre que, sin ellos, como pilar fundamental en todas mis enseñanzas esta obtención de título no hubiese sido posible.

Carlos Andrés López López.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por otorgarme la fortaleza necesaria para conseguir este logro. A mis padres y familiares que fueron el apoyo y principal motivación en cada momento. A mis amigos que a lo largo de toda la carrera brindaron de manera especial su confianza.

Mario David Morán Delgado.

DEDICATORIA

Se lo dedico a mi hijo Carlos Alfredo López Arce gracias por llegar a mi vida, a mi esposa María Fernanda Arce de López por siempre caminar a mi lado, a mi hermana Dra. Carolina Isabel López como ejemplo de formación y dedicación y a mis padres Arq. Carlos López Calero y Ana Maria López por ser mi guía e inspiración.

Carlos Andrés López López.

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a cada persona que estuvo a lo largo de mi carrera en especial a mis padres.

Esto va por ustedes…

Mario David Morán Delgado.

DECLARACIÓN EXPRESA

Art. XI.- del Reglamento Interno de Graduación de la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas de la Universidad de Guayaquil.

La responsabilidad de los hechos, ideas y doctrinas expuestas en este trabajo de Titulación corresponden exclusivamente al autor, y al Patrimonio Intelectual de la Universidad de Guayaquil.

LÓPEZ LÓPEZ CARLOS ANDRES

C.I: 092036323-1

MORÁN DELGADO MARIO DAVID

C.I: 093029216-4

Universidad de Guayaquil
Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas
Escuela de Ingeniería Civil

UNIDAD DE TITULACION
Telf: 2283348

ANEXO 11

Guayaquil, 10 de abril del 2019

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR REVISOR

Yo, **ING. JAVIER CORDOVA RIZO, MSc.**, habiendo sido nombrado tutor del trabajo de titulación **"OPTIMIZACION DE DISEÑO Y PRODUCCION DE HORMIGON HIDRAULICO DE RESISTENCIAS f'c = 210, 240, 280 Kg/cm² EN PLANTA DOSIFICADORA CON DIFERENTES INDOLE DE AGREGADOS GRUESOS"**, certifico que el presente, elaborado por las Srs. **LÓPEZ LÓPEZ CARLOS ANDRES**, con **C.I. 092036323-1** y **MORÁN DELGADO MARIO DAVID** con **C.I. 093029216-4,** del núcleo estructurante **GENERALES DE INGENIERÍA**, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de **INGENIERO CIVIL**, en la Carrera de Ingeniería Civil, ha sido **REVISADO Y APROBADO** en todas sus partes, encontrándose apto para su sustentación.

ING. JAVIER CORDOVA RIZO, MSc
C.I. 120091760-5
DOCENTE TUTOR REVISOR

Universidad de Guayaquil
Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas
Escuela de Ingeniería Civil

UNIDAD DE TITULACION
Telf: 2283348

ANEXO 12

Guayaquil, 10 de abril de 2019

LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO EXCLUSIVA PARA EL USO NO COMERCIAL DE LA OBRA CON FINES NO ACADÉMICOS

Nosotros **LÓPEZ LÓPEZ CARLOS ANDRES**, con **C.I. 092036323-1** y **MORÁN DELGADO MARIO DAVID** con **C.I. 093029216-4**, certifico que los contenidos desarrollados en este trabajo de titulación, cuyo título es **"OPTIMIZACION DE DISEÑO Y PRODUCCION DE HORMIGON HIDRAULICO DE RESISTENCIAS f'c = 210, 240, 280 Kg/cm² EN PLANTA DOSIFICADORA CON DIFERENTES INDOLE DE AGREGADOS GRUESOS"**son de mi absoluta propiedad y responsabilidad y según el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, autorizo el uso de una licencia gratuita intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la presente obra con fines no académicos, en favor de la Universidad de Guayaquil, para que haga uso del mismo, como fuera pertinente.

Atentamente,

LÓPEZ LÓPEZ CARLOS ANDRES

C.I. Nº **092036323-1**

MORÁN DELGADO MARIO DAVID

C.I N° **093029216-4**

"CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN (Registro Oficial n. 899-Dic./2016) Artículo 114.- De los titulares de derechos de obras creadas en las instituciones de educación superior y centros educativos.- En el caso de las obras creadas en centros educativos, universidades, escuelas politécnicas, institutos superiores técnicos, tecnológicos, pedagógicos, de arte y los conservatorios superiores, e institutos públicos de investigación como resultado de su actividad académica o de investigación tales como trabajos de titulación, proyectos de investigación o innovación, artículos académicos, u otros análogos, sin perjuicio de que pueda existir relación de dependencia, la titularidad de los derechos patrimoniales corresponderá a los autores. Sin embargo, el establecimiento tendrá una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra con fines académicos.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

_____	_____
Ing. Santiago Ramírez Aguirre, MSc.	Ing. Fausto Cabera Montes, MSc.
DECANO	**TUTOR**
_____	_____
Ing. Javier Córdova Rizo, MSc.	Ing. , MSc.
VOCAL	**VOCAL**

INDICE GENERAL

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 Introducción 1

1.2 Objetivos 2

1.2.1 Objetivo General. 2

1.2.2 Objetivos Específicos. 2

1.3 Ubicación del Proyecto 3

1.4 Planteamiento del problema 3

1.5 Delimitación del tema 4

1.6 Justificación del tema 4

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 Características de la materia prima del hormigón hidráulico convencional . 5

2.1.1 Cemento. 5

2.1.1.1 Clasificación del Cemento. 6

2.1.2 El Agua. 6

2.1.3 Los Agregados. 7

2.1.4 El Aire. 8

2.1.5 Los Aditivos. 9

2.2 Propiedades de los Materiales 10

2.2.1 Propiedades del Cemento Portland. 10

2.2.1.1 Hidratación y Calor de Hidratación. 10

2.2.1.2 Peso Específico. 11

2.2.1.3 Finura. 11

2.2.1.4 Consistencia. 12

2.2.1.5 Tiempo de Fraguado. 13

2.2.1.6 Estabilidad de Volumen o Sanidad. 13

2.2.1.7 Resistencia. 14

2.2.2 Propiedades de los Agregados. 15

2.2.2.1 Granulometría. 15

2.2.2.2 Módulo de Finura. 15

2.2.2.3 Tamaño Máximo. 16

2.2.2.4 Tamaño Máximo Nominal. 16

2.2.2.5 Textura y Forma Superficial de los Agregados. 16

2.2.2.6 Densidad. 17

2.2.2.7 Porosidad. 17

2.2.2.8 Absorción y Humedad. 17

2.2.2.9 Resistencia al Desgaste. 17

2.2.2.10 Resistencia a la Compresión. 17

2.2.3 Propiedades del Hormigón. 18

2.2.3.1 Propiedades Físicas del Hormigón. 18

2.2.3.1.1 Trabajabilidad. 18

2.2.3.1.2 Segregación. 18

2.2.3.1.3 Exudación. 19

2.2.3.1.4 Tiempo de Fraguado. 19
2.2.3.1.5 Estabilidad. 20
2.2.3.1.6 Permeabilidad. 20
2.2.3.1.7 Durabilidad. 20
2.2.3.2 Propiedades Mecánicas del Hormigón. 21
2.2.3.2.1 Resistencia a la Compresión. 21
2.2.3.2.2 Resistencia a la Tensión. 21
2.2.3.2.3 Resistencia a la Flexión. 22
2.2.3.2.4 Módulo de Elasticidad. 22
2.2.3.2.5 Módulo de Poisson. 23
2.3 Diseño de Mezclas 23
2.4 Plantas de Hormigón 23

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1 Metodología de Investigación a Utilizar 25
3.1.1 Revisión de Conceptos. 25
3.1.2 Visita a la Planta de Hormigón. 26
3.1.3 Reconocimientos de Materiales y Equipos. 26
3.1.3.1 Agregados. 27
3.1.3.2 Cemento. 27
3.1.3.3 Aditivos. 27
3.1.3.4 Planta De Hormigón. 28
3.1.4 Realización de Ensayos. 28

3.1.4.1 Ensayo De Los Agregados. 28

3.1.4.1.1 Norma ASTM C-33 Especificaciones Granulométricas Para Agregados De Concreto. 28

3.1.4.1.2 Norma ASTM C-136 Granulometría De Los Materiales. 29

3.1.4.1.3 Norma ASTM C-29 Determinación De La Masa Unitaria Y Porcentaje De Vacíos. 32

3.1.4.1.4 Norma ASTM C-127 Determinación De La Densidad Y Absorción Del Agregado Grueso. 34

3.1.4.1.5 Norma ASTM C-128 Determinación De La Densidad Y Absorción Del Agregado Fino. 35

3.1.4.1.6 Norma ASTM C-556 Contenido De Humedad Del Agregado. . 37

3.1.4.1.7 Norma ASTM C-131 Resistencia Al Desgaste Y Degradación Mediante Maquina De Los Angeles Del Agregado Grueso. 38

3.1.4.1.8 Norma ASTM C-88 Resistencia Al Desgaste Contra Los Sulfatos……. 40

3.1.4.2 Ensayos Para La Elaboración De Hormigón. 40

3.1.4.2.1 Norma ASTM C-143 Medición De Revenimiento. 40

3.1.4.2.2 Norma ASTM C-192 Elaboración Y Curado De Probetas De Hormigón En Laboratorio. 42

3.1.4.2.3 Norma ASTM C-39 Determinación De Resistencia A La Compresión De Cilindros De Hormigón. 43

3.1.5 Análisis y Comparación de Resultados. 44

3.1.6 Rediseño de Hormigón. 44

3.1.6.1 Metodología A.C.I. 211.1. 45

3.1.6.1.1 Elección Del Revenimiento. 45

3.1.6.1.2 Selección Del Tamaño Máximo Del Agregado 46

3.1.6.1.3 Calculo Del Agua De Mezclado Y El Contenido De Aire. 46

3.1.6.1.4 Selección de la relación agua – cemento. 47

3.1.6.1.5 Calculo Del Contenido De Cemento..... 47

3.1.6.1.6 Estimación Del Contenido Del Agregado Grueso. 48

3.1.6.1.7 Estimación Del Contenido Del Agregado Fino. 49

3.1.6.1.8 Ajuste Por Humedad Del Agregado. 50

CAPITULO IV

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

4.1 Diseño Patrón Para Agregado Basalto Para Resistencias f´c = 210, 240, 280 Kg/cm²..... 52

4.1.1 Ensayos De Laboratorio Del Agregado Del Diseño Patrón. 52

4.1.1.1 Granulometría De Los Materiales. 52

4.1.1.2 Masa Unitaria Y Porcentaje De Vacíos. 55

4.1.1.3 Densidad Y Absorción Del Agregado Grueso y Agregado Fino. . 55

4.1.1.4 Contenido De Humedad De Los Agregados. 55

4.1.1.5 Resistencia Al Desgaste Y Degradación Mediante Máquina De Los Ángeles Del Agregado Grueso. 55

4.1.1.6 Resistencia Al Desgaste Contra Sulfatos. 55

4.1.2 Cartillas del diseño patrón para las diferentes resistencias propuestas f´c = 210, 240, 280 Kg/cm² 55

4.1.2.1 Elaboración De Especímenes De Hormigón Para Cada Tipo De Agregado Para Sus Respectivos Diseños En Base Al Diseño Patrón. 59

4.1.2.2 Análisis Y Comparación De Resultados De Las Resistencias Obtenidas A Los 28 Días Para Cada Tipo De Agregado En Base Al Diseño Patrón…….. 61

4.2 Rediseño de Hormigón..... 80

4.2.1 Realización De Ensayos De Laboratorio Para Los Distintos Agregados Propuestos. 80

4.2.1.1 Granulometría De Los Materiales. 80

4.2.1.2 Masa Unitaria Y Porcentaje De Vacíos. 84

4.2.1.3 Densidad Y Absorción Del Agregado Grueso y Agregado Fino. . 84

4.2.1.4 Contenido De Humedad De Los Agregados. 84

4.2.1.5 Resistencia Al Desgaste Y Degradación Mediante Máquina De Los Ángeles Del Agregado Grueso. 84

4.2.1.6 Resistencia Al Desgaste Contra Sulfatos. 85

4.2.2 Reajuste De Mezcla Del Diseño Patrón Para Cada Tipo De Agregado Grueso. 85

4.2.2.1 Reajuste De La Relación Agua/Cemento Y Cantidad De Cemento En La Mezcla Para Tipo De Agregado. 85

4.2.2.2 Análisis y comparación de resultados de las resistencias obtenidas a los 28 días para cada tipo de agregado en base al reajuste de diseño……. 98

4.2.3 Análisis De Costo Directo En Los Rediseños Por Cada Tipo De Agregado..... 112

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones..... 119

5.2 Recomendaciones 119

Bibliografia 121

Anexos 122

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Ubicación de Planta Hormigonera ODCON S.A. 3

Ilustración 2: Proceso de Investigación a seguir 25

Ilustración 3: Curva Granulométrica De la Arena De Rio 53

Ilustración 4: Curva Granulométrica Del Basalto 54

Ilustración 5: Pesado De Los Materiales Para La Elaboración De Mezclas 60

Ilustración 6: Realización De Especímenes De Hormigón 61

Ilustración 7: Curva De Resistencia A La Compresión Del Diseño Patrón f´c = 210 Kg/cm² 62

Ilustración 8: Curva De Resistencia A La Compresión Del Diseño Patrón f´c = 240 Kg/cm² 63

Ilustración 9: Curva De Resistencia A La Compresión Del Diseño Patrón f´c = 280 Kg/cm² 64

Ilustración 10: Curva De Resistencia A La Compresión Del canto rodado triturado en base al Diseño Patrón f´c = 210 Kg/cm² 65

Ilustración 11: Curva De Resistencia A La Compresión Del canto rodado triturado en base al Diseño Patrón f´c = 240 Kg/cm² 66

Ilustración 12: Curva De Resistencia A La Compresión Del canto rodado triturado en base al Diseño Patrón f´c = 280 Kg/cm² 67

Ilustración 13: Curva De Resistencia A La Compresión De La Lutita en base al Diseño Patrón f´c = 210 Kg/cm² 68

Ilustración 14: Curva De Resistencia A La Compresión De La Lutita en base al Diseño Patrón f´c = 240 Kg/cm² 69

Ilustración 15: Curva De Resistencia A La Compresión De La Lutita en base al Diseño Patrón f´c = 280 Kg/cm² 70

Ilustración 16: Curva De Resistencia A La Compresión De La Caliza en base al Diseño Patrón f´c = 210 Kg/cm² 71

Ilustración 17: Curva De Resistencia A La Compresión De La Caliza en base al Diseño Patrón f´c = 240 Kg/cm² 72

Ilustración 18: Curva De Resistencia A La Compresión De La Caliza en base al Diseño Patrón f´c = 280 Kg/cm² 73

Ilustración 19: Curvas de Comparación De Resultados De Resistencia A La Compresión De Los Diferentes Agregados En Base Diseño Patrón f´c = 210 Kg/cm² 76

Ilustración 20: Curvas de Comparación De Resultados De Resistencia A La Compresión De Los Diferentes Agregados En Base Diseño Patrón f´c = 240 Kg/cm² 77

Ilustración 21: Curvas de Comparación De Resultados De Resistencia A La Compresión De Los Diferentes Agregados En Base Diseño Patrón f´c = 280 Kg/cm² 78

Ilustración 22: Comparación De Resultados De Resistencia A La Compresión De Los Diferentes Agregados En Base Diseño Patrón f´c = 210 Kg/cm² 79

Ilustración 23: Comparación De Resultados De Resistencia A La Compresión De Los Diferentes Agregados En Base Diseño Patrón f´c = 240 Kg/cm² 79

Ilustración 24: Comparación De Resultados De Resistencia A La Compresión De Los Diferentes Agregados En Base Diseño Patrón f´c = 280 Kg/cm² 80

Ilustración 25: Curva Granulométrica Del Canto Rodado Triturado (Material B).... 81

Ilustración 26: Curva Granulométrica De la Lutita (Material C)..... 82

Ilustración 27: Curva Granulométrica De la Caliza (Material D)..... 83

Ilustración 28: Curva De Resistencia A La Compresión Del Reajuste De Diseño Para Canto Rodado Triturado f´c = 210 Kg/cm² 98

Ilustración 29: Curva De Resistencia A La Compresión Del Reajuste De Diseño Para Canto Rodado Triturado f´c = 240 Kg/cm² 99

Ilustración 30: Curva De Resistencia A La Compresión Del Reajuste De Diseño Para Canto Rodado Triturado f´c = 280 Kg/cm² 100

Ilustración 31: Curva De Resistencia A La Compresión Del Reajuste De Diseño Para Lutita f´c = 210 Kg/cm² 101

Ilustración 32: Curva De Resistencia A La Compresión Del Reajuste De Diseño Para Lutita f´c = 240 Kg/cm² 102

Ilustración 33: Curva De Resistencia A La Compresión Del Reajuste De Diseño Para Lutita f´c = 280 Kg/cm² 103

Ilustración 34: Curva De Resistencia A La Compresión Del Reajuste De Diseño Para Caliza f´c = 210 Kg/cm² 104

Ilustración 35: Curva De Resistencia A La Compresión Del Reajuste De Diseño Para Caliza f´c = 240 Kg/cm² 105

Ilustración 36: Curva De Resistencia A La Compresión Del Reajuste De Diseño Para Caliza f´c = 280 Kg/cm² 106

Ilustración 37: Comparación De Dosificación Entre El Diseño Patrón Y El Reajuste Para f´c = 210 Kg/cm² 109

Ilustración 38: Comparación De Dosificación De Cemento Entre El Diseño Patrón Y El Reajuste Para f´c = 240 Kg/cm² 110

Ilustración 39: Comparación De Dosificación De Cemento Entre El Diseño Patrón Y El Reajuste Para f´c = 280 Kg/cm² 111

Ilustración 40: Comparación De Costos Por Cada Agregado Para

f´c = 210 Kg/cm² 114

Ilustración 41: Comparación De Costos Por Cada Agregado Para

f´c = 240 Kg/cm² 115

Ilustración 42: Comparación De Costos Por Cada Agregado Para

f´c = 280 Kg/cm² 116

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación De Los Aditivos 10

Tabla 2: Calor generado aproximado en los primeros 7 días 11

Tabla 3: Tipos de agregados a utilizarse 27

Tabla 4: Propiedades y Ensayos De Los Agregados 29

Tabla 5: Muestra Seca Mínima De Agregado Grueso A Ensayar 30

Tabla 6: Requisitos Granulométricos Para Agregados Finos 32

Tabla 7: Requisitos Granulométricos Para Agregados Gruesos 32

Tabla 8: Requisitos Granulométricos Para Agregados Gruesos 34

Tabla 9: Requisitos Granulométricos Para Agregados ensayo De Humedad 38

Tabla 10: Graduaciones De Las Mezclas De Ensayo Para Abrasión De Los Ángeles 39

Tabla 11: Carga Abrasiva Por Graduación Para Abrasión De Los Ángeles 39

Tabla 12: . Revenimiento Recomendado Para Varios tipos de Construcción 45

Tabla 13: Agua De Mezclado En Ltrs. Y Contenido De Aire En % Para Distintos Revenimiento Tamaños De Agregados Por m³ 46

Tabla 14: Relacion Agua - Cemento (A/C) Vs. Resistencia De Diseño 47

Tabla 15: Volumen De Agregado Grueso Compactado Por Unidad De Volumen De Hormigón Para Diferentes Módulos De Finura De La Arena 48

Tabla 16: Cartilla De Diseño Patrón para f´c = 210 Kg/cm² 56

Tabla 17: Cartilla De Diseño Patrón para f´c = 240 Kg/cm² 57

Tabla 18: Cartilla De Diseño Patrón para f´c = 280 Kg/cm² 58

Tabla 19: Dosificación utilizada para especímenes de f´c = 210 Kg/cm² 59

Tabla 20: Dosificación utilizada para especímenes de f´c = 240 Kg/cm² 59

Tabla 21: Dosificación utilizada para especímenes de f´c = 280 Kg/cm² 59

Tabla 22: Revenimientos obtenidos en las distintas mezclas 60

Tabla 23: Resistencia De Hormigón Para Diferentes Edades..... 61

Tabla 24: Resistencia A La Compresión Del Diseño Patrón f´c = 210 Kg/cm² 62

Tabla 25: Resistencia A La Compresión Del Diseño Patrón f´c = 240 Kg/cm² 63

Tabla 26: Resistencia A La Compresión Del Diseño Patrón f´c = 280 Kg/cm² 64

Tabla 27: Resistencia A La Compresión Del canto rodado triturado en base al Diseño Patrón f´c = 210 Kg/cm² 65

Tabla 28: Resistencia A La Compresión Del canto rodado triturado en base al Diseño Patrón f´c = 240 Kg/cm² 66

Tabla 29: Resistencia A La Compresión Del canto rodado triturado en base al Diseño Patrón f´c = 280 Kg/cm² 67

Tabla 30: Resistencia A La Compresión De La Lutita en base al Diseño Patrón f´c = 210 Kg/cm² 68

Tabla 31: Resistencia A La Compresión De La Lutita en base al Diseño Patrón f´c = 240 Kg/cm² 69

Tabla 32: Resistencia A La Compresión De La Lutita en base al Diseño Patrón f´c = 280 Kg/cm² 70

Tabla 33: Resistencia A La Compresión De La Caliza en base al Diseño Patrón f´c = 210 Kg/cm² 71

Tabla 34: Resistencia A La Compresión De La Caliza en base al Diseño Patrón f´c = 240 Kg/cm² 72

Tabla 35: Resistencia A La Compresión De La Caliza en base al Diseño Patrón f´c = 280 Kg/cm² 73

Tabla 36: Comparación De Resultados De Resistencia A La Compresión De Los Diferentes Agregados En Base Diseño Patrón f´c = 210 Kg/cm² 74

Tabla 37: Comparación De Resultados De Resistencia A La Compresión De Los Diferentes Agregados En Base Diseño Patrón f´c = 240 Kg/cm² 74

Tabla 38: Comparación De Resultados De Resistencia A La Compresión De Los Diferentes Agregados En Base Diseño Patrón f´c = 280 Kg/cm² 75

Tabla 39: Reajuste de Relación Agua/Cemento Para f´c = 210 Kg/cm²..... 86

Tabla 40: Reajuste de Relación Agua/Cemento Para f´c = 240 Kg/cm²..... 86

Tabla 41: Reajuste de Relación Agua/Cemento Para f´c = 280 Kg/cm²..... 86

Tabla 42: Cantidad De Cemento en Reajuste de Mezclas Para f´c = 210 Kg/cm² .. 87

Tabla 43: Cantidad De Cemento en Reajuste de Mezclas Para f´c = 240 Kg/cm² .. 87

Tabla 44: Cantidad De Cemento en Reajuste de Mezclas Para f´c = 280 Kg/cm² .. 87

Tabla 45: Cartilla De Diseño de Canto Rodado Triturado para f´c = 210 Kg/cm² 89

Tabla 46: Cartilla De Diseño de Canto Rodado Triturado para f´c = 240 Kg/cm² 89

Tabla 47: Cartilla De Diseño de Canto Rodado Triturado para f´c = 280 Kg/cm² 90

Tabla 48: Cartilla De Diseño de Lutita para f´c = 210 Kg/cm² 92

Tabla 49: Cartilla De Diseño de Lutita para f´c = 240 Kg/cm² 92

Tabla 50: Cartilla De Diseño de Lutita para f´c = 280 Kg/cm² 93

Tabla 51: Cartilla De Diseño de Caliza para f´c = 210 Kg/cm² 95

Tabla 52: Cartilla De Diseño de Caliza para f´c = 240 Kg/cm² 95

Tabla 53: Cartilla De Diseño de Caliza para f´c = 280 Kg/cm² 96

Tabla 54: Resistencia A La Compresión Del Reajuste De Diseño Para Canto Rodado Triturado f´c = 210 kg/cm²..... 98

Tabla 55: Resistencia A La Compresión Del Reajuste De Diseño Para Canto Rodado Triturado f´c = 240 Kg/cm² 98

Tabla 56: Resistencia A La Compresión Del Reajuste De Diseño Para Canto Rodado Triturado f´c = 280 Kg/cm² 100

Tabla 57: Resistencia A La Compresión Del Reajuste De Diseño Para Lutita f´c = 210 kg/cm² 101

Tabla 58: Resistencia A La Compresión Del Reajuste De Diseño Para Lutita f´c = 240 Kg/cm² 102

Tabla 59: Resistencia A La Compresión Del Reajuste De Diseño Para Lutita f´c = 280 Kg/cm² 103

Tabla 60: Resistencia A La Compresión Del Reajuste De Diseño Para Caliza f´c = 210 kg/cm² 104

Tabla 61: Resistencia A La Compresión Del Reajuste De Diseño Para Caliza f´c = 240 Kg/cm² 105

Tabla 62: Resistencia A La Compresión Del Reajuste De Diseño Para Caliza f´c = 280 Kg/cm² 106

Tabla 63: Comparación De Dosificación De Materiales Entre El Diseño Patrón Y El Reajuste Para f´c = 210 Kg/cm² 107

Tabla 64: Comparación De Dosificación De Materiales Entre El Diseño Patrón Y El Reajuste Para F´C = 240 Kg/cm² 107

Tabla 65: Comparación De Dosificación De Materiales Entre El Diseño Patrón Y El Reajuste Para f´c = 280 Kg/cm² 108

Tabla 66: Comparación De Costos Por Cada Agregado Para f´c = 210 Kg/cm 112

Tabla 67: Comparación De Costos Por Cada Agregado Para f´c = 240 Kg/cm 112

Tabla 68: Comparación De Costos Por Cada Agregado Para f´c = 280 Kg/cm 112

RESUMEN

El presente trabajo de titulación se desarrolló en la planta hormigonera “ODCON S.A.”, donde el objetivo principal es reducir los costos de producción mediante la optimización del uso de cemento para hormigones estándar con diferentes tipos de agregados, partiendo desde un diseño patrón obtenido a través de la metodología A.C.I., teniendo como resultado resistencias que sobrepasan a las requeridas por el diseño pudiendo haber un mejor uso de los recursos.

Se busca optimizar las relaciones agua/cemento en función de los materiales utilizados y las resistencias obtenidas a los 28 días con un mismo diseño (diseño patrón), la cual fue proporcionada por la hormigonera “ODCON S.A”, para así poder hacer un reajuste de la mezcla para cada agregado propuesto.

Este proyecto busca ser un modelo que sirva para obtener un beneficio económico variando los materiales utilizados y las resistencias que se desean alcanzar.

PALABRAS CLAVES: DISEÑO – AGREGADOS – HORMIGÓN - CEMENTO HIDRÁULICO - RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

ABSTRACT

The present titration work was developed in the concrete mixer plant "ODCON SA", where the main objective is to reduce production costs by optimizing the use of cement for standard concretes with different types of aggregates, starting from a standard design obtained through of the ACI methodology, resulting in resistances that surpass those required by the design and there may be a better use of resources.

The aim is to optimize the water / cement ratios based on the materials used and the resistances obtained after 28 days with the same design (standard design), which was provided by the concrete mixer "ODCON SA", in order to make a readjustment of the the mix for each proposed aggregate.

This project seeks to be a model that serves to obtain an economic benefit by varying the materials used and the resistances to be achieved.

KEYWORDS: DESIGN – CONCRETE – AGGREGATES - HYDRAULIC CEMENT - COMPRESSION RESISTANCE.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 Introducción

Uno de los principales materiales con mayor uso en cualquier obra de ingeniería civil sin importar la magnitud de esta, habiendo un sin número de posibilidades técnicas y de diseño para su construcción, es el hormigón o llamado también concreto.

El hormigón se compone generalmente de la mezcla uniforme entre agregados pétreos gruesos y finos, cemento hidráulico y agua, y si lo requiere dependiendo de las necesidades que requiera a las condiciones expuestas, se pueden incluir aditivos a la mezcla para mejorar o agregar nuevas propiedades antes o después de su fraguado y posterior endurecimiento.

El cemento sirve como aglomerante que está conformado principalmente por caliza, arcilla y otros compuestos que junto al agua forma una pasta de alta plasticidad seguido de un proceso de fraguado y endurecimiento, el cemento tipo HE es un cemento de alta resistencia inicial, siendo muy eficaz su uso para la construcción de losas de pavimento, parqueaderos de zona residencial, comercial e industrial, estabilización y compactación de suelos y por supuesto obras civiles en general.

El agregado pétreo abarca aproximadamente un 60 al 80% del volumen del hormigón una vez endurecido, entonces es de gran importancia la procedencia y composición del mismo ya que este aportara y ayudara a obtener un mayor desempeño y resistencia al hormigón.

Teniendo lo anterior en cuenta, el principal protagonista del tema de estudio son los agregados pétreos gruesos ya que, implementando diferentes tipos de agregados

obtenidos de varias canteras ubicadas en sitios aledaños, se desea obtener una optimización de los recursos.

Arrancando de un diseño patrón establecido para tres distintas resistencias, respetando la dosificación de cemento tipo HE se procederá a rediseñar para cada tipo de agregado y así optimizar la demanda de cemento para poder reducir costos unitarios del material premezclado.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General.

Optimizar el diseño y producción para la fabricación de hormigón hidráulico analizando las propiedades de los agregados propuestos para una mejor optimización en el consumo de cemento y producción en planta de los diseños planteados, variando solamente los agregados gruesos en cada mezcla respetando su tamaño nominal, manteniendo la relación agua/cemento, cantidad de agua en la mezcla y la procedencia del agregado fino, conservando así la resistencia establecidas en el diseño (diseño patrón).

1.2.2 Objetivos Específicos.

- Determinar las características físico – mecánicas de los diferentes tipos de agregados gruesos propuestos mediante ensayos de laboratorio.
- Elaborar el re-diseño de hormigón para cada tipo de agregado en base al diseño patrón.
- Optimizar el uso de cemento para los diseños de los agregados propuestos para las distintas resistencias establecidas por el diseño patrón.
- Analizar el comportamiento de la resistencia a compresión del hormigón con los diferentes tipos de agregados.
- Optimizar rendimiento y costos de producción en la elaboración del hormigón.

1.3 Ubicación del Proyecto

Ilustración 1: Ubicación de Planta Hormigonera ODCON S.A.
Fuente: Google Maps (2019)

En el cantón Duran km 6 ½ vía Duran - Boliche, se localiza la planta hormigonera ODCON S.A., sitio donde se realizará el estudio y elaboración del tema planteado, ya que se busca en esta planta la reducción de costos directos en la elaboración de hormigón hidráulico y se planteó en conjunto con la gerencia general de dicha compañía el uso de diferentes agregados gruesos de canteras aledañas para ver la variación de costos directos y seleccionar el más idóneo para implementarse en futuras producciones.

1.4 Planteamiento del problema

Teniendo un diseño patrón para dichas resistencia f´c = 210, 240 y 280 kg/cm², (diseño con piedra basáltica – Cantera Santa Rosa), respetando la misma demanda de cemento tipo HE, agregado fino (arena de rio) y agua, se quiere implementar el uso de diferentes tipos de agregados gruesos respetando su tamaño nominal (19mm.).

Obteniendo el agregado de diferentes fuentes de extracción como; calizas (Canteras Huayco), lutitas (Cantera Cerro Grande) y canto rodado (Rio Chimbo), donde dependiendo de los resultados de resistencias de diseño alcanzadas a los 28 días se propondrá un rediseño variando la relación a/c para cada tipo de agregado y así alcanzar optimizar la demanda de cemento para reducir los costos unitarios del hormigón premezclado.

1.5 Delimitación del tema

El siguiente trabajo de titulación propuesto está limitado a obtener un rediseño óptimo para cada tipo de agregado obtenido de las diferentes canteras enunciadas, para que a su vez se pueda mejorar la dosificación del cemento empleado en la mezcla y así poder alcanzar las resistencias establecidas en el diseño patrón, mostrando una relación entre la resistencia a la compresión y el contenido de cemento que demandaría cada tipo de agregado para cada diseño establecido.

Esperando obtener como resultado una reducción en los costos de producción del hormigón y sea un poco más rentable, ya que influye directamente en el presupuesto final de cualquier obra civil, aumentando el crecimiento y desarrollo en el campo de la construcción del país.

1.6 Justificación del tema

La optimización de recursos, en este caso el porcentaje de uso de cemento en las mezclas de hormigón hidráulico es de gran importancia al momento de analizar el rendimiento con los diferentes tipos de agregados, para reducir su costo unitario y así disminuir el monto de inversión en los proyectos de construcción civil.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

Para el diseño de la mezcla de hormigón se procede a la selección de materiales tales como el cemento, agregados finos y gruesos, agua, aire atrapado naturalmente y aditivos si así lo dispone para optimizar su calidad y trabajabilidad. y la evaluación de estos materiales mediante ensayos, para determinar las cantidades para producir un hormigón económico que cumpla las especificaciones técnicas basadas en la norma y poder alcanzar las propiedades físicas y mecánicas tales como resistencia, módulo de elasticidad, etc.; establecidas en el diseño.

Actualmente se implementan diversas metodologías de diseño, las cuales permiten conocer las proporciones de los distintos materiales con los que se debe elaborar.

Características de la materia prima del hormigón hidráulico convencional

2.1.1 Cemento.

El cemento en términos generales es un material conglomerante que tiene la capacidad de dar adhesión y cohesión a dos o más elementos.

En el campo de la construcción e ingeniería se usan los cementos hidráulicos nombrado así porque desarrolla sus propiedades de fraguado y endurecido al entrar en contacto con el agua formando una pasta uniforme dando la capacidad de unir los agregados gruesos y finos formando así un elemento sólido y resistente como es el hormigón u otra clase de material como son los morteros, bloques, rocas artificiales, etc.

Está formado principalmente de caliza y arcilla (cal y sílice) debidamente trituradas, mezcladas y dosificadas combinados con materiales férricos (óxido de hierro y magnesio), y representa del 7 al 15% del volumen total de hormigón.

2.1.1.1 Clasificación del Cemento.

En el mercado existen varios tipos de cemento que se producen para usos específicos, Según la norma **ASTM C-150** existe 5 clases de Cemento Portland los cuales se describen a continuación:

Tipo I - Uso general (GU): Cemento es de uso general, utilizado en la construcción donde no son requeridas propiedades especiales en el hormigón.

TIPO II- Resistencia Moderada a los Sulfatos y Bajo Calor de Hidratación (MS): se utiliza cuando se desea evitar los ataques moderados a los sulfatos y el desprendimiento de calor es menor, se lo utiliza en estructuras de gran volumen de hormigón como presas y muros de contención.

TIPO III- Alta resistencia Inicial (HE): es empleado cuando se requiere resistencias altas a los pocos días del endurecimiento, utilizado en estructuras prefabricadas o estructuras que deben ponerse en uso inmediatamente.

Tipo IV- Bajo calor de hidratación (LH): Usado donde las altas temperaturas provocadas por el endurecimiento del hormigón puedan causar fisuras que pongan en riesgo la estructura, limitando el calor y manteniendo una baja temperatura de hidratación.

Tipo V- Alta resistencia a los sulfatos (HS): exclusivo para estructuras que estén en presencia de ataques a sulfatos, como por ejemplo en contacto con aguas subterráneas.

El cemento utilizado en la planta hormigonera ODCON S.A. es el tipo HE.

2.1.2 El Agua.

El agua debe realizar dos funciones primordiales en la elaboración del hormigón, para su mezclado dándole fluidez a la mezcla y su curado respectivo, esta aproximadamente conforma el 15% del volumen total de la mezcla.

Este elemento es de gran importancia ya que es la que le da al cemento las propiedades aglutinantes y trabajabilidad al hormigón, su dosificación debe ser controlada ya que de esta depende la resistencia que puede alcanzar el hormigón una vez endurecido con cierta cantidad de cemento ya establecida en el diseño y la permeabilidad al evaporarse el agua que queda atrapada en su interior dejando espacios llenos de aire y como resultado un hormigón poroso.

Se recomienda usar agua potable o agua natural realizando sus estudios químicos respectivos para que esta se encuentre libre de sabor, olores fuertes ni impurezas disueltas tales como grasas, materia vegetal, azucares, cloruro de sodio, etc., manteniendo un pH mínimo de 5 ya que esto puede alterar el proceso hidratación, tiempo de fraguado y posterior endurecimiento reduciendo su resistencia final.

El agua por lo general se usa la relación del 60% de la cantidad total de cemento, ya que un porcentaje sirve para la hidratación del cemento y absorción de los agregados, a su vez puede aumentar la capacidad del hormigón a segregarse causando que el hormigón sea poroso y poco denso.

2.1.3 Los Agregados.

En general se define como agregados a los materiales granulares que pueden ser pétreos o naturales y artificiales que con un material conglomerante como la pasta cementicia formar el hormigón, estos conforman del 60 al 80% de la masa de hormigón por tanto es de suma importancia su calidad no solamente desde el punto de vista económico sino también su resistencia, trabajabilidad, durabilidad y finalmente el comportamiento del hormigón endurecido.

La función principal es dar al hormigón un esqueleto estructural rígido, como relleno económico de la mezcla para disminuir el contenido de cemento, reducir cambios

volumétricos y aportar con una mezcla de partículas que resista los esfuerzos a la que será sometido.

Su procedencia puede ser de origen natural encontrándose en los lechos de los ríos, depósitos aluviales o trituración de materiales rocosos provenientes de canteras o artificiales obtenidos a través de un proceso industrial los cuales se usan con un propósito en específico como lo puede ser la elaboración de un hormigón liviano o la reutilización de un hormigón reciclado provenientes de una demolición.

Están compuestos por una parte fina como la arena cuyo diámetro esta entre 74µ (tamiz N° 200) y 5mm (tamiz n°4), y una parte gruesa como la grava o piedra triturada cuyo diámetro es superior a los 5mm, los materiales los cuales el diámetro es menor a 74µ son generalmente limos o arcillas.

Su calidad depende de la procedencia, granulometría, densidad, forma, ya que según la norma **ASTM C-33** estos deben cumplir ciertas especificaciones para darle su debido uso óptimo las cuales son durabilidad, dureza, resistencia, ser libres de productos químicos, partículas de arcilla u otro material fino los cuales son perjudiciales ya que alteran ciertos procesos como la hidratación del cemento, adherencia con la pasta de cemento y el tiempo de fraguado que comprometen la calidad del hormigón.

2.1.4 El Aire.

El aire atrapado dentro de la mezcla influye en la calidad del hormigón sea este introducido intencionalmente para mejorar o cambiarle sus propiedades o aquel aire que queda atrapado en el proceso de dosificación y mezcla del hormigón, en la cual la cantidad y formas de las burbujas de aire es variable en porcentaje, a mayor cantidad de burbujas dentro de la mezcla se obtiene una disminución considerable de

la resistencia para lo cual es necesario una buena compactación para extraer todo el aire atrapado como sea posible.

A medida que aumenta la temperatura del hormigón durante el proceso de fraguado el contenido de aire disminuye, esta cantidad varía dependiendo del estado de la mezcladora, relación agua/cemento, cantidad, calidad y durabilidad del hormigón.

Durante la colocación del hormigón un buen vibrado produce un asentamiento de las partículas y una reducción de aire indeseable en la mezcla, este vibrado no deberá ser por un periodo mayor a los 15 segundos ya que puede provocar la segregación de los agregados y exudación del agua a la superficie, sin embargo, también puede perder un porcentaje de aire incluido intencionalmente.

2.1.5 Los Aditivos.

los aditivos son materiales que incorporan o mejoran ciertas propiedades del hormigón fresco o endurecido, utilizados en pequeñas porciones siendo estos incluidos antes, durante o después del mezclado dependiendo de las condiciones a las que va a estar expuestas el hormigón y necesidades que requiera el diseño o el constructor, siendo hoy en día parte fundamental en la fabricación del hormigón.

Las principales Funciones de los aditivos son:

- Aumentar la trabajabilidad y manejo del hormigón fresco.
- Incrementar la resistencia.
- Reduce el calor de hidratación
- Reducir costos de producción.
- Favorece las propiedades y características del hormigón endurecido.
- Reducir la permeabilidad
- Cambiar tiempos de fraguado

En la siguiente tabla se muestra la clasificación de los aditivos de acuerdo a la función principal que cumple en el hormigón según la norma ASTM C-494.

Tabla 1: Clasificación De Los Aditivos

DESIGNACÓN	TIPO DE ADITIVO	CARACTERISTICA
Tipo A	Reductores de agua	Disminuyen contenido de agua al menos un 5%
Tipo B	Retardadores de fraguado	Retarda tiempo de fraguado
Tipo C	Acelerantes de resistencia	Desarrollan resistencia prematura y aceleran tiempo de fraguado
Tipo D	Reductores de agua y retardantes	Disminuyen contenido de agua y alargan el tiempo de fraguado
Tipo E	Reductores de agua y acelerantes	Disminuyen contenido de agua y tiempo de fraguado
Tipo F	Reductores de alto rango	Disminuyen contenido de agua al menos un 12%
Tipo G	Reductores de alto rango y retardantes	Disminuyen contenido de agua al menos un 12% y alargan el tiempo de fraguado

Fuente: ASTM C 494 (2001)
Elaboración: López Carlos - Morán Mario

2.2 Propiedades de los Materiales

2.2.1 Propiedades del Cemento Portland.

2.2.1.1 Hidratación y Calor de Hidratación.

El cemento al estar en presencia del agua, sucede una reacción química donde el cemento desarrolla propiedades aglutinantes, los compuestos del cemento se hidratan donde se genera la pasta formando una masa y posterior endurecido dando paso a propiedades mecánicas útiles en estructuras.

Al entrar en contacto el cemento y el agua estos generan un calor de hidratación durante todo el proceso de fraguado y endurecido, tomando esto un valor importante en obras de gran masa, debido a que si no se disipa ese calor inmediatamente puede ocurrir una elevación de la temperatura del concreto lo cual evaporara toda el agua

existente en la masa provocando contracciones, cambios de volúmenes significativos y agrietamientos que pongan en peligro en la estructura.

Las capas delgadas disipan ese calor trasmitiendo ese calor al ambiente, haciéndose más difícil a lo que la capa vaya aumentando su grueso. A continuación, se muestra el calor generado de los diferentes tipos de cemento durante sus primeros 7 días.

Tabla 2: Calor generado aproximado en los primeros 7 días

Tipo De Cemento	Características	% Calor Generado
I	Uso general (GU)	100
II	Resistencia Moderada a los Sulfatos	80 – 85
III	Alta resistencia Inicial	150
IV	Bajo calor de hidratación	40 – 60
V	Alta resistencia a los sulfatos	60 – 75

Fuente: ASTM C 186 (2002)
Elaboración: López Carlos - Morán Mario

2.2.1.2 Peso Específico.

También llamado densidad es la relación entre la masa de una cantidad dada y un volumen absoluto que ocupa esa masa, este valor en el cemento portland normal varía entre 3,10 y 3,15 gr/cm³. Este valor no indica la calidad del cemento sino principalmente para el diseño de mezclas. El ensayo para determinar este parámetro se utiliza la norma ASTM C-188 donde se utiliza el frasco Le Chatelier.

2.2.1.3 Finura.

Esta propiedad es una de las más importantes ya que la resistencia y velocidad de hidratación del grano de cemento dependerá de la finura de los granos obtenida en la

etapa de molienda del Clinker con el yeso, ya que esto representa el área superficial susceptible a la hidratación del grano de cemento.

A mayor finura de los granos de cemento aumentará su costo, además de que se hidratará más rápido al contacto con la atmosfera generando un mayor calor de hidratación provocando retracción dando como resultado hormigón con mayor número de grietas.

Este parámetro se expresa como el área superficial de las partículas contenidas en un gramo de material medido en cm^2/gr, para determinarlo se utiliza la norma ASTM C-204 donde se puede utilizar el Aparato de Blaine oscilando el valor entre 3400 y 4800 cm^2/gr.

2.2.1.4 Consistencia.

Esta depende de la cantidad de agua que se le agregue al cemento, ya que va de la mano con la fluidez que puede alcanzar al mezclarse, esto quiere decir que con una determinada cantidad de agua alcanzara una fluidez que es considerada como consistencia normal

Este no es un parámetro directo que indique la calidad del cemento ya que las normas no dan un valor mínimo ni máximo, por lo que es un parámetro complementario que influyen directamente a la calidad del cemento.

En la pasta de cemento se mide la consistencia mediante el Aparato de Vicat cuyo procedimiento esta detallado en la norma ASTM C-187, donde la consistencia se considera normal si a los 30 segundos la aguja del aparato penetra los 10mm ±1mm.

El contenido de agua normal en la pasta de cemento representa del 23 al 33% del peso del cemento seco.

2.2.1.5 Tiempo de Fraguado.

Se denomina al tiempo el cual la pasta de cemento pasa de un estado fluido a un estado rígido, este lapso de tiempo indica si la pasta está sufriendo o no reacciones de hidratación normales, las cuales son medidas en dos etapas que son fraguado inicial y fraguado final.

Donde el fraguado inicial esta medido desde el amasado y la pérdida parcial de plasticidad de la pasta en la cual el cemento esta hidratado parcialmente, y el fraguado final donde el cemento pierde la capacidad de ser deformado ante cargas pequeñas con el cemento hidratado un poco más. Y es a partir de este momento donde empieza el proceso de endurecimiento el cual se considera indefinido, aunque para construcción se estima 28 días.

Acompañado del fraguado, va el aumento de temperatura comenzando con un cambio rápido y finalizando con el máximo valor.

El ensayo para verificar el tiempo de fraguado se utiliza el Aparato de Vicat normado bajo la ASTM C-191, cuando la aguja del aparato ha penetrado 25mm en una pasta de consistencia normal se considera que el fraguado inicial ha pasado, que se estima que debe presentarse entre los 45 y 60 minutos, cuando la aguja apenas deja una huella en la superficie de la pasta sin que haya penetración ha presentado el fraguado final el cual se estima llega en un lapso de 10 horas aproximadamente.

El tiempo de fraguado inicial es el mismo para todos los tipos de cemento descritos en la norma ASTM C-150.

2.2.1.6 Estabilidad de Volumen o Sanidad.

Es la propiedad que tiene la pasta de cemento una vez endurecida manteniendo su volumen después del fraguado sin sufrir contracciones o aumento de volumen que

provoquen esfuerzos de tracción perjudiciales a la masa del hormigón endurecida presentándose como ligeros descascaramientos.

Durante el cambio de temperatura ocurrido durante el tiempo de fraguado se originan contracciones que representan el 0,015% del volumen de la pasta presentándose a los 2 o 3 meses con un eventual agrietamiento, debido a esto se necesita conocer la variación de volumen de forma rápida, uno de los método más usados es el del autoclave descrita en la norma ASTM C-151 que consiste en medir el cambio de longitud en barras hechas de pasta de cemento de sección cuadrada, sometiéndolas a un proceso acelerado de hidratación a una presión de 295 psi durante 3 horas a 216°C, donde la expansión máxima del espécimen no debe superar 0,80%.

2.2.1.7 Resistencia.

Esta es de las propiedades más importantes del cemento endurecido, se mide la resistencia de la pasta de cemento por medio de la elaboración de morteros en condiciones controladas y materiales específicos, haciendo pruebas de compresión, tensión y flexión, siendo la primera la más importante ya que las demás tiene un valor demasiado pequeño con respecto a la compresión.

En la norma ASTM C-109 detalla para determinar la resistencia a la compresión de morteros hidráulicos donde se realiza la prueba a pequeños cubos debidamente curados que contienen arena normalizada, esta resistencia no puede ser usada para estimar la resistencia del hormigón, ya que están involucrados muchos otros factores en su elaboración.

La resistencia a la tensión se realiza según la norma AASHTO T-132 donde se elaboran pequeñas briquetas de mortero moldeadas y curadas durante 24 horas, aplicando tensión directa en sus extremos.

La resistencia a flexión se realiza según lo detallado en la norma ASTM C-348, sobre una viga prismática de sección cuadrada, estas son curadas hasta el momento de la prueba, luego colocados sobre apoyos y aplicando carga en el punto medio de la longitud de la viga.

2.2.2 Propiedades de los Agregados.

2.2.2.1 Granulometría.

La granulometría se refiere a la distribución del tamaño de sus partículas, esto se establece haciendo pasar una muestra de agregados por un conjunto de tamices ordenados de mayor a menor abertura estandarizados bajo la norma ASTM C-136, en este análisis se describe mediante el porcentaje acumulado o retenido de agregados que pasan por la abertura de un tamiz en específico, las curvas granulométricas se utilizan para mayor interpretación ya que estas permiten visualizar la distribución de los tamaños de una masa de agregados y así poder determinar si cumple o no con las especificaciones designadas.

También se pueden analizar factores que se derivan de este análisis granulométrico que definen el tamaño máximo de las partículas en la mezcla.

2.2.2.2 Módulo de Finura.

este parámetro se utiliza para definir qué tan fino o grueso es el agregado y para estimar la cantidad de agregado finos y gruesos tendrá la mezcla, según la norma ASTM C-125 se obtiene de la suma de porcentajes retenidos acumulados que pasan por medio de una serie de tamices específicos y divido la suma para 100.

Un módulo de finura apropiado para la producción de hormigón se considera entre 2,3 y 3,1, a mayor valor más grueso tendrá el agregado.

2.2.2.3 Tamaño Máximo.

Tamaño de la menor abertura del tamiz por el cual puede pasar el 100% de la muestra o el tamaño de las partículas más grandes que hay en la muestra de agregados.

2.2.2.4 Tamaño Máximo Nominal.

Es el tamiz donde retiene en promedio las partículas más grandes agregado y no sobrepasa más 10%.

2.2.2.5 Textura y Forma Superficial de los Agregados.

La textura del agregado influye en la adherencia con la pasta de cemento, esta trabazón se ve debilitada cuando la textura es lisa y redondeada, factor que se debe considerar en la elección de los agregados ya que influirá en la resistencia a flexión del elemento y que se requiera una alta resistencia a la compresión

La forma es una propiedad fisca, donde las piedras naturales pasan por un proceso de trituración cuyas formas varían entre cubicas, alargadas y aplanadas, en cambio los agregados provenientes de los ríos son redondeados y con una superficie lisa y al colocarse horizontalmente en la masa del concreto impiden que el agua se evapore en el proceso de fraguado, lo que provoca que se creen depósitos de aires disminuyendo así la resistencia del hormigón.

Se debe de tener en cuenta una buena gradación de los elementos para evitar que el coste del hormigón se incremente ya que al ser demasiado rugoso el agregado necesitara más pasta de cemento para darle una mayor trabajabilidad.

2.2.2.6 Densidad.

se define como la relación que existe entre el peso y el volumen de masa específicamente del agregado, este factor es importante ya que determina la cantidad necesaria que se requiere en un m^3 de hormigón.

2.2.2.7 Porosidad.

la porosidad afecta perjudicialmente a la mezcla de hormigón ya que una partícula porosa es menos dura que una partícula compacta y esto incide en la adherencia, durabilidad y resistencias requeridas en el diseño, así como un mayor desgaste.

2.2.2.8 Absorción y Humedad.

los agregados aparte de su humedad natural tienen cierto grado de absorción y esto se relaciona con la porosidad de la partícula y que tan permeable sea, según la norma ASTM C-128 este parámetro se consigue sumergiendo la muestra en un periodo de 24 horas consiguiendo que se sature totalmente, se pesa y se seca de inmediato en el horno y la diferencia de los pesos vendría hacer el porcentaje de absorción del agregado.

2.2.2.9 Resistencia al Desgaste.

este es un parámetro que da a conocer la dureza del agregado, depende únicamente del origen de la roca, este factor es de mucha importancia ya que cuando son utilizados en pisos y pavimentos es necesario que los agregados sean duros y resistentes al choque continuo entre ellos.

2.2.2.10 Resistencia a la Compresión.

la resistencia del agregado normalmente es mayor a la pasta de cemento una vez endurecida y es de suma importancia que los granos tengan una estructura adecuada ya que la falla de este debió ser inducida a una mala explotación o trituración, cuando

se presenten dudas acerca de la resistencia es necesario ensayarlas y así observar el comportamiento de los mismos.

2.2.3 Propiedades del Hormigón.

Después analizados los distintos elementos que contiene el hormigón por separado, se procede a estudiar las distintas propiedades físico mecánicas que tiene la mezcla en su estado fresco, tiempo de fraguado y endurecido.

2.2.3.1 Propiedades Físicas del Hormigón.

2.2.3.1.1 Trabajabilidad.

es el grado de manejabilidad que posee el hormigón el cual puede dificultar o facilitar el proceso de mezclado, traslado y colocación en obra.

Se debe de tener en cuenta muchos factores al momento de darle la trabajabilidad deseada al hormigón ya que hay que darle la facilidad de fluir a través de los moldes y acero de refuerzo al momento de su colocación, que no se pierda la cohesión entre la pasta de cemento y los agregados, darle la cantidad de agua suficiente para que la mezcla sea homogénea, que no pierda la plasticidad y así sea moldeado a conveniencia y darle facilidad para que el aire atrapado dentro de la mezcla pueda salir a la superficie.

Todo esto se logra a tomar en cuenta el tamaño y forma del agregado, métodos de colocación, tipo de estructura a hormigónar, relación agua cemento establecida en el diseño, tipos de aditivos a emplearse y otros factores externos a causas de la forma del mezclado, transporte y compactación, acabado de la superficie, condiciones climáticas.

2.2.3.1.2 Segregación.

Cuando se produce la separación de los agregados con la pasta de cemento por falta de cohesión en la mezcla perdiendo uniformidad y una correcta distribución de

los materiales, se produce debido a una mala gradación de los agregados, alta diferencia de densidades, un mal mezclado o a un exceso de vibración al momento de su compactación.

Se puede presentar de dos maneras, una de ellas pasa al usar mezclas pobres y demasiado secas en la cual el agregado grueso no tiene una buena adherencia ocasionando su separación o asentamiento en el fondo de la mezcla.

La otra ocurre cuando hay un exceso de agua en la mezcla la cual separa la pasta de cemento con los agregados.

2.2.3.1.3 Exudación.

Sucede cuando una cantidad de agua utilizada para el mezclado tiende a subir a la superficie de la mezcla después de su colocación, se debe a que los elementos solidos no tienen la capacidad de retención del agua al momento de asentarse durante el fraguado, que genera baja adherencia entre sus elementos y conductos capilares con el paso del agua ocasionando resultados graves dando mayor permeabilidad, porosidad, poca resistencia y estructuras poco durables.

Esto se puede evitar o controlar de cierta manera utilizando cemento con mayor grado de finura, disminución de las partículas finas en los agregados, inclusión de puzolana, etc.

2.2.3.1.4 Tiempo de Fraguado.

El hormigón fresco debe mantener su estado plástico por un tiempo determinado para que pueda ser trabajado y consolidado a gusto, luego de esto se deja la mezcla en reposo, donde comienza así el proceso de fraguado y posterior endurecimiento normal. Tomando en cuenta el tiempo de fraguado de pasta de cemento se puede tomar en consideración haciendo una relación ya que este tiempo para el hormigón

puede ser arbitrario debido a muchos otros factores a los que está expuesto y a la mezcla en sí.

2.2.3.1.5 Estabilidad.

El flujo o desplazamiento que se produce en el hormigón sin mediar la aplicación de fuerzas externas. Mediante la exudación y la segregación se puede cuantificar que tan estable es.

2.2.3.1.6 Permeabilidad.

Esto afecta a la durabilidad de la estructura de hormigón debido a una mala compactación, conductos capilares formados en la evaporación del agua en el fraguado provocando pequeños vacíos dentro de la estructura y una pérdida de volumen de la pasta de cemento provocadas por reacciones químicas entre el agua y el cemento.

Esto causa que la estructura sea vulnerable a la humedad y posible saturación provocando que el acero de refuerzo se corroa, cambios volumétricos significativos que produzcan descascaramientos y grietas.

Todos estos problemas se pueden reducir utilizando una buena relación agua cemento optimizando la cantidad de agua en la mezcla, sometiendo al hormigón a un buen proceso de curado y la utilización de aditivos que mejoren esta propiedad.

2.2.3.1.7 Durabilidad.

Esto define que tan resistente en una estructura de hormigón manteniendo sus características y propiedades de diseño durante su vida útil, siendo el hormigón un material muy durable puede llegar deteriorarse por varios factores provocando que falle, se deben de considerar las condiciones a las que estará expuesta y tomar precauciones al momento del diseño.

2.2.3.2 Propiedades Mecánicas del Hormigón.

2.2.3.2.1 Resistencia a la Compresión.

La propiedad mecánica más importante del hormigón se puede decir que es la resistencia a la compresión también llamado f´c, ya que en base a esta se diseñan las estructuras y se puede llevar un control de calidad del hormigón ya que teniéndola como criterio las demás propiedades mecánicas están expresadas en términos de porcentajes de la resistencia a la compresión.

Se mide por medio del ensayo estandarizado por la norma ASTM C-39 en probetas elaboradas de hormigón 150 mm de diámetro y 300 mm de altura con diferentes días de curado (3, 7, 14, y 28 días) sometiéndolo a una carga axial hasta que falle y obtener la resistencia alcanzado por la probeta. Para un hormigón común los valores están en rangos de 140 y 420 kg/cm² según sea el diseño a los 28 días.

2.2.3.2.2 Resistencia a la Tensión.

La resistencia a la tensión del hormigón o fct dada por su naturaleza es muy baja este factor se tiene en cuenta para el diseño ya que influye en la durabilidad del hormigón haciendo susceptible a la fisuración durante el fraguado y a las variaciones de temperatura debido a las contracciones internas que generan esfuerzos de tracción en la masa de hormigón. debido a que es difícil inducir esfuerzos directos de tensión en las muestras se dificulta la medición de este parámetro con exactitud se utiliza el método de tracción indirecta normado en la ASTM C-496 donde se coloca el espécimen de 150 mm de diámetro y 300 mm de altura horizontalmente a lo largo de unas láminas de apoyo aplicando carga axial, induciendo un esfuerzo de tensión transversal constante sobre el espécimen. Por lo general en este ensayo la resistencia a la tracción da un tercio del f´c.

2.2.3.2.3 Resistencia a la Flexión.

La resistencia a la flexión también llamado módulo de rotura denominado fr, esta prueba de resistencia a la flexión es de gran importancia en el diseño y la construcción de losas de pavimentos, el uso de agregados rugosos y angulares en la mezcla puede ayudar a incrementar esta propiedad.

La resistencia a flexión se evalúa por medio del ensayo estandarizado bajo la norma ASTM C-78 donde se realizan especímenes de hormigón de sección cuadrada de 150mm y longitud de 500mm colocados sobre apoyos dejando una distancia aproximada de 25mm sobre el borde del espécimen, aplicando una carga en dos puntos separados unos 150mm de cada apoyo, teniendo en cuenta sobre que parte de la longitud de la viga ha fallado se calcula el módulo de rotura que este puede estar entre el 10 y 20% del f´c.

2.2.3.2.4 Módulo de Elasticidad.

El módulo de elasticidad o módulo de Young está definido como la relación de la fatiga unitaria y la deformación unitaria causados por esfuerzos de compresión y tensión que está por debajo del límite de elasticidad del material. este factor influye en el comportamiento de las estructuras de hormigón armado y en el diseño ya que permite estimar que tanto se deformara la estructura si estas tienen una altura considerable

Las propiedades del agregado grueso tienen el principal efecto sobre este factor el uso de agregados con un mayor tamaño o con mayor rigidez aumentan el módulo de elasticidad del hormigón, pero pueden debilitar la resistencia a la compresión final debido que al momento del fraguado inducen esfuerzos de tracción mayores en la masa bajando su durabilidad.

2.2.3.2.5 Módulo de Poisson.

El módulo de Poisson se define como la relación de la deformación transversal entre deformación axial correspondiente resultante de la tensión axial distribuida de manera uniforme por debajo del límite proporcional del material. Este factor varía dependiendo de la relación agua-cemento a/c ya que tiende a disminuir cuando esta relación aumenta.

2.3 Diseño de Mezclas

La finalidad del diseño es en buscar la dosificación más eficiente y económica de los materiales que estén a disposición que cumpla los requisitos y normas establecidas. Deben de tomarse en cuenta el tipo de elemento para la que es diseñado el hormigón para darle así la trabajabilidad necesaria a momento de su colocación y la resistencia requerida, las condiciones a las que estará expuesta para proporcionar un hormigón durable y considerar mejorar alguna propiedad del hormigón con la adición de aditivos según lo requiera, escogiendo la metodología de diseño más óptima para calcular la dosificación de la mezcla y así dar un hormigón más rentable y económico al mercado.

2.4 Plantas de Hormigón

Es el sitio en el cual se realiza el proceso de elaboración o producción del hormigón, permitiendo que la dosificación de la mezcla sea de una manera exacta para asi poder garantizar las especificaciones del diseño deseado obteniendo como resultado un hormigón de calidad. Los distintos tipos de agregados deben estar separados en compartimientos para evitar que se mezclen y poder ser descargados de forma independiente midiendo frecuentemente la humedad de los agregados para poder modificar las mezcla, así mismo el cemento debe estar almacenado en un silo

especial para los diferentes tipos de cementos que utilicen, el agua y los aditivos deben estar en recipientes adecuados para evitar cualquier contaminación.

Estas pueden ser de dos tipos dosificadoras donde el mezclado se lo realiza en el camión o mixer y mezcladoras total o parcial como su nombre lo dice el mezclado es realizado en su totalidad en planta o un mezclado parcial y terminado en camión.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

Metodología de Investigación a Utilizar

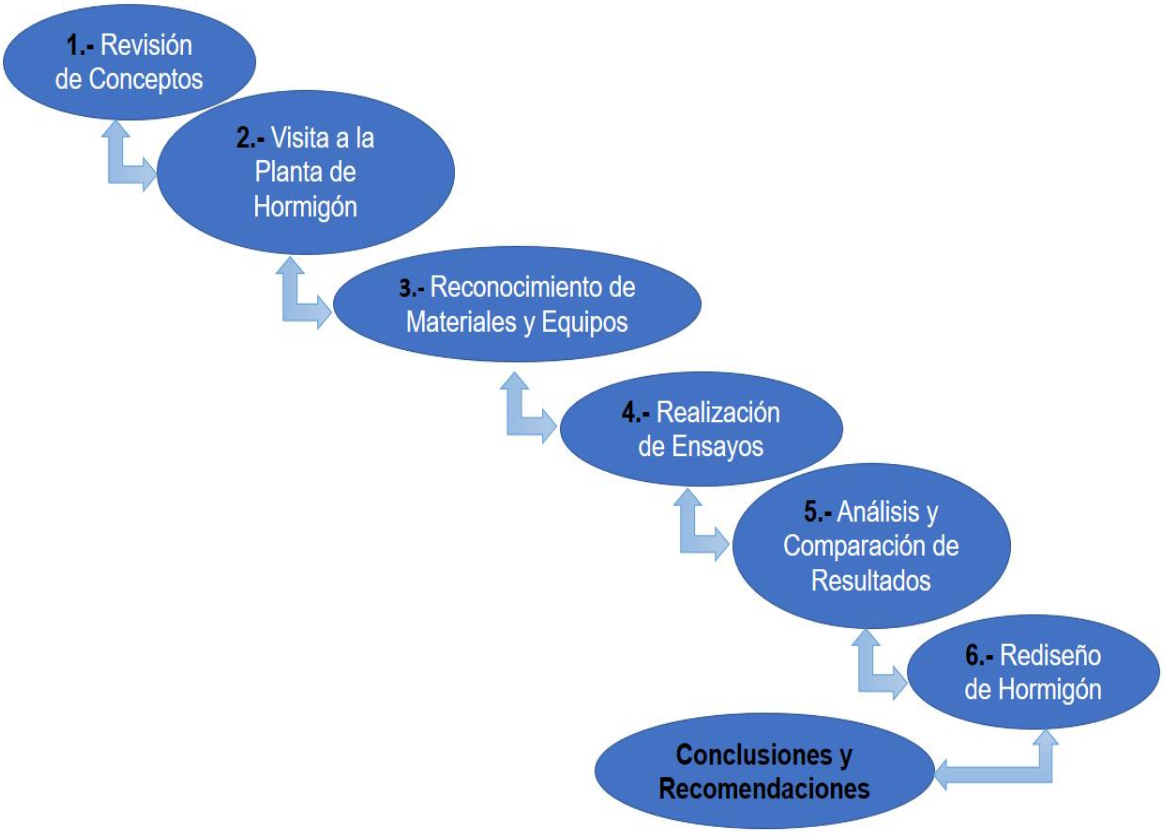


Ilustración 2: Proceso de Investigación a seguir
Elaboración: López Carlos - Morán Mario

3.1.1 Revisión de Conceptos.

Con el fin de realizar esta investigación se ha recopilado diversa información con el propósito de conocer todo lo referido a la elaboración del diseño del hormigón y su posterior producción en la planta dosificadora, así mismo las debidas normas a seguir en todo este proceso para poder alcanzar los resultados deseados y resistencias establecidas.

Para este trabajo se empleará una variedad de información, materiales y herramientas proporcionadas por los técnicos de la planta y la ayuda de manuales,

libros, apuntes y todo lo relacionado al tema que pueda aportar una ayuda, con el único fin de desarrollar la investigación.

3.1.2 Visita a la Planta de Hormigón.

Nuestro siguiente paso a seguir es la visita a la planta hormigonera ODCON S.A ubicada en la ciudad de Duran donde se realizará el trabajo de titulación, ahí nos detallaran todo el proceso de elaboración del hormigón en planta dosificadora, selección de los materiales a emplearse basándose en el diseño patrón y su posterior rediseño con las diferentes índoles de agregados propuestos y las resistencias deseadas.

Con el único propósito de estudiar a detalle y ver en campo su elaboración en planta siguiendo todas las normas establecidas por el A.C.I. (American Concrete Institute) y la ASTM (American Society of Testing Materials - Asociación Americana de Ensayo de Materiales).

3.1.3 Reconocimientos de Materiales y Equipos.

En nuestra primera visita a la planta se efectuó el reconocimiento de cada uno de los materiales como son los distintos tipos de agregados, el tipo de cemento a utilizarse y los diferentes aditivos a añadirse en las mezclas.

A su vez el funcionamiento, programación y operación de la planta hormigonera y los distintos implementos que se utilizan como son los silos de almacenamiento, áreas y compartimientos donde se guardan los distintos tipos de agregados los cuales están clasificados según su granulometría, los camiones o mixers y bombas que se utilizan para el transporte y vaciado del hormigón, cada uno de estos se deberá de dar el respectivo mantenimiento periódico para evitar una mala producción.

3.1.3.1 Agregados.

A continuación, se detallará cada uno de los diferentes agregados propuestos, características y procedencias de los mismos.

Tabla 3: Tipos de agregados a utilizarse

AGREGADO	DESIGNACION DEL MATERIAL	TIPO	PROCEDENCIA	UBICACIÓN
AGREGADO GRUESO				
BASALTO	A	ROCA IGNEA	CANTERA SANTA ROSA	DAULE
CALIZA	B	ROCA SEDIMENTARIA	CANTERA CALIZAS HUAYCO	GUAYAQUIL
LUTITA	C	ROCA SEDIMENTARIA	CANTERA CERRO GRANDE	DURAN
CANTO RODADO	D	DEPOSITO ALUVIAL	RIO CHIMBO	MARCELINO MARIDUEÑA
AGREGADO FINO				
ARENA DE RIO		DEPOSITO ALUVIAL	RIO CHIMBO	MARCELINO MARIDUEÑA

Elaboración: López Carlos - Morán Mario

3.1.3.2 Cemento.

El cemento a emplearse es el portland tipo III (HE) de alta resistencia inicial, el cual es almacenado en silos para su posterior mezclado en la planta dosificadora con los diversos agregados finos y gruesos para su respectivo mezclado en el camión o mixer.

La propiedad principal del cemento tipo HE es que obtiene altas resistencias a edades tempranas y como resultado se agilita el trabajo al poder sacar el encofrado mucho más rápido.

Es excelente para la construcción de estructuras donde se requieran mayores resistencias mecánicas a una edad temprana como losas de pavimentos, Estructuras con gran masa como presas de hormigón, edificios con una gran altura, etc.

3.1.3.3 Aditivos.

Los aditivos a utilizarse en las mezclas para diseño de hormigón de f´c 280 kg/cm² tal como está en el diseño patrón que son el Plastiment 200 R que es un plastificante

retardarte y Sikament 115 que es un plastificante reductor de agua ambos fabricados por sika.

La principal función de estos aditivos como indicar su nombre es el reducir el tiempo de fraguado y la cantidad de agua de un 15 a 25 % en la mezcla ayudando a reducir el uso de cemento en la mezcla haciendo un hormigón más económico, dar mayor trabajabilidad al momento de su colocación, facilitando su transporte, manejo y bombeo.

3.1.3.4 Planta De Hormigón.

En la planta ODCON S.A. donde se realiza el desarrollo de la investigación cuentan con una planta dosificadora cuya función es pesar y suministrar los materiales que componen el hormigón de una manera exacta en el camión mixer para su posterior mezclado, transporte y entrega

3.1.4 Realización de Ensayos.

3.1.4.1 Ensayo De Los Agregados.

3.1.4.1.1 Norma ASTM C-33 Especificaciones Granulométricas Para Agregados De Concreto.

Es necesario realizar ensayos previos a los agregados que den a conocer las características y propiedades de estos para así poder hacer un buen diseño del hormigón las cuales están enlistadas en la norma ASTM C 33 los requerimientos granulométricos y de calidad de los agregados finos y gruesos para un hormigón cuya densidad sea normal, en la siguiente tabla se detallan las propiedades y ensayos normalizados de los agregados.

Tabla 4: Propiedades y Ensayos De Los Agregados

NORMA	PROPIEDAD	IMPORTANCIA	CARACTERISTICA
ASTM C 136	GRANULOMETRIA	TRABAJABILIDAD DEL HORMIGON	PORCENTAJES MINIMOS Y MAXIMOS QUE PASA POR LAS DIFERENTES MALLAS ESPECIFICADAS
ASTM C 29	PESO UNITARIO VOLUMETRICO	CALCULO PARA EL DISEÑO DE MUESTRAS Y CLASIFICACION	MASA UNITARIA SUELTA Y COMPACTADA
ASTM C127	GRAVEDAD ESPECIFICA	CALCULO PARA EL DISEÑO DE MUESTRAS Y CLASIFICACION	DENSIDAD DEL AGREGADO
ASTM C128			
ASTM C127	ABSORCION Y HUMEDAD SUPERFICIAL	CONTROL DE LA CALIDAD DEL HORMIGON	APORTE Y ABSORCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS
ASTM C128			
ASTM C 566	HUMEDAD SUPERFICIAL	CONTROL DE LA CALIDAD DEL HORMIGON	APORTE DE AGUA DE LOS AGREGADOS
ASTM C 88	RESISTENCIA DESGRADACION DE SULFATOS	CONTROL DE CAMBIO DE VOLUMEN	CAMBIO VOLUMETRICO
ASTM C 131	RESISTENCIA A LA DEGRADACION	INDICE DE CALIDAD DEL AGREGADO	PORCENTAJE MAXIMO DE PERDIDA DE PESO
ASTM C 227	RESISTENCIA A LA REACTIVIDAD CON EL ALCLIS	CONTROL DE CAMBIO DE VOLUMEN	CAMBIO LONGITUDINAL MAXIMO, CANTIDAD Y COMPONENTES DE SILICE Y ALCALINIDAD

Fuente: ASTM C 33 (2008)
Elaboración: López Carlos - Morán Mario

3.1.4.1.2 Norma ASTM C-136 Granulometría De Los Materiales.

El objetivo es determinar la distribución granulométrica de los agregados por tamizado, a través de una serie de tamices estandarizados tanto para agregados finos y gruesos y poder encontrar el módulo de finura de la arena.

Este método se utiliza para conocer la graduación de los distintos agregados o materiales que se utilizaran como agregados, pudiendo conocer la distribución por tamaño de las partículas que lo conforman para poder cumplir con los requisitos y especificaciones para la producción de mezclas de agregados utilizadas en la realización de bases estabilizadas, hormigón, asfalto entre otras.

Este ensayo no se considera la determinación del material fino que pasa a través del tamiz No.200.

Dependiendo del tamaño de los agregados se clasifica en agregados finos y gruesos, de los cuales para la realización del ensayo de granulometría se deben obtener muestras representativas de acuerdo al tamaño de los mismos.

Si la masa del agregado grueso y fino provienen de una mezcla la cantidad de la muestra es el mismo del utilizado en el agregado grueso dado en la tabla 5.

Para el agregado fino la cantidad de muestra mínima para el ensayo debe ser de unos 300 gr. Después del secado.

Para el agregado grueso la muestra mínima para el ensayo debe de cumplir lo siguiente.

Tabla 5: Muestra Seca Mínima De Agregado Grueso A Ensayar

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL DEL AGREGADO		MASA MINIMA DE LA MUESTRA DE ENSAYO	
		Kg.	Lb.
3/8"	9.5mm.	1	2
1/2"	13mm.	2	4
3/4"	19mm.	5	11
1"	25mm.	10	22
1 1/2"	38mm.	15	33
2"	51mm.	20	44

Fuente: ASTM C 136 (2006)
Elaboración: López Carlos - Morán Mario

Equipo A Utilizar

- Balanza con precisión de 0.1 g
- Tamices estandarizados
- Agitador Mecánico
- Horno temperatura a 110°C ±5°C de un tamaño apropiado
- Bandejas o recipientes

Materiales

- Una Muestra de 5 Kg para el agregado grueso de tamaño máximo nominal de ¾”.
- Una Muestra de 500 gr para la arena de río.

Procedimiento

Se deben meter las muestras en el horno a una temperatura constante de 110°C ±5° para su secado.

Seleccionar los tamices según sea el material que se va a ensayar y la especificación técnica, colocando los tamices de manera que queden desde la parte superior de mayor a menor según su abertura, y colocar un recipiente en la parte inferior para que se deposite el material más fino.

Colocar los tamices en el agitador mecánico.

Encender el equipo durante un periodo de tiempo que pueda garantizar que no más de 1% en masa del material retenido en algún tamiz puede seguir pasando por el respectivo tamiz.

Luego de terminar el proceso de tamizado se procede a pesar el material retenido en cada tamiz y tomar nota los sus respectivos pesos para su posterior calculo.

Según la norma ASTM C-33 los agregados deben cumplir las siguientes especificaciones granulométricas las cuales están enunciadas las tablas 6 y tabla 7.

Tabla 6: Requisitos Granulométricos Para Agregados Finos

TAMIZ		% QUE PASA DE ARENA
3/8"	9,5 mm	100
N° 4	4,75 mm	95 -- 100
N° 8	2,36 mm	80 -- 100
N° 16	1,18 mm	50 -- 85
N° 30	600 µm	25 -- 60
N° 50	300 µm	10 -- 30
N° 100	150 µm	2 -- 10
FONDO		0

Fuente: ASTM C 33 (2008)
Elaboración: López Carlos - Morán Mario

Tabla 7: Requisitos Granulométricos Para Agregados Gruesos

TAMIZ		TAMAÑO MAXIMO NOMINAL DEL AGREGADO			
		2"	1 1/2"	1"	3/4"
		% QUE PASA DEL AGREGADO			
2 1/2"	63 mm	100			
2"	51mm.	95 -- 100	100		
1 1/2"	38mm.	--------	95 -- 100	100	
1"	25mm.	35 -- 70	--------	95 -- 100	100
3/4"	19mm.	--------	35 -- 70	--------	90 -- 100
1/2"	13mm.	10 -- 30	--------	25 -- 60	--------
3/8"	9,5 mm	--------	10 -- 30	--------	20 -- 5
N° 4	4,75 mm	0 -- 5	0 -- 5	0 -- 10	0 -- 10
N° 8	2,36 mm	--------	--------	0 -- 5	0 -- 5

Fuente: ASTM C 33 (2008)
Elaboración: López Carlos - Morán Mario

3.1.4.1.3 Norma ASTM C-29 Determinación De La Masa Unitaria Y Porcentaje De Vacíos.

Es objetivo es determinar el peso unitario de los agregados, en condición compactada o suelta y calcular los vacíos que se formar entre los agregados finos y agregados gruesos o de una mezcla entre ellos, este método sirve para agregados no mayores a 125 mm o 5”.

Este método se utiliza para determinar el peso volumétrico o densidad y porcentaje de vacíos que son necesarios el cálculo de diseño de mezclas de hormigón y su respectiva dosificación.

Equipo a utilizar

- Horno temperatura a 110°C ±5°C de un tamaño apropiado
- Balanza con precisión de 0.1 g
- Varilla de compactación
- Molde cilíndrico de metal cuya capacidad depende del tamaño máximo del agregado.
- Cucharon o pala

Materiales

- La cantidad de muestra debe ser aproximadamente de 125 a 200% con respecto a la cantidad necesaria para llenar el molde.

Procedimiento

Se escoge el procedimiento a seguir sea este por varillado, paladas o sacudidas, esta elección depende si así lo estipula para procedimiento por paladas o del tamaño máximo del agregado para varillado o por sacudidas.

Para agregados con un tamaño máximo de 37.5mm o menos se determina la masa compactada por el procedimiento de varillado y para agregados de mayor tamaño y que no excedan 125mm con el procedimiento de sacudidas.

Procedimiento por varillado: Llenar el molde en 3 capas aproximadamente iguales y compactar con 25 golpes de la varilla de compactación distribuidos sobre la superficie uniformemente. En la última capa llenar el molde a rebosar y nivelar la superficie con una regleta o con la mano, determinar la masa del molde y de su contenido con una aproximación de 0.05 Kg.

3.1.4.1.4 Norma ASTM C-127 Determinación De La Densidad Y Absorción Del Agregado Grueso.

El objetivo de este ensayo determinar la densidad, densidad relativa y absorción del agregado grueso.

La densidad relativa se denomina como la relación entre la densidad del agregado y la densidad del agua, esta densidad se utiliza para determinar el volumen ocupado en las mezclas que se lo vaya a utilizar como el hormigón hidráulico o asfalto.

La absorción del agregado se usa para determinar el cambio de masa, provocada por la absorción de agua por los poros que contiene, esto afecta directamente a la cantidad de agua de utilizada en la mezcla de hormigón.

Equipo A Utilizar

- Horno temperatura a 110°C ±5°C de un tamaño apropiado
- Balanza con precisión de 0.1 g
- Canasta de malla de alambre de 3.35 mm. de abertura
- Tanque de agua sin filtraciones
- Tamiz No 4
- Bandejas o recipientes

Materiales

Muestra apropiada del material como indica la siguiente tabla.

Tabla 8: Requisitos Granulométricos Para Agregados Gruesos

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL DEL AGREGADO		MASA MINIMA DE LA MUESTRA DE ENSAYO	
		Kg.	Lb.
1/2"	13mm.	2	4
3/4"	19mm.	3	6
1"	25mm.	4	8
1 1/2"	38mm.	5	11
2"	51mm.	8	18

Fuente: ASTM C 127 (2015)
Elaboración: López Carlos – Morán Mario

Procedimiento

Se coloca en una bandeja la cantidad minima de la muestra a ensayar para colocarla en el horno y secarla

Luego de retirar la muestra del horno se deja enfriar por tiempo de 1 a 3 horas para sumergirlo en agua con temperatura ambiente durante un periodo de 24 horas.

Retirar toda el agua contenido en el recipiente hasta que la superficie ya no contenga humedad para determinar la masa de la muestra en condición SSS.

Luego determinar la masa aparente sumergido en agua colocando la muestra en la canastilla y sumergirla en el recipiente, teniendo cuidado de remover todo el aire atrapado en el recipiente de la muestra.

Secar la muestra una vez más en el horno para poder calcular la masa.

3.1.4.1.5 Norma ASTM C-128 Determinación De La Densidad Y Absorción Del Agregado Fino.

El objetivo de este ensayo determinar la densidad, densidad relativa y absorción del agregado fino.

La densidad relativa se denomina como la relación entre la densidad del agregado y la densidad del agua, esta densidad se utiliza para determinar el volumen ocupado en las mezclas que se lo vaya a utilizar como el hormigón hidráulico o asfalto.

La absorción del agregado se usa para determinar el cambio de masa, provocada por la absorción de agua por los poros que contiene, esto afecta directamente a la cantidad de agua de utilizada en la mezcla de hormigón.

Equipo A Utilizar

- Balanza con precisión de 0.1 g.
- Frasco o contenedor de vidrio o metal
- Horno temperatura a 110°C ±5°C de un tamaño apropiado

Materiales

- Muestra mínima de 200 gr. del agregado a ensayar
- Agua destilada

Procedimiento

En un recipiente se coloca la muestra de mínimo para luego meterla al horno para secarla.

Luego de sacar la muestra del horno, esperar hasta que se enfrie la muestra para sumergirla durante un periodo de 24 horas en agua a temperatura ambiente.

Eliminar el exceso de agua teniendo precaución en que el contenido de finos no se pierda y colocar sobre una superficie plana no absorbente la mezcla extendiéndola, asegurando que el secado sea uniforme y realice el ensayo para determinar la humedad superficial.

Mantener el molde sobre una superficie lisa con el diámetro mayor hacia abajo.

Llenar el molde con el material y compactarlo con 25 golpes ligeros a una altura aproximada de 5 mm sobre la superficie del árido, distribuidos uniformemente, luego llene el molde con material adicional si es necesario.

Remover el árido fino caído alrededor del molde y levántelo verticalmente

Si aún existe humedad, el árido fino mantendrá la forma del molde, si no es así se desmoronará fácilmente esto quiere decir que se encuentra en estado SSS.

Pesar una muestra de 500 gramos en estado SSS, colocar en el Picnómetro con la ayuda de un embudo y llenar hasta aproximadamente 90 % de su capacidad.

Agitar el picnómetro manualmente: rodar, invertir y agitar para eliminar burbujas de aire.

Ajustar la temperatura del frasco y su contenido a una temperatura adecuada de 23°C, y llevar el nivel de agua hasta la marca de calibración.

Retirar la muestra del agregado del frasco e ingresarlos al horno para su secado respectivo, sacar la muestra del horno dejar enfrié y determinar su masa, también determinar la masa del picnómetro con agua hasta la marca de calibración a la temperatura de 23°C.

3.1.4.1.6 Norma ASTM C-556 Contenido De Humedad Del Agregado.

El objetivo es determinar la densidad del porcentaje evaporable de humedad por secado en los agregados finos y gruesos, esta humedad vendría a ser la humedad superficial y la humedad contenida en los poros del agregado.

Este metodo es lo suficientemente exacto en la medición de la humedad en los agregados, esto esn usado para ajuste en la cantidad de agregado y agua en la produccion de una mezcla de hormigón. Se debe tener en cuenta que no considera las variaciones que se puedan dar en los diferentes espacios donde se almacenan los agregados.

Consiste en obtener una muestra representativa de agregado y pesarlo en una bandeja, colocando la muestra en el horno para su respectivo secado, para que pierda toda la humedad que contiene. La humedad se expresa en porcentaje de agua que se evapora con respecto a la masa seca.

Equipos A Utilizar

- Horno temperatura a 110°C ±5°C de un tamaño apropiado
- Balanza con precisión de 0.1 g
- Bandejas o recipientes
- Cucharon o pala

Materiales

- Una muestra del agregado a ensayar como indica la siguiente tabla.

Tabla 9: Requisitos Granulométricos Para Agregados ensayo De Humedad

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL DEL AGREGADO		MASA MINIMA DE LA MUESTRA DE ENSAYO Kg.
N° 4	4,75 mm	0,5
3/8"	9.5mm.	1,5
1/2"	13mm.	2
3/4"	19mm.	3
1"	25mm.	4
1 1/2"	38mm.	6
2"	51mm.	8

Fuente: ASTM C 566 (1997)
Elaboración: López Carlos – Morán Mario

Procedimiento

Determinar la masa de la muestra colocándolo en la balanza y pesándolo.

Colocar la muestra en el horno a una temperatura controlada sin cambios de temperatura brusco para que no afecte a los agregados por un periodo de 24 horas.

Sacar la muestra del horno y dejar enfriar, luego registrar el peso de la muestra más la bandeja y luego el peso de la bandeja sola.

3.1.4.1.7 Norma ASTM C-131 Resistencia Al Desgaste Y Degradación Mediante Maquina De Los Angeles Del Agregado Grueso.

El objetivo es determinar el valor de desgaste a la abrasión de los agregados gruesos con tamaño máximo de 1 ½" (37,5 mm.) utilizando la máquina de los ángeles

La abrasión de los agregados gruesos es a menudo usada con un parámetro de la calidad. Debido a que si los agregados poseen una baja resistencia a al desgaste abrasivo estos podrían aumentar la cantidad de finos en el hormigón pudiendo así aumentar la cantidad de agua durante el proceso de mezclado.

Equipo A Utilizar

- Máquina de los Ángeles
- Carga Abrasiva (esferas de acero)
- Tamices

- Horno temperatura a 110°C ±5°C de un tamaño apropiado
- Balanza con precisión de 0.1 g

Materiales

- Muestra de Agregado grueso

Procedimiento

Lavar el agregado grueso antes de realizar el ensayo para quitar todas las impurezas que contenga y secarlo de forma uniforme.

Tamizar el agregado en los tamaños requeridos para poder tener una buena graduación las cuales se especifican en la siguiente tabla.

Tabla 10: Graduaciones De Las Mezclas De Ensayo Para Abrasión De Los Ángeles

TAMIZ				MASA DE LOS TAMAÑOS INDICADOS DEL AGREGADO (gr.)			
				GRADUACIONES			
PASA		RETENIDO		A	B	C	D
1 1/2"	38mm.	1"	25mm.	1250 ± 25	--------	--------	
1"	25mm.	3/4"	19mm.	1250 ± 25	--------	--------	
3/4"	19mm.	1/2"	13mm.	1250 ± 10	2500 ± 10	--------	
1/2"	13mm.	3/8"	9,5 mm	1250 ± 10	2500 ± 10	2500 ± 10	
3/8"	9,5 mm	N° 4	4,75 mm			2500 ± 10	
N° 4	4,75 mm	N° 8	2,36 mm				5000 ± 10
TOTAL				5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

Fuente: ASTM C 131 (2006)
Elaboración: López Carlos – Morán Mario

De acuerdo a la gradación del material la carga abrasiva.

Tabla 11: Carga Abrasiva Por Graduación Para Abrasión De Los Ángeles

GRADUACION	NUMERO DE ESFERAS	MASA DE LA CARGA (gr.)
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	8	3330 ± 20
D	6	2500 ± 15

Fuente: ASTM C 131 (2006)
Elaboración: López Carlos – Morán Mario

Colocar la muestra y la carga en la máquina, girar la máquina 500 revoluciones a una velocidad entre 30 y 33 r/min durante un periodo de aproximadamente 15 minutos.

Se descarga la muestra de la máquina y se tamiza utilizando el tamiz N° 12 luego el material retenido se lo lava y ese material se lo ingresa para poder determinar la masa del agregado después de haber sufrido el desgaste.

3.1.4.1.8 Norma ASTM C-88 Resistencia Al Desgaste Contra Los Sulfatos.

Este método cubre el ensayo de agregados para estimar su estabilidad a la disgregación cuando están sometidos a una acción de intemperísmo u otras acciones.

Equipos A utilizar

- Tamices
- Horno con la capacidad de mantener la temperatura a 110°C ±5°C
- Recipiente para la muestra
- Hidrómetro
- Solución de sulfato de sodio

Procedimiento

se sumergen las muestras en la solución preparada de sulfato de sodio o de sulfato de magnesio por un periodo no menor de 16 h ni mayor de 18 h

Después del período de inmersión, se remueve la muestra de agregado de la solución, se le permite drenar por 15 ± 5 min y se coloca en el horno de secado.

3.1.4.2 Ensayos Para La Elaboración De Hormigón.

3.1.4.2.1 Norma ASTM C-143 Medición De Revenimiento.

El objetivo es determinar el asentamiento del hormigón en estado plástico para hormigones.

Este ensayo permite conocer la consistencia del hormigón, consiste en llenar con hormigón fresco un molde con forma de cono truncado con una altura de 30 cm. La

pérdida de altura que se produce cuando se retira el molde define la consistencia de la mezcla.

Equipos A Utilizar

- Molde: Debe tener la forma de un cono truncado con altura de 300 mm, diámetro superior de 100 mm y diámetro inferior de 200 mm.
- Varilla: De acero, lisa, 16mm de diámetro con punta redondeada.
- Flexo metro o regla marcada con incremento de 5 mm o menos.
- Cucharón: Con un tamaño para que se obtenga una cantidad de hormigón representativa.

Materiales

- Muestra de hormigón en estado fresco.

Procedimiento

Humedecer el molde y colocarlo sobre una superficie humedecida previamente y no absorbente o sobre una placa base y fijarlo a la misma.

Llenar el molde en 3 capas de volumen igual distribuyendo uniformemente el hormigón sobre el molde. Compactar cada capa con 25 penetraciones utilizando la varilla de compactación.

Al llenar la última capa mantener un excedente de hormigón antes de iniciar la compactación.

Inmediatamente luego de compactar la última capa, enrasar la superficie con la varilla.

Antes de retinar el molde limpiar la superficie alrededor de la base del cono. Luego retirar el molde en un tiempo de 5±2 sg. En dirección vertical.

Medir la diferencia de altura entre el molde y el centro desplazado de la muestra y registrarlo.

3.1.4.2.2 Norma ASTM C-192 Elaboración Y Curado De Probetas De Hormigón En Laboratorio.

El objetivo es elaborar y curar cilindros y vigas de las muestras tomadas de hormigón.

Luego de determinar las propiedades del hormigón en estado fresco, se procede a evaluar sus propiedades en estado endurecido para lo cual es muy importante elaborar los cilindros o vigas de la manera adecuada.

Se debe garantizar que los especímenes tengan un curado hasta la edad del ensayo para que alcancen la resistencia de diseño.

Equipos A Utilizar

- Moldes: Dependiendo del tamaño máximo del agregado se utiliza moldes de 150mm*300mm o de 100mm*200mm.
- Varilla de acero: Varilla recta de diámetro 16 mm y de longitud 600mm con punta semiesférica.
- Mazo: Mazo con cabeza de caucho con una masa de 0.6 kg ± 0.5 kg
- Llana de metal

Materiales

- Una muestra de hormigón en estado fresco.
- Aceite Vegetal o grasa.

Procedimiento para moldeo de cilindros.

Colocar los moldes sobre una superficie nivelada

Con el cucharón metálico distribuir la muestra en 2 o 3 capas de igual volumen dependiendo del tamaño del molde.

Compactar cada capa con 25 penetraciones de la varilla, usando la punta semiesférica en forma espiral, la segunda o tercera capa penetrar la varilla 25 mm por debajo de la capa anterior.

Luego de compactar cada capa, golpear con el mazo de 10 a 15 veces en ambos lados del molde.

Con la varilla de compactación enrasar la superficie y con la llana realizar el acabado de la misma.

Luego de transcurrir 24±8horas proceder a desmoldar las probetas.

Proceder a marcar las probetas y luego sumergir en agua a una temperatura de 23±2°C hasta la edad del ensayo.

Luego de transcurrir 24±8horas proceder a desmoldar las probetas.

Proceder a marcar las vigas y luego sumergir en agua a una temperatura de 23±2°C hasta la edad del ensayo

3.1.4.2.3 Norma ASTM C-39 Determinación De Resistencia A La Compresión De Cilindros De Hormigón.

El objetivo es determinar la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón

Este método de ensayo nos permite evaluar la resistencia del hormigón en estado endurecido. Luego de que hayan pasado por un curado estándar.

Consisten en aplicar a los especímenes una carga axial de compresión a una velocidad constante hasta que ocurra la falla de la probeta.

Equipos A Utilizar

- Máquina de ensayo debidamente calibrada de acuerdo con la norma ASTM E4. Con un porcentaje de error que no debe exceder de ± 1.0 % de la carga indicada. Calibrador Vernier y Flexómetro.

Materiales

- Especímenes cilíndricos de hormigón
- Balanza
- Cabezales y almohadillas de neopreno

Procedimiento

Extraer los especímenes cilíndricos del curado húmedo. Tener en cuenta la tolerancia de tiempo admisible para ensayar el espécimen

Pesar los especímenes y medir su diámetro y altura. Registrar los datos.

Limpiar las superficies de contacto de los especímenes y de los cabezales luego colocar las almohadillas de neopreno sobre la cual se coloca el espécimen. Alinear el eje del espécimen con el centro de carga del bloque de carga esférico de la máquina de ensayo.

Ingresar los datos en la máquina y aplicar la carga a una velocidad de esfuerzo de 0.25±0.05MPa/s.

Mantener esta velocidad de carga durante la última mitad de la fase de carga hasta que el indicador muestre que la carga este decreciendo y se forme en el espécimen un patrón de fisura definido de acuerdo a los esquemas típicos de fractura.

Registrar la carga ultima, la resistencia y el patrón de fisura.

3.1.5 Análisis y Comparación de Resultados.

Teniendo en consideración el diseño patrón se establecerán gráficos una vez realizados los respectivos ensayos que muestren el comportamiento de los distintos agregados y las resistencias a la compresión alcanzadas, teniendo estas como punto de partida aumentar o disminuir la relación agua-cemento por cada agregado para su respectivo diseño.

3.1.6 Rediseño de Hormigón.

Una vez obtenido la comparación de las resistencias alcanzadas con las mezclas de los diferentes agregados propuestos elaborados a partir del diseño patrón se realizará el diseño para cada agregado,para poder hacer una comparativas tanto en la demanda del cemento y el coste de acarreo del material desde la cantera hacia la

planta y así poder establecer si es rentable o no la utilización de otros agregados, para la respectiva disminución de costes de producción de hormigón en planta.

3.1.6.1 Metodología A.C.I. 211.1.

El criterio a usarse para el diseño de hormigón es el propuesto por el ACI descrito en la norma ACI 211.1 el cual detalla dos maneras de proporcionar mezclas de hormigón las cuales son:

- peso estimado del hormigón por volumen unitario
- Calculo de volumen absoluto ocupado por los componentes del hormigón

Este método da a conocer una aproximación de las cantidades necesarias para la elaboración de la mezcla, que después deben ser verificadas mediante pruebas de laboratorio y de campo y efectuar las correcciones necesarias para que pueda obtener las características deseadas en el hormigón fresco durante su tiempo de fraguado y su endurecimiento.

A continuación, se describe el procedimiento a seguir para la elaboración del diseño de mezcla según la resistencia que se desea alcanzar.

3.1.6.1.1 Elección Del Revenimiento.

depende de la trabajabilidad que se le quiere dar al hormigón al momento de su colocación en el sitio y tipo de estructura a hormigonar.

Tabla 12: . Revenimiento Recomendado Para Varios tipos de Construcción

TIPO DE CONSTRUCCION	REVENIMIENTO (mm)	
	MAXIMO*	MINIMO
MUROS DE CIMENTACION Y ZAPATAS	75	25
ZAPATAS, CAJONES DE CIMENTACION	75	25
VIGAS Y MUROS DE REFUERZO	100	25
COLUMNAS PARA EDIFICIOS	100	25
PAVIMENTOS Y LOSAS	75	25
CONCRETO MASIVO	75	25
*ESTE REVENIMIENTO PUEDE AUMENTAR POR EL USO DE ADITIVOS O EL METODO DE COMPACTACION		

Fuente: Comite ACI 211 , (1991)
Elaboración: López Carlos – Morán Mario

3.1.6.1.2 Selección Del Tamaño Máximo Del Agregado

Se debe seleccionar una granulometría adecuada que tenga una relación debida a la estructura a realizarse, según la norma A.C.I. 318 no debe exceder lo siguiente:

- 1/5 de la menor dimensión en los extremos de los moldes.
- 1/3 del espesor de losas.
- 3/4 de espacio libre entre varillas de acero de refuerzo.

3.1.6.1.3 Calculo Del Agua De Mezclado Y El Contenido De Aire.

este valor dependerá principalmente del revenimiento que se desea alcanzar en la mezcla y del tamaño máximo nominal del agregado los cuales establecerán la cantidad de agua en kg/m³ de hormigón y el porcentaje de aire atrapado en la mezcla naturalmente o incluido intencionalmente con el uso de aditivos.

Tabla 13: Agua De Mezclado En Ltrs. Y Contenido De Aire En % Para Distintos Revenimiento Tamaños De Agregados Por m³

TAMAÑO DEL AGREGADO								
REVENIMIENTO EN cm.	9.5mm. 3/8"	13mm. 1/2"	19mm. 3/4"	25mm. 1"	38mm. 1 1/2"	51mm. 2"	76mm. 3"	152mm. 6"
HORMIGON SIN AIRE INCLUIDO								
2 a 5	207,5	197,6	182,8	177,8	163,0	153,1	143,3	123,5
5 a 10	225,2	217,3	202,5	192,6	177,8	168,0	158,0	135,3
15 a 20	242,0	227,2	212,4	202,5	187,7	177,8	168,0	148,2
CANTIDAD APROXIMADA DE AIRE ENTRAMPADO EN EL HORMIGON (%)	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2
HORMIGON CON AIRE INCLUIDO								
2 a 5	102,8	177,8	163,0	153,1	143,3	133,4	123,5	108,7
5 a 10	202,5	192,6	177,8	168,0	158,0	148,2	138,3	118,6
15 a 20	212,4	202,5	187,7	177,8	168,0	158,0	148,2	128,4
CONTENIDO DE AIRE TOTAL PROMEDIO RECOMENDADO (%)	8	7	6	5	4,5	4	3,5	3

Fuente: Comite ACI 211 (1991)
Elaboración: López Carlos – Morán Mario

3.1.6.1.4 Selección de la relación agua – cemento.

Es la relación que existe con el peso del agua respecto al peso del cemento (A/C), donde se mantienen constantes las cantidades de los agregados y a medida que aumenta la relación A/C la resistencia disminuye, Este factor es el más importante en el diseño, porque depende para determinar la resistencia que alcance el hormigón es por eso que se debe llevar un buen balance de esta relación.

$$\frac{A}{C} = \frac{Peso\ de\ Agua}{Peso\ de\ Cemento} \qquad (\boldsymbol{Ecuacion\ 3.1})$$

Tabla 14: Relacion Agua - Cemento (A/C) Vs. Resistencia De Diseño

A/C	σ Kg/cm²
0,70	140
0,65	190
0,60	210
0,55	250
0,50	290
0,45	310
0,40	350
0,35	390
0,30	410

Fuente: Comite ACI 211 (1991)
Elaboración: López Carlos – Morán Mario

3.1.6.1.5 Calculo Del Contenido De Cemento.

Está dado por la estimación de la cantidad de agua para la mezcla entre la relación A/C, igual la norma da un límite mínimo dependiendo de los requerimientos de resistencia y durabilidad, la ecuación para determinar el contenido de cemento es la mezcla es la siguiente.

$$C = \frac{A}{\frac{A}{C}} \qquad (\boldsymbol{Ecuacion\ 3.2})$$

Donde:

C = Peso de Cemento en kg.

A = Peso de Agua en kg.

A/C = Relación Agua/Cemento

3.1.6.1.6 Estimación Del Contenido Del Agregado Grueso.

Cuando todos los agregados a utilizarse cumplen con las granulometrías sugeridas en la norma ASTM C-33 se hallan los valores del volumen suelto (P.V.S.) y compactado (P.V.V.) requerido para 1m³ de hormigón, teniendo en consideración que la cantidad de agua y el volumen del agregado se mantiene constante con la misma relación agua cemento se sugieren utilizar los volúmenes de agregado grueso dependiendo del módulo de finura del agregado fino y el tamaño máximo nominal utilizado. El módulo de finura de la arena debe estar entre 2,3 y 3,1 para que pueda ser utilizada en el diseño de mezclas de hormigón.

Tabla 15: Volumen De Agregado Grueso Compactado Por Unidad De Volumen De Hormigón Para Diferentes Módulos De Finura De La Arena

TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO		MODULO DE FINURAS			
		2,48	2,6	2,8	3,0
3/8"	9.5mm.	0,44	0,44	0,42	0,40
1/2"	13mm.	0,55	0,53	0,51	0,49
3/4"	19mm.	0,65	0,63	0,61	0,59
1"	25mm.	0,70	0,68	0,66	0,64
1 1/2"	38mm.	0,76	0,74	0,72	0,78
2"	51mm.	0,79	0,77	0,75	0,73
3"	76mm.	0,84	0,82	0,80	0,78
6"	152mm.	0,90	0,88	0,86	0,84

Fuente: Comite ACI 211 (1991)
Elaboración: López Carlos – Morán Mario

Una vez determinado el volumen a utilizar se procede a utilizar la siguiente formula:

$$Vag = \frac{P.V.V.x\ V.A.G.C.}{D.S.S.S.} \quad (\boldsymbol{Ecuacion\ 3.3})$$

Donde:

Vag = Volumen De Agregado Grueso

P.V.V. = Peso Volumétrico Varillado

V.A.G.C. = Volumen De Agregado Grueso Compactado (tabla)

D.S.S.S. = Densidad Saturada Superficialmente Seca

3.1.6.1.7 Estimación Del Contenido Del Agregado Fino.

Se determina por la diferencia de volúmenes absolutos de todos los componentes como son el agua, aire, cemento y agregado grueso y fino utilizados para 1 m³, el volumen se obtiene dividiendo el peso para la densidad o peso específico del material.

$$Vc = \frac{C}{\gamma c} \ (\boldsymbol{Ecuacion\ 3.4})$$

$$Vw = \frac{A}{\gamma w} \ (\boldsymbol{Ecuacion\ 3.5})$$

$$Va = \frac{\%\ de\ aire}{100} \ (\boldsymbol{Ecuacion\ 3.6})$$

Donde:

Vc = volumen de concreto

Vw = volumen de agua

Va = volumen de aire

C = peso de cemento

A = peso de agua

ɣc = densidad del cemento

ɣw = densidad del agua

para obtener el volumen de agregado fino en la mezcla se utiliza la siguiente formula:

$$Vaf = ɣw - (Vc + Vw + Vag + Va) \qquad (\boldsymbol{Ecuacion\ 3.7})$$

Donde:

Vaf = volumen de agregado fino

Vc = volumen de concreto

Vw = volumen de agua

Vag = volumen de agregado grueso

Va = volumen de aire

ɣw = densidad del agua

en la formula esta corregido el ajuste por rendimiento para la dosificación de tal forma que para 1m³ de hormigón corresponda a 1m³ de agua es decir 1000 litros para que no hallan volúmenes faltantes ni sobrantes en la mezcla.

el porcentaje máximo del agregado fino no deberá exceder el 40% del peso total de los agregados.

3.1.6.1.8 Ajuste Por Humedad Del Agregado.

Se debe de tomar en consideración la humedad propia de cada agregado y absorción ya que esta no forma parte del agua de mezclado entonces el agua superficial que aporta el agregado a la mezcla ser calculada de la siguiente manera:

$$agua\ a\ añadir = \ agua\ de\ mezclado - W_{af}(\%\ \omega_{af} - \%\ abs_{af}) - W_{ag}(\%\ \omega_{ag} - \%\ abs_{ag})$$

$$(\boldsymbol{Ecuacion\ 3.8})$$

Donde:

Waf = peso seco del agregado fino

Wag = peso seco del agregado grueso

%ωaf = porcentaje de humedad del agregado fino

%ωaf = porcentaje de humedad del agregado grueso

%abs af = porcentaje de absorción del agregado fino

%abs ag = porcentaje de absorción del agregado grueso

CAPITULO IV

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

Diseño Patrón Para Agregado Basalto Para Resistencias f´c = 210, 240, 280 Kg/cm²

4.1.1 Ensayos De Laboratorio Del Agregado Del Diseño Patrón.

Los resultados de laboratorio para los agregados basalto y la arena de rio fueron proporcionados por la planta hormigonera ODCON, ya que estos son los materiales con los que realizan sus mezclas de hormigón para los distintos diseños.

4.1.1.1 Granulometría De Los Materiales.

Los siguientes gráficos muestran las curvas granulométricas que cumplen con los requerimientos de la Norma ASTM c-33.

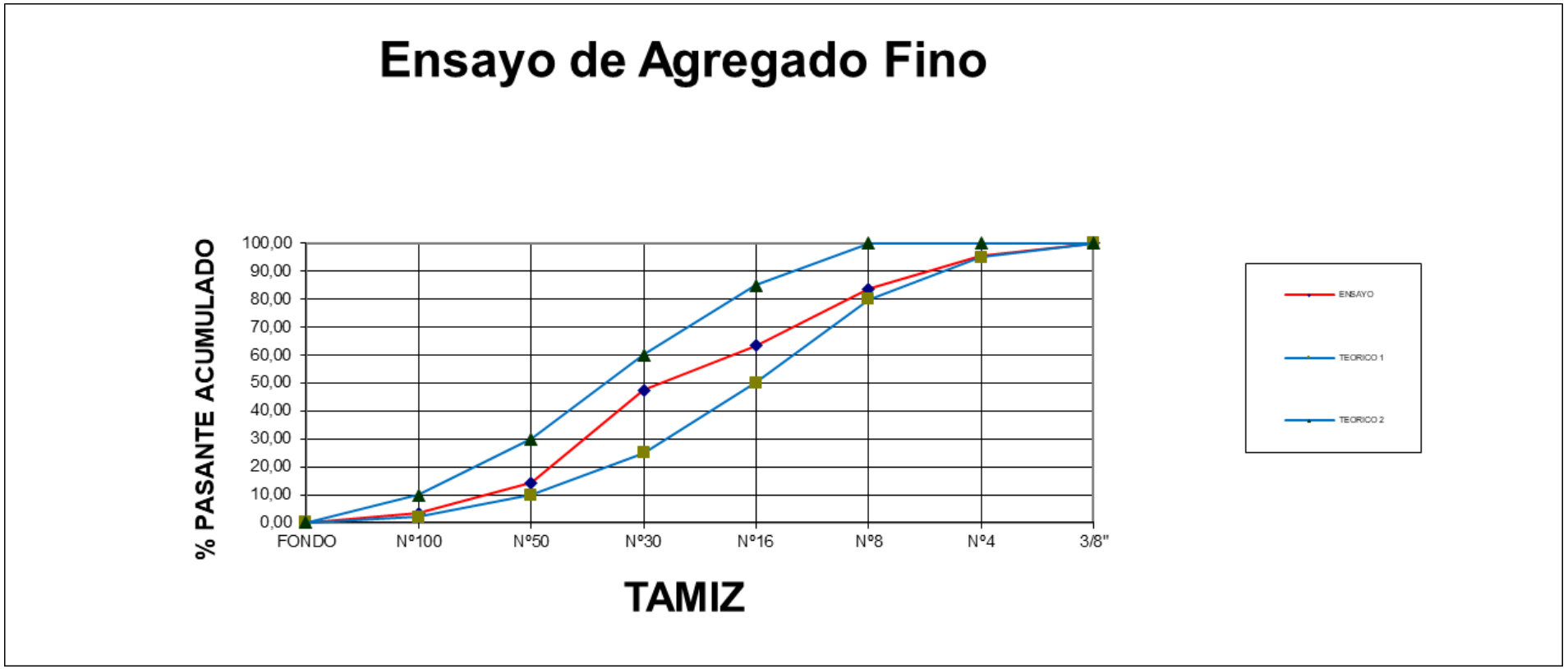


Ilustración 3: Curva Granulométrica De la Arena De Rio
Elaboración: López Carlos – Morán Mario

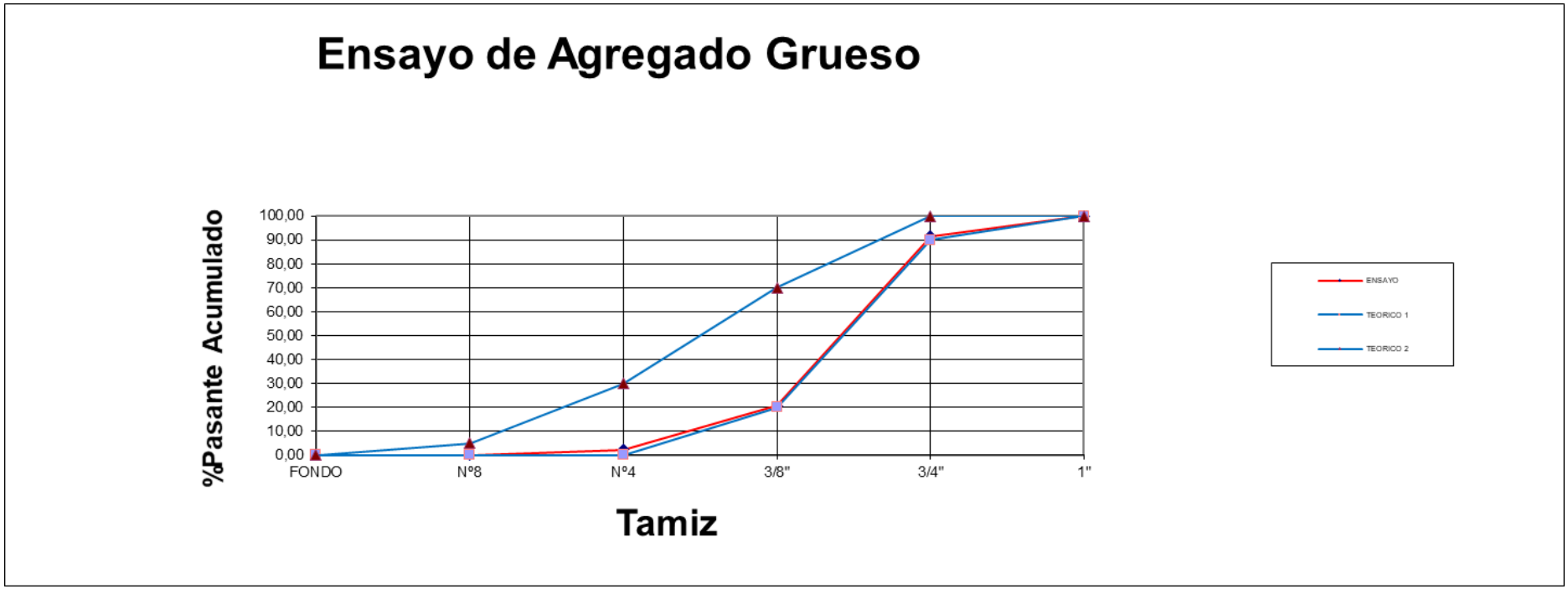


Ilustración 4: Curva Granulométrica Del Basalto
Elaboración: López Carlos – Morán Mario

4.1.1.2 Masa Unitaria Y Porcentaje De Vacíos.

Los resultados son:

Para la arena de rio P.V.S. 1421 kg/m³

Para el basalto P.V.S. 1509 kg/m³ y P.V.S. 1553 kg/m³

4.1.1.3 Densidad Y Absorción Del Agregado Grueso y Agregado Fino.

Los resultados son:

Para la arena de rio D.S.S.S. 2585 kg/m³ y una absorción del 2,04%

Para el basalto D.S.S.S. 2743 kg/m³ y una absorción del 2,01%

4.1.1.4 Contenido De Humedad De Los Agregados.

Los resultados son:

Para la arena de rio un contenido de humedad del 2,15%

Para el basalto un contenido de humedad del 5,49%

4.1.1.5 Resistencia Al Desgaste Y Degradación Mediante Máquina De Los Ángeles Del Agregado Grueso.

Para el basalto se utilizó el método de gradación A dando un valor de desgaste del 21,85%, que está por debajo del límite de desgaste recomendable por la norma.

4.1.1.6 Resistencia Al Desgaste Contra Sulfatos.

Los resultados son:

Para la arena de rio un desgaste del 4,02%

Para el basalto un desgaste del 6,19%

4.1.2 Cartillas del diseño patrón para las diferentes resistencias propuestas f´c = 210, 240, 280 Kg/cm²

En la tabla 13, 14 y 15 estarán las cartillas de diseño para las resistencias f´c.

Tabla 16: Cartilla De Diseño Patrón para f´c = 210 Kg/cm²

DISEÑO PATRON PLANTA HORMIGONERA ODCON - DATOS DE LABORATORIO

AGREGADO GRUESO - BASALTO

PESO VOL. SUELTO (Kg/m3)	PESO VOL. VARILLADO (Kg/m3)	DEN.SAT.SUP.SECA (Kg/m3)	ABSORCION %	TAM.MAX.NOM(mm.)	FUENTE DE MATERIAL
1509,00	1553,00	2743,00	2,01	19,00	Basalto - Cant. Santa Rosa

AGREGADO FINO

SUELTO (Kg/m3)	DEN.SAT.SUP.SECA (Kg/m3)	ABSORCION %	Modulo de Finura	FUENTE DE MATERIAL
1427,00	2585,00	2,04	2,92	Arena de rio - San Carlos

REQUERIMIENTOS TECNICOS

Revenimiento	5-10 cm.	Contenido de aire (%)	1,50
Resistencia especifica F`c	210 Kg/cm2	Cantidad de agua (LTS.)	195,00
Resistencia requerida F`cr	294 Kg/cm2	Cantidad de cemento (Kg.)	325,00
Factor de modulo de finura	0,56	Rel Agua/cemento (A/C)	0,60
		Densidad del cemento (Kg/m3	3150,00

VOLUMEN PARA 1m3 DE HORMIGON

AGUA	0,1950	m3
CEMENTO	0,1032	m3
AIRE	0,0150	m3
PIEDRA	0,3171	m3
VOL. TOTAL	**0,6302**	m3
ARENA	0,3698	m3

PESO EN Kg. PARA 1m3 DE HORMIGON

AGUA	195,00	Kg.
CEMENTO	325,00	Kg.
PIEDRA	869,68	Kg.
ARENA	955,86	Kg.
PESO TOTAL	**2345,54**	Kg.

PESO VOLUMETRICO DEL HORMIGON

AGUA	195,00	Kg/m3
CEMENTO	325,00	Kg/m3
PIEDRA	887,16	Kg/m3
ARENA	975,36	Kg/m3
PESO TOTAL	**2382,52**	Kg/m3

Fuente: PLANTA HORMIGONERA ODCON S.A.

ESTE EL DISEÑO DE F`c = 210 Kg/cm2 QUE MANEJA LA PLANTA DOSIFICADORA CON SUS RESPECTIVOS MATERIALES , COMO : CEMENTO TIPO HE, AgG BASALTO DE CANTERA SANTA ROSA Y AgF DE RIO SANCARLOS SARANDEADO Y LAVADO

Fuente: (Planta Hormigonera ODCON S.A.)
Elaboración: López Carlos - Morán Mario

Tabla 17: Cartilla De Diseño Patrón para f´c = 240 Kg/cm²

DISEÑO PATRON PLANTA HORMIGONERA ODCON - DATOS DE LABORATORIO

AGREGADO GRUESO - BASALTO

PESO VOL. SUELTO (Kg/m3)	PESO VOL. VARILLADO (Kg/m3)	DEN.SAT.SUP.SECA (Kg/m3)	ABSORCION %	TAM.MAX.NOM(mm.)	FUENTE DE MATERIAL
1509,00	1553,00	2743,00	2,01	19,00	Basalto - Cant. Santa Rosa

AGREGADO FINO

SUELTO (Kg/m3)	DEN.SAT.SUP.SECA (Kg/m3)	ABSORCION %	Modulo de Finura	FUENTE DE MATERIAL
1427,00	2585,00	2,04	2,92	Arena de rio - San Carlos

REQUERIMIENTOS TECNICOS

Revenimiento	5-10 cm.
Resistencia especifica F`c	240 Kg/cm2
Resistencia requerida F`cr	324 Kg/cm2
Factor de modulo de finura	0,56

Contenido de aire (%)	2,00
Cantidad de agua (LTS.)	200,00
Cantidad de cemento (Kg.)	357,10
Rel Agua/cemento (A/C)	0,56
Densidad del cemento (Kg/m3	3150,00

VOLUMEN PARA 1m3 DE HORMIGON

AGUA	0,2000	m3
CEMENTO	0,1134	m3
AIRE	0,0200	m3
PIEDRA	0,3171	m3
VOL. TOTAL	**0,6504**	m3
ARENA	0,3496	m3

PESO EN Kg. PARA 1m3 DE HORMIGON

AGUA	200,00	Kg.
CEMENTO	357,10	Kg.
PIEDRA	869,68	Kg.
ARENA	903,67	Kg.
PESO TOTAL	**2330,45**	Kg.

PESO VOLUMETRICO DEL HORMIGON

AGUA	200,00	Kg/m3
CEMENTO	357,10	Kg/m3
PIEDRA	887,16	Kg/m3
ARENA	922,10	Kg/m3
PESO TOTAL	**2366,36**	Kg/m3

Fuente: PLANTA HORMIGONERA ODCON S.A.

ESTE EL DISEÑO DE F`c = 240 Kg/cm2 QUE MANEJA LA PLANTA DOSIFICADORA CON SUS RESPECTIVOS MATERIALES , COMO : CEMENTO TIPO HE, AgG BASALTO DE CANTERA SANTA ROSA Y AgF DE RIO SANCARLOS SARANDEADO Y LAVADO

Fuente: (Planta Hormigonera ODCON S.A.)
Elaboración: López Carlos - Morán Mario

Tabla 18: Cartilla De Diseño Patrón para f´c = 280 Kg/cm²

DISEÑO PATRON PLANTA HORMIGONERA ODCON - DATOS DE LABORATORIO

AGREGADO GRUESO - BASALTO

PESO VOL. SUELTO (Kg/m3)	PESO VOL. VARILLADO (Kg/m3)	DEN.SAT.SUP.SECA (Kg/m3)	ABSORCION %	TAM.MAX.NOM(mm.)	FUENTE DE MATERIAL
1509,00	1553,00	2743,00	2,01	19,00	Basalto - Cant. Santa Rosa

AGREGADO FINO

SUELTO (Kg/m3)	DEN.SAT.SUP.SECA (Kg/m3)	ABSORCION %	Modulo de Finura	FUENTE DE MATERIAL
1427,00	2585,00	2,04	2,92	Arena de rio - San Carlos

REQUERIMIENTOS TECNICOS

Revenimiento	**5-10 cm.**
Resistencia especifica F`c	**280 Kg/cm2**
Resistencia requerida F`cr	364 Kg/cm2
Factor de modulo de finura	**0,56**

Contenido de aire (%)	**2,00**
Cantidad de agua (LTS.)	**170,00**
Cantidad de cemento (Kg.)	380,30
Rel Agua/cemento (A/C)	0,447
Densidad del cemento (Kg/m3	3150,00

VOLUMEN PARA 1m3 DE HORMIGON

AGUA	0,1700	m3
CEMENTO	0,1207	m3
AIRE	0,0200	m3
PIEDRA	0,3171	m3
VOL. TOTAL	**0,6278**	m3
ARENA	0,3722	m3

PESO EN Kg. PARA 1m3 DE HORMIGON

AGUA	170,00	Kg.
CEMENTO	380,30	Kg.
PIEDRA	869,68	Kg.
ARENA	962,18	Kg.
PESO TOTAL	**2389,00**	Kg.
Plast. 200-R (0.	3,04	Kg.
Sikament 115 (	3,80	Kg.

PESO VOLUMETRICO DEL HORMIGON

AGUA	170,00	Kg/m3
CEMENTO	380,30	Kg/m3
PIEDRA	887,16	Kg/m3
ARENA	981,81	Kg/m3
PESO TOTAL	**2419,27**	Kg/m3

Fuente: PLANTA HORMIGONERA ODCON S.A.

ESTE EL DISEÑO DE F`c = 280 Kg/cm2 QUE MANEJA LA PLANTA DOSIFICADORA CON SUS RESPECTIVOS MATERIALES , COMO : CEMENTO TIPO HE, AgG BASALTO DE CANTERA SANTA ROSA Y AgF DE RIO SANCARLOS SARANDEADO Y LAVADO

Fuente: (Planta Hormigonera ODCON S.A.)
Elaboración: López Carlos - Morán Mario

4.1.2.1 Elaboración De Especímenes De Hormigón Para Cada Tipo De Agregado Para Sus Respectivos Diseños En Base Al Diseño Patrón.

Para la elaboración de los especímenes de prueba se calculó la dosificación para los cilindros a utilizar y una porción adicional para verificar el revenimiento obtenido en la mezcla para uno de los agregados en los distintos diseños.

Tabla 19: Dosificación utilizada para especímenes de f´c = 210 Kg/cm²

DISEÑO PATRON - F`c = 210 Kg/cm2		
PROPORCION UTILIZADAS		
VOLUMEN (m3)	**1,00**	**0,032**
ARENA (Kg.)	955,86	30,40
PIEDRA (Kg.)	869,68	27,66
CEMENTO (Kg.)	325,00	10,34
AGUA (Kg.)	195,00	6,20
200-R (lts.)	0,00	0,00
SIKA 115 (lts.)	0,00	0,00

Elaboración: López Carlos - Morán Mario

Tabla 20: Dosificación utilizada para especímenes de f´c = 240 Kg/cm²

DISEÑO PATRON - F`c = 240 Kg/cm2		
PROPORCION UTILIZADAS		
VOLUMEN (m3)	**1,00**	**0,032**
ARENA (Kg.)	903,67	28,74
PIEDRA (Kg.)	869,68	27,66
CEMENTO (Kg.)	357,10	11,36
AGUA (Kg.)	200,00	6,36
200-R (lts.)	0,00	0,00
SIKA 115 (lts.)	0,00	0,00

Elaboración: López Carlos - Morán Mario

Tabla 21: Dosificación utilizada para especímenes de f´c = 280 Kg/cm²

DISEÑO PATRON - F`c = 280 Kg/cm2		
PROPORCION UTILIZADAS		
VOLUMEN (m3)	**1,00**	**0,032**
ARENA (Kg.)	962,18	30,61
PIEDRA (Kg.)	869,68	27,66
CEMENTO (Kg.)	380,30	12,10
AGUA (Kg.)	170,00	5,41
200-R (lts.)	3,04	0,10
SIKA 115 (lts.)	3,80	0,12

Elaboración: López Carlos - Morán Mario

Para la elaboración de la mezcla una vez pesados los materiales se utilizó una concretera mecánica para que el amasado de la mezcla sea homogéneo y constante.

Ilustración 5: Pesado De Los Materiales Para La Elaboración De Mezclas
Elaboración: López Carlos - Morán Mario

Una vez la mezcla tenga la fluidez necesaria se obtiene el revenimiento mediante el cono de Abrams el cual para cada mezcla los resultados fueron los siguientes:

Tabla 22: Revenimientos obtenidos en las distintas mezclas

MATERIAL		f´c (Kg/cm²)		
		210	240	280
		REVENIMIENTO OBTENIDO (cm)		
BASALTO	A	9	10	10
CANTO RODADO	B	8	7	8
LUTITA	C	9	8	9
CALIZA	D	7	9	8
REVENIMIENTO DE DISEÑO		5 --10		

Elaboración: López Carlos - Morán Mario

Se proceden a elaboran los especímenes cilíndricos conforme dice la norma ASTM C-192, para después de 24 horas sean sumergidos en la piscina de curado hasta que alcancen sus edades respectivas y obtener su resistencia mediante la ruptura de cilindro.

Ilustración 6: Realización De Especímenes De Hormigón
Elaboración: López Carlos - Morán Mario

4.1.2.2 Análisis Y Comparación De Resultados De Las Resistencias Obtenidas A Los 28 Días Para Cada Tipo De Agregado En Base Al Diseño Patrón.

Una vez que los cilindros han alcanzado una edad de 28 días se realiza la ruptura mediante el ensayo a la compresión para saber si han alcanzado la resistencia de diseño deseada y comportamiento para cada agregado.

En la siguiente tabla se muestra una estimación de la resistencia que puede alcanzar un hormigón elaborado con cemento tipo HE de alta resistencia inicial.

Tabla 23: Resistencia De Hormigón Para Diferentes Edades

EDAD DE HORMIGON EN DIAS	% RESISTENCIA PARA CEMENTO TIPO HE
3	55
7	75
28	100
90	115
360	120

Fuente: Gutiérrez Jiménez, Estimación de la resistencia a compresión del hormigón mediante el muestreo, extracción y rotura de probetas testigo.
Elaboración: López Carlos - Morán Mario

Los resultados de las rupturas para cada diseño y tipo de agregado fueron los siguientes:

Para Basalto (Diseño Patrón – Material A)

Tabla 24: Resistencia A La Compresión Del Diseño Patrón f´c = 210 Kg/cm²

EDAD (DIAS)	F`c (kg/cm2)	%F`c
0	0,00	0,00
7	158,60	75,52
14	194,30	92,52
28	213,00	101,43

Elaboración: López Carlos - Morán Mario

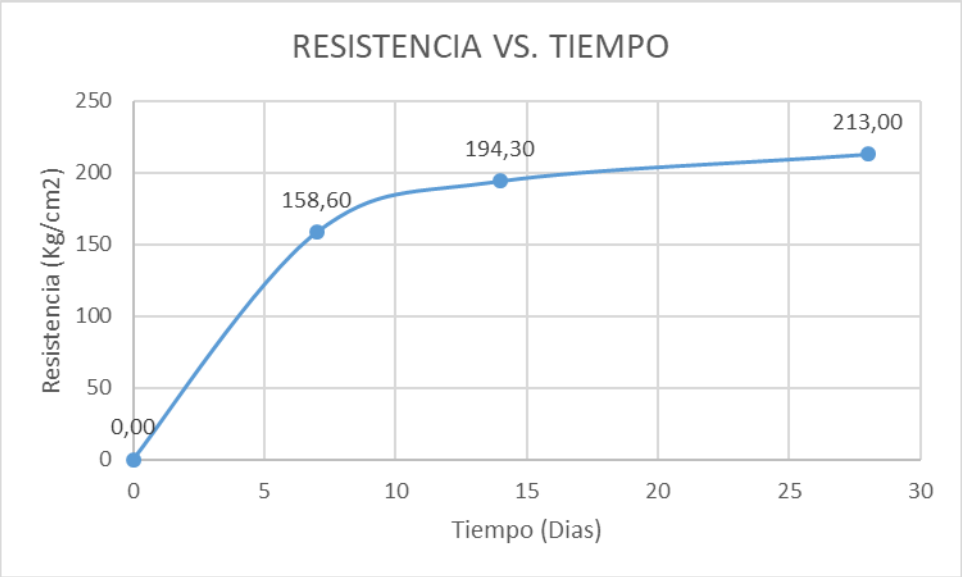


Ilustración 7: Curva De Resistencia A La Compresión Del Diseño Patrón f´c = 210 Kg/cm²
Elaboración: López Carlos - Morán Mario

Tabla 25: Resistencia A La Compresión Del Diseño Patrón f´c = 240 Kg/cm²

EDAD (DIAS)	F`c (kg/cm2)	%F`c
0	0,00	0,00
7	184,70	76,96
14	217,10	90,46
28	244,10	101,71

Elaboración: López Carlos - Morán Mario

Ilustración 8: Curva De Resistencia A La Compresión Del Diseño Patrón f´c = 240 Kg/cm²

Elaboración: López Carlos - Morán Mario

Tabla 26: Resistencia A La Compresión Del Diseño Patrón f´c = 280 Kg/cm²

EDAD (DIAS)	F`c (kg/cm2)	%F`c
0	0,00	0,00
7	218,60	78,07
14	254,60	90,93
28	286,60	102,36

Elaboración: López Carlos - Morán Mario

Ilustración 9: Curva De Resistencia A La Compresión Del Diseño Patrón f´c = 280 Kg/cm²
Elaboración: López Carlos - Morán Mario

Para Canto Rodado Triturado (Material B)

Tabla 27: Resistencia A La Compresión Del canto rodado triturado en base al Diseño Patrón f´c = 210 Kg/cm²

EDAD (DIAS)	F`c (kg/cm2)	%F`c
0	0,00	0,00
7	138,20	65,81
14	177,50	84,52
28	215,00	102,38

Elaboración: López Carlos - Morán Mario

Ilustración 10: Curva De Resistencia A La Compresión Del canto rodado triturado en base al Diseño Patrón f´c = 210 Kg/cm²
Elaboración: López Carlos - Morán Mario

Tabla 28: Resistencia A La Compresión Del canto rodado triturado en base al Diseño Patrón f´c = 240 Kg/cm²

EDAD (DIAS)	F`c (kg/cm2)	%F`c
0	0,00	0,00
7	165,00	68,75
14	188,70	78,63
28	246,80	102,83

Elaboración: López Carlos - Morán Mario

Ilustración 11: Curva De Resistencia A La Compresión Del canto rodado triturado en base al Diseño Patrón f´c = 240 Kg/cm²
Elaboración: López Carlos - Morán Mario

Tabla 29: Resistencia A La Compresión Del canto rodado triturado en base al Diseño Patrón f´c = 280 Kg/cm²

EDAD (DIAS)	F`c (kg/cm2)	%F`c
0	0,00	0,00
7	198,90	71,04
14	243,60	87,00
28	287,70	102,75

Elaboración: López Carlos - Morán Mario

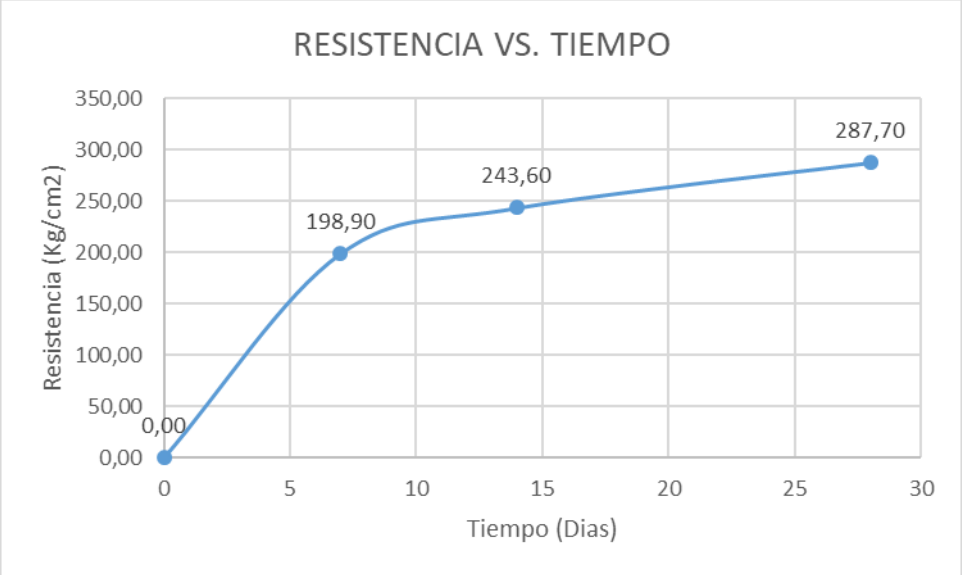


Ilustración 12: Curva De Resistencia A La Compresión Del canto rodado triturado en base al Diseño Patrón f´c = 280 Kg/cm²
Elaboración: López Carlos - Morán Mario

Para lutita (Material C)

Tabla 30: Resistencia A La Compresión De La Lutita en base al Diseño Patrón f´c = 210 Kg/cm²

EDAD (DIAS)	F`c (kg/cm2)	%F`c
0	0,00	0,00
7	196,10	93,38
14	216,80	103,24
28	240,00	114,29

Elaboración: López Carlos - Morán Mario

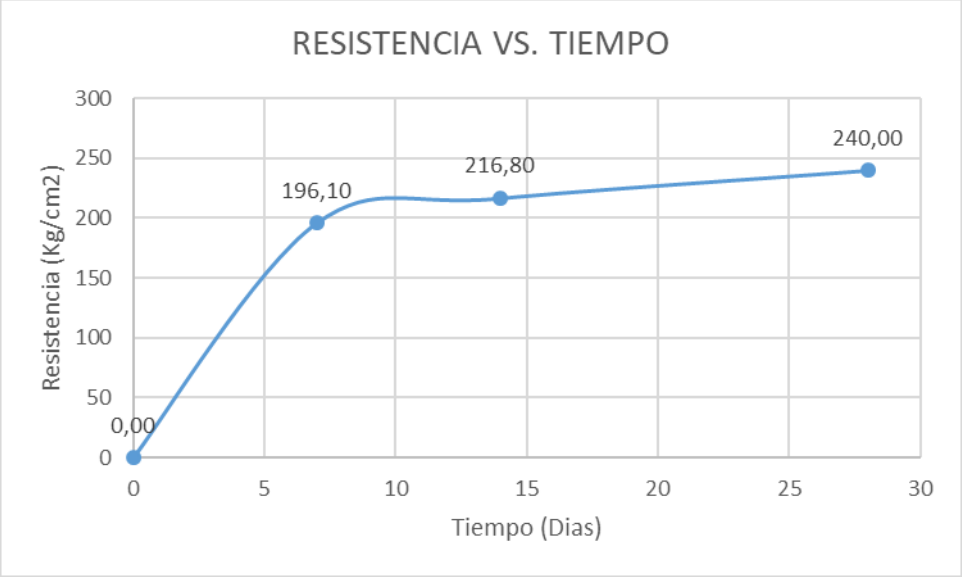


Ilustración 13: Curva De Resistencia A La Compresión De La Lutita en base al Diseño Patrón f´c = 210 Kg/cm²
Elaboración: López Carlos - Morán Mario

Tabla 31: Resistencia A La Compresión De La Lutita en base al Diseño Patrón f´c = 240 Kg/cm²

EDAD (DIAS)	F`c (kg/cm2)	%F`c
0	0,00	0,00
7	206,50	86,04
14	232,90	97,04
28	268,30	111,79

Elaboración: López Carlos - Morán Mario

Ilustración 14: Curva De Resistencia A La Compresión De La Lutita en base al Diseño Patrón f´c = 240 Kg/cm²
Elaboración: López Carlos - Morán Mario

Tabla 32: Resistencia A La Compresión De La Lutita en base al Diseño Patrón f´c = 280 Kg/cm²

EDAD (DIAS)	F`c (kg/cm2)	%F`c
0	0,00	0,00
7	220,70	78,82
14	263,30	94,04
28	298,00	106,43

Elaboración: López Carlos - Morán Mario

Ilustración 15: Curva De Resistencia A La Compresión De La Lutita en base al Diseño Patrón f´c = 280 Kg/cm²
Elaboración: López Carlos - Morán Mario

Para Caliza (Material D)

Tabla 33: Resistencia A La Compresión De La Caliza en base al Diseño Patrón f´c = 210 Kg/cm²

EDAD (DIAS)	F`c (kg/cm2)	%F`c
0	0,00	0,00
7	159,90	76,14
14	191,80	91,33
28	205,90	98,05

Elaboración: López Carlos - Morán Mario

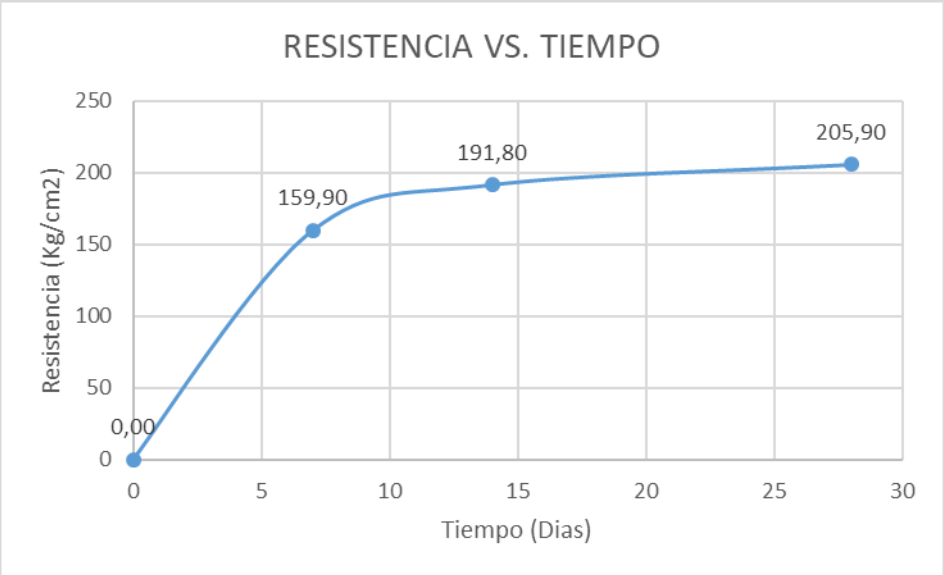


Ilustración 16: Curva De Resistencia A La Compresión De La Caliza en base al Diseño Patrón f´c = 210 Kg/cm²
Elaboración: López Carlos - Morán Mario

Tabla 34: Resistencia A La Compresión De La Caliza en base al Diseño Patrón f´c = 240 Kg/cm²

EDAD (DIAS)	F`c (kg/cm2)	%F`c
0	0,00	0,00
7	178,00	74,17
14	206,10	85,88
28	240,00	100,00

Elaboración: López Carlos - Morán Mario

Ilustración 17: Curva De Resistencia A La Compresión De La Caliza en base al Diseño Patrón f´c = 240 Kg/cm²
Elaboración: López Carlos - Morán Mario

Tabla 35: Resistencia A La Compresión De La Caliza en base al Diseño Patrón f´c = 280 Kg/cm²

EDAD (DIAS)	F`c (kg/cm2)	%F`c
0	0,00	0,00
7	221,60	79,14
14	248,70	88,82
28	281,00	100,36

Elaboración: López Carlos - Morán Mario

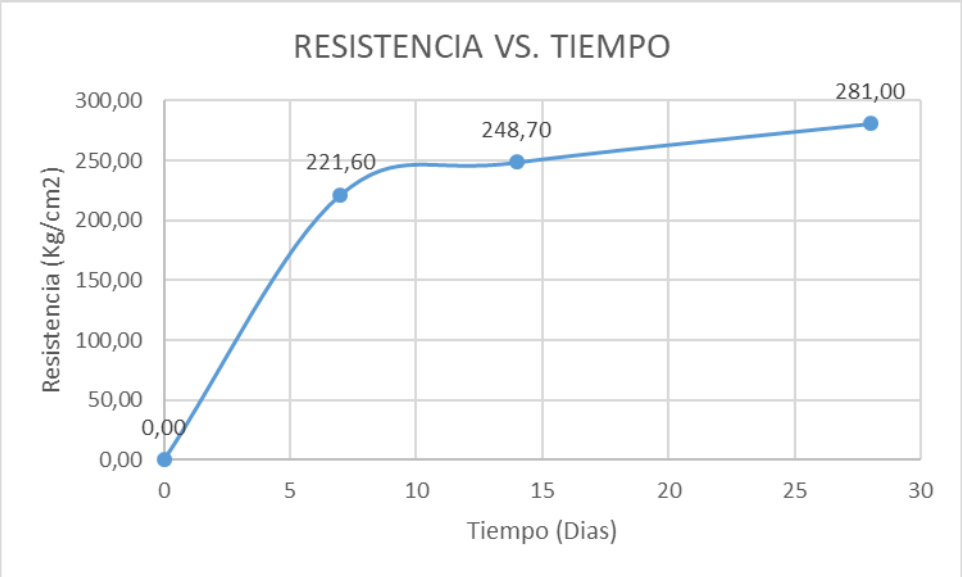


Ilustración 18: Curva De Resistencia A La Compresión De La Caliza en base al Diseño Patrón f´c = 280 Kg/cm²
Elaboración: López Carlos - Morán Mario

A continuación, se hace la comparativa para cada diseño y agregado

Tabla 36: Comparación De Resultados De Resistencia A La Compresión De Los Diferentes Agregados En Base Diseño Patrón f´c = 210 Kg/cm²

A/C =	0,60						F`C =	210,00
EDAD (Dias)	AgG - BASALTO		gG - CANTO RODADO TRI		AgG - LUTITA		AgG - CALIZA	
	F`c (kg/cm2)	%F`c	F`c (kg/cm2)	%F`c	F`c (kg/cm2)	%F`c	F`c (kg/cm2)	%F`c
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	158,60	75,52	138,20	65,81	196,10	93,38	159,90	76,14
14	194,30	92,52	177,50	84,52	216,80	103,24	191,80	91,33
28	213,00	101,43	215,00	102,38	**240,00**	**114,29**	205,90	98,05

Elaboración: López Carlos - Morán Mario

Tabla 37: Comparación De Resultados De Resistencia A La Compresión De Los Diferentes Agregados En Base Diseño Patrón f´c = 240 Kg/cm²

A/C =	0,56						F`C =	240,00
EDAD (Dias)	AgG - BASALTO		gG - CANTO RODADO TRI		AgG - LUTITA		AgG - CALIZA	
	F`c (kg/cm2)	%F`c	F`c (kg/cm2)	%F`c	F`c (kg/cm2)	%F`c	F`c (kg/cm2)	%F`c
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	184,70	76,96	165,00	68,75	206,50	86,04	178,00	74,17
14	217,10	90,46	188,70	78,63	232,90	97,04	206,10	85,88
28	244,10	101,71	246,80	102,83	**268,30**	111,79	240,00	100,00

Elaboración: López Carlos - Morán Mario

Tabla 38: Comparación De Resultados De Resistencia A La Compresión De Los Diferentes Agregados En Base Diseño Patrón f´c = 280 Kg/cm²

A/C =	0,447						F`C =	280,00
EDAD (Dias)	AgG - BASALTO		gG - CANTO RODADO TRI		AgG - LUTITA		AgG - CALIZA	
	F`c (kg/cm2)	%F`c	F`c (kg/cm2)	%F`c	F`c (kg/cm2)	%F`c	F`c (kg/cm2)	%F`c
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	218,60	78,07	198,90	71,04	220,70	78,82	221,60	79,14
14	254,60	90,93	243,60	87,00	263,30	94,04	248,70	88,82
28	286,60	102,36	287,70	102,75	**298,00**	106,43	281,00	100,36

Elaboración: López Carlos - Morán Mario

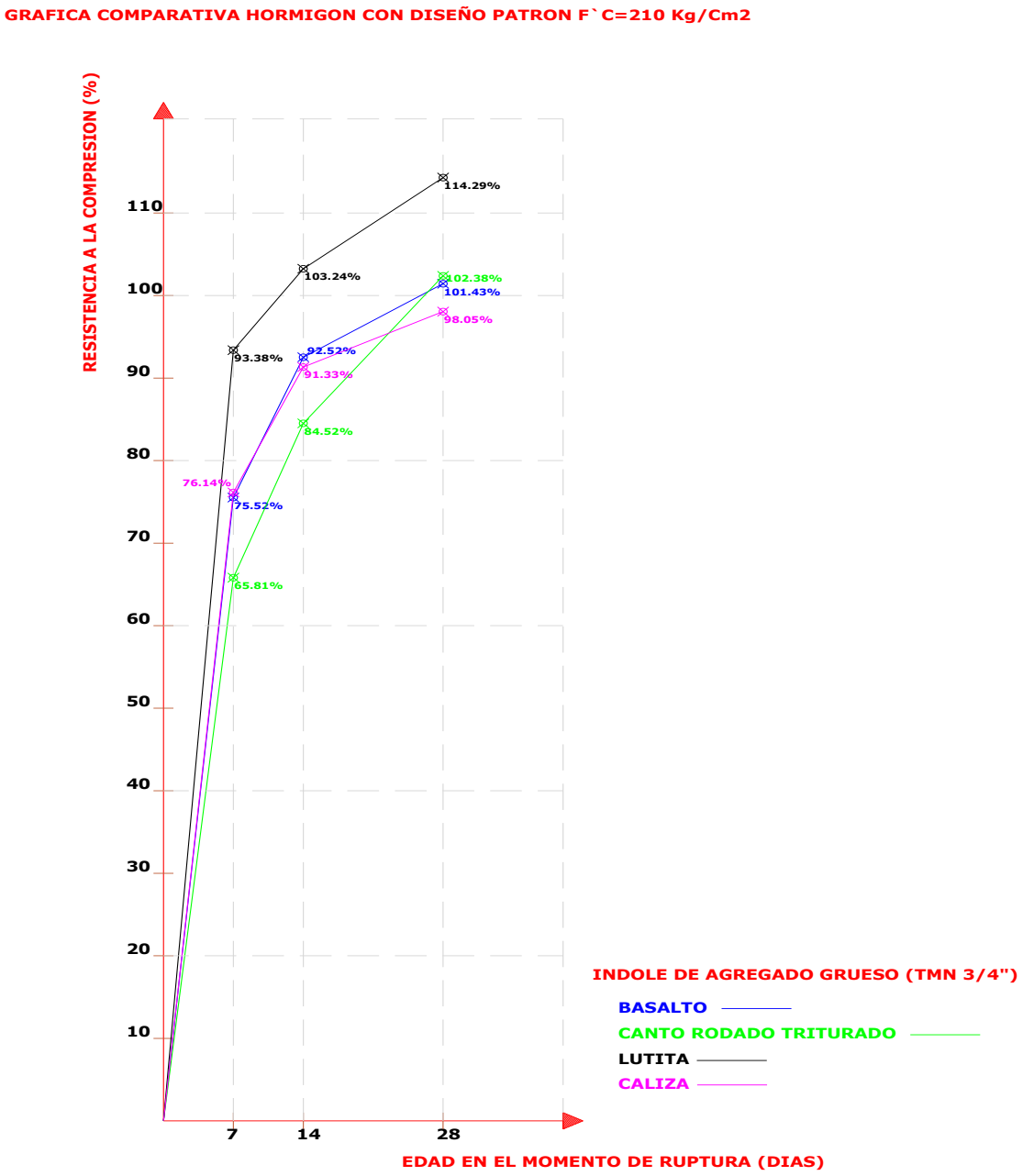


Ilustración 19: Curvas de Comparación De Resultados De Resistencia A La Compresión De Los Diferentes Agregados En Base Diseño Patrón f´c = 210 Kg/cm²
Elaboración: López Carlos - Morán Mario

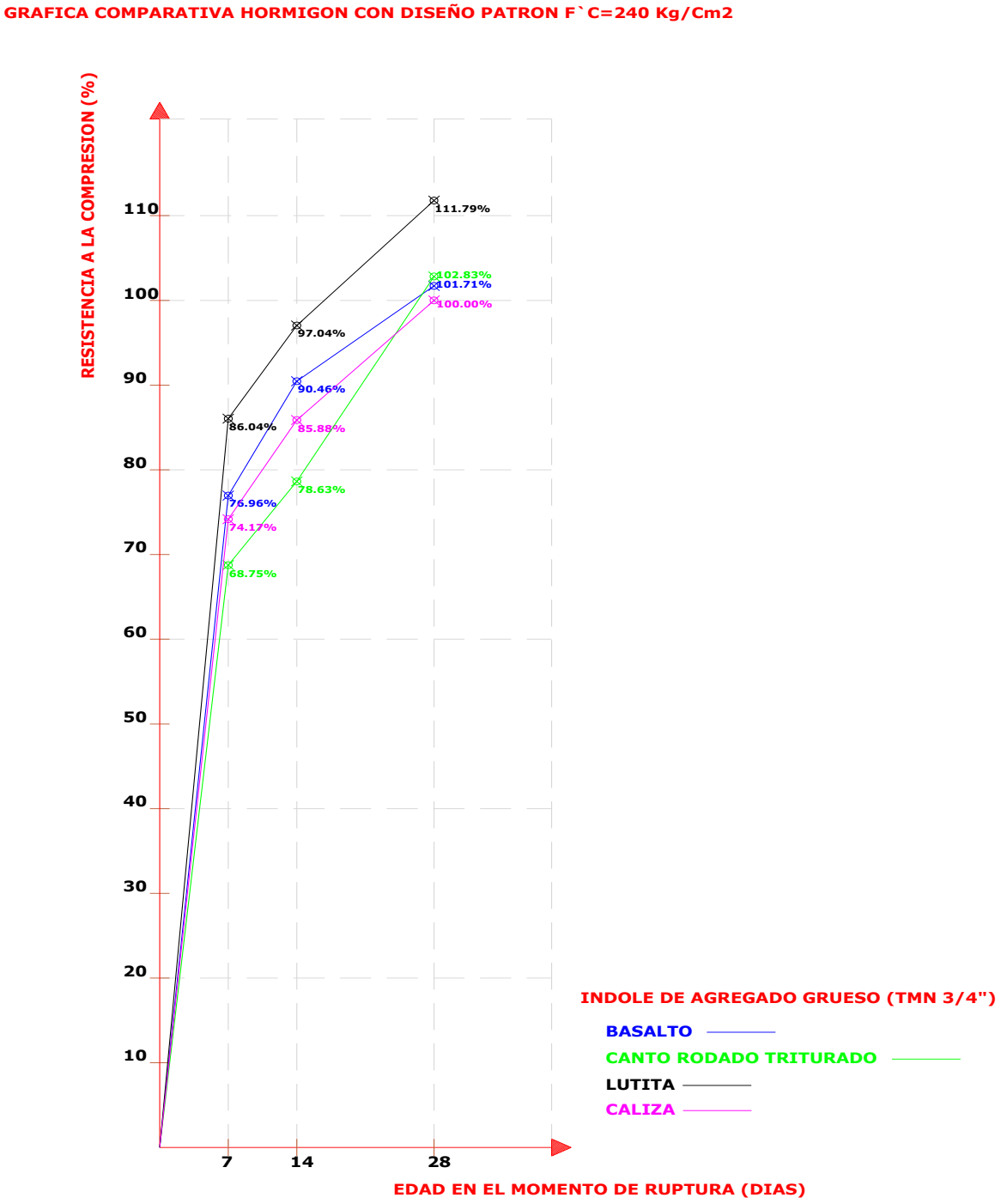


Ilustración 20: Curvas de Comparación De Resultados De Resistencia A La Compresión De Los Diferentes Agregados En Base Diseño Patrón f´c = 240 Kg/cm²
Elaboración: López Carlos - Morán Mario

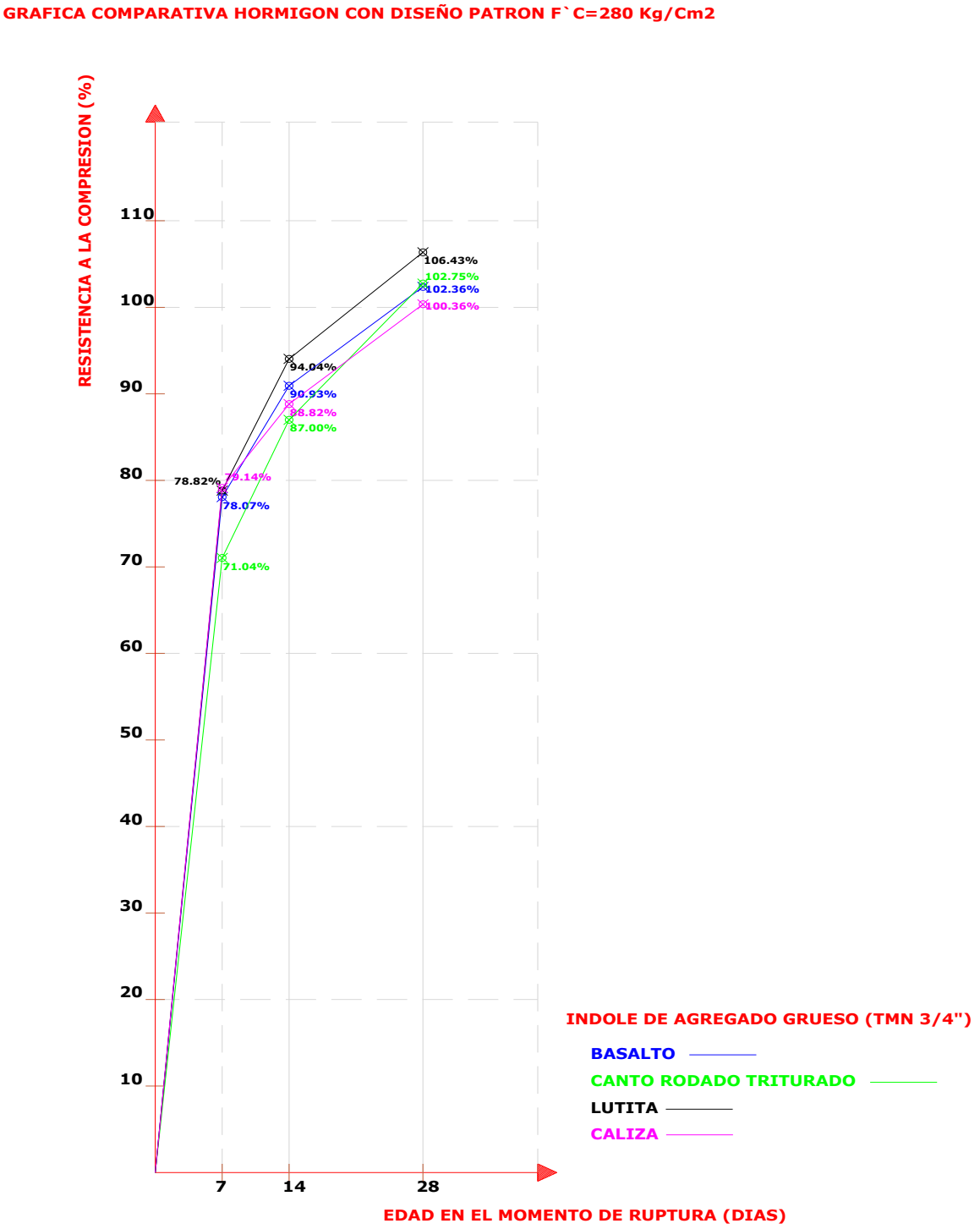


Ilustración 21: Curvas de Comparación De Resultados De Resistencia A La Compresión De Los Diferentes Agregados En Base Diseño Patrón f´c = 280 Kg/cm²
Elaboración: López Carlos - Morán Mario

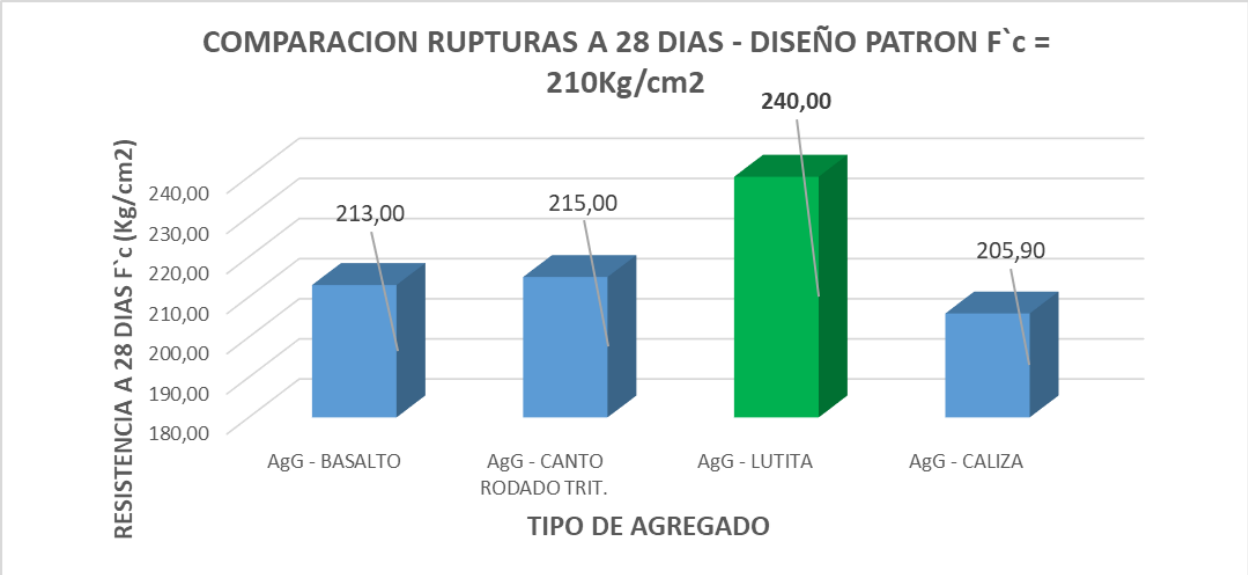


Ilustración 22: Comparación De Resultados De Resistencia A La Compresión De Los Diferentes Agregados En Base Diseño Patrón f´c = 210 Kg/cm²
Elaboración: López Carlos - Morán Mario

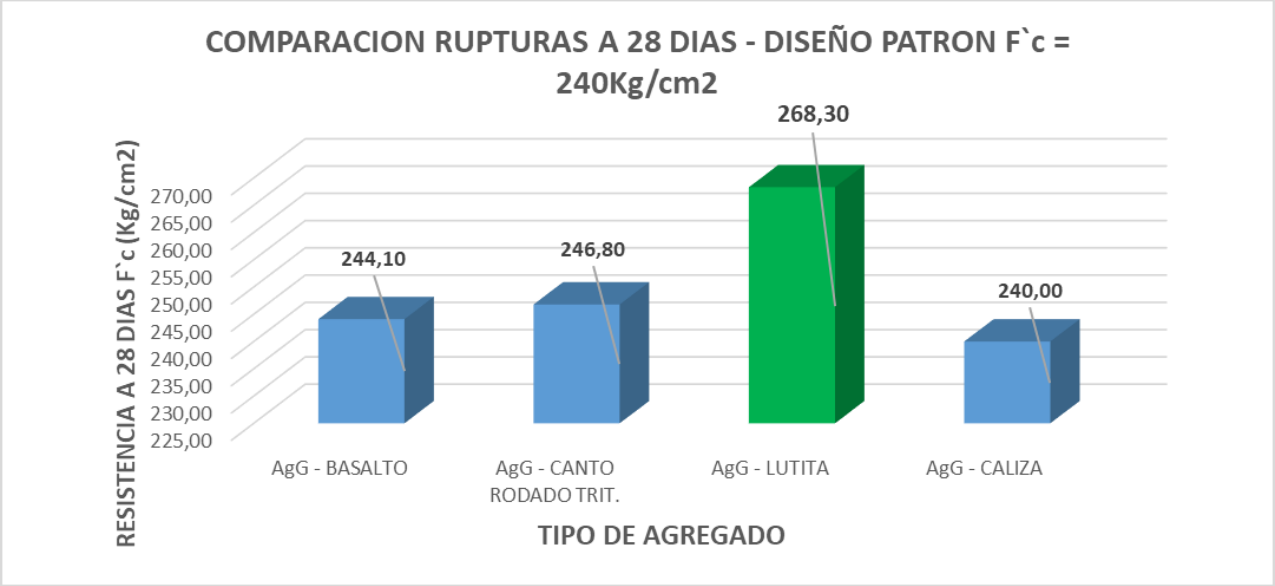


Ilustración 23: Comparación De Resultados De Resistencia A La Compresión De Los Diferentes Agregados En Base Diseño Patrón f´c = 240 Kg/cm²
Elaboración: López Carlos - Morán Mario

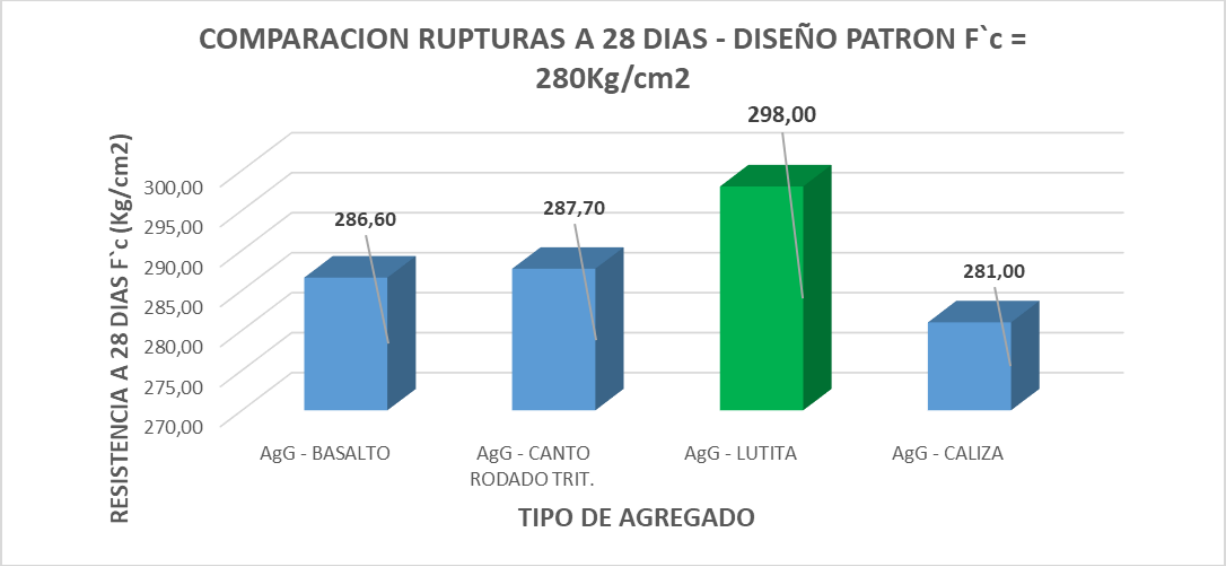


Ilustración 24: Comparación De Resultados De Resistencia A La Compresión De Los Diferentes Agregados En Base Diseño Patrón f´c = 280 Kg/cm²
Elaboración: López Carlos - Morán Mario

Con los resultados de las rupturas a los 28 días, respetando la dosificación en pesos y solo cambiando el tipo de agregado grueso, esto nos permitió presenciar que con las misma relación A/C los resultados a los 28 días de rupturas para cada tipo de agregado eran totalmente diferentes que con el agregado grueso basalto de la cantera santa rosa con el que fue realizado el diseño patrón, dejándonos en porcentaje de la resistencia de diseño en algunos caso sobre el 100% y en otros inferiores a ello.

4.2 Rediseño de Hormigón

4.2.1 Realización De Ensayos De Laboratorio Para Los Distintos Agregados Propuestos.

4.2.1.1 Granulometría De Los Materiales.

A continuación, se muestran las curvas granulométricas de los agregados propuestos para el estudio del rediseño.

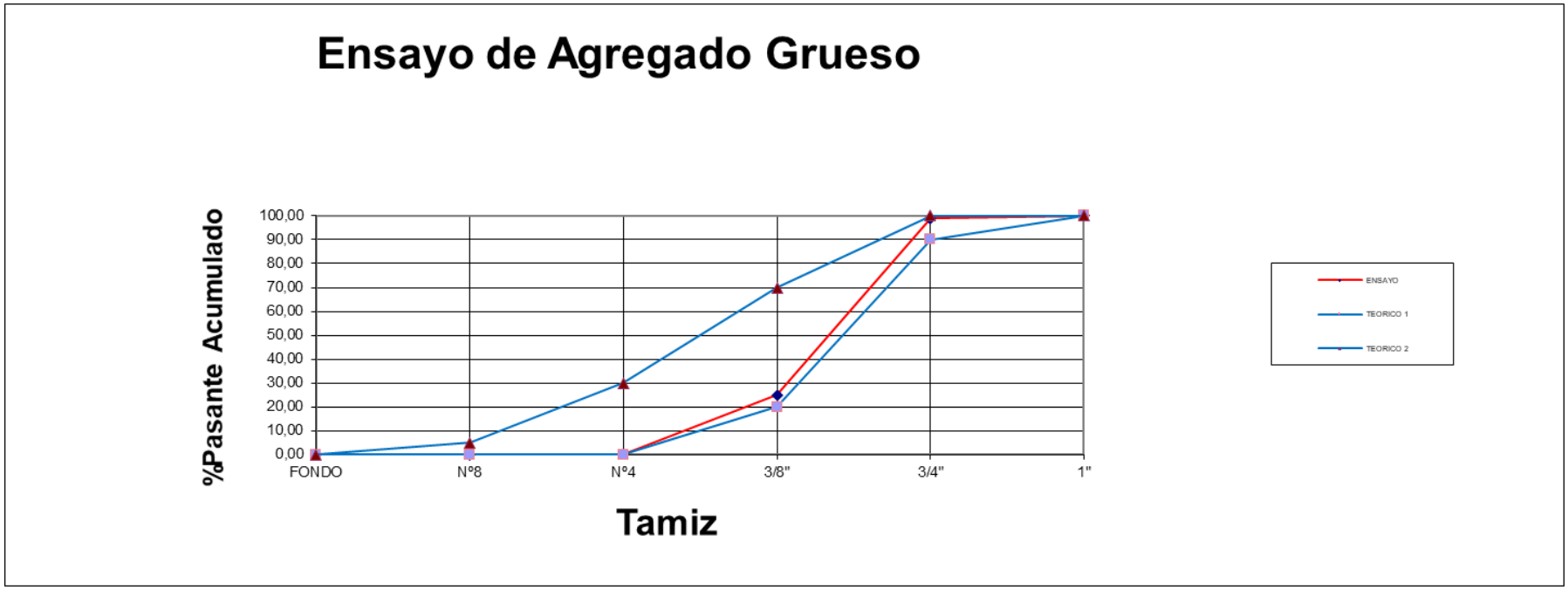


Ilustración 25: Curva Granulométrica Del Canto Rodado Triturado (Material B)
Elaboración: López Carlos - Morán Mario

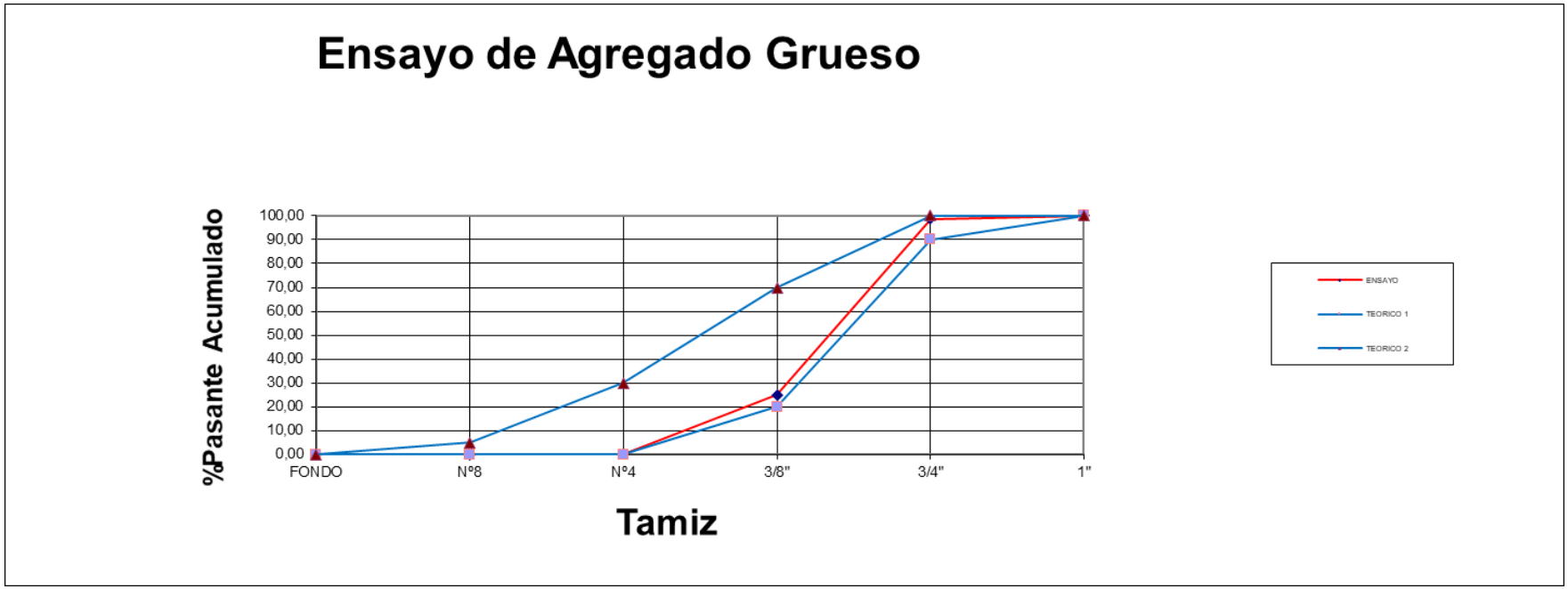


Ilustración 26: Curva Granulométrica De la Lutita (Material C)
Elaboración: López Carlos - Morán Mario

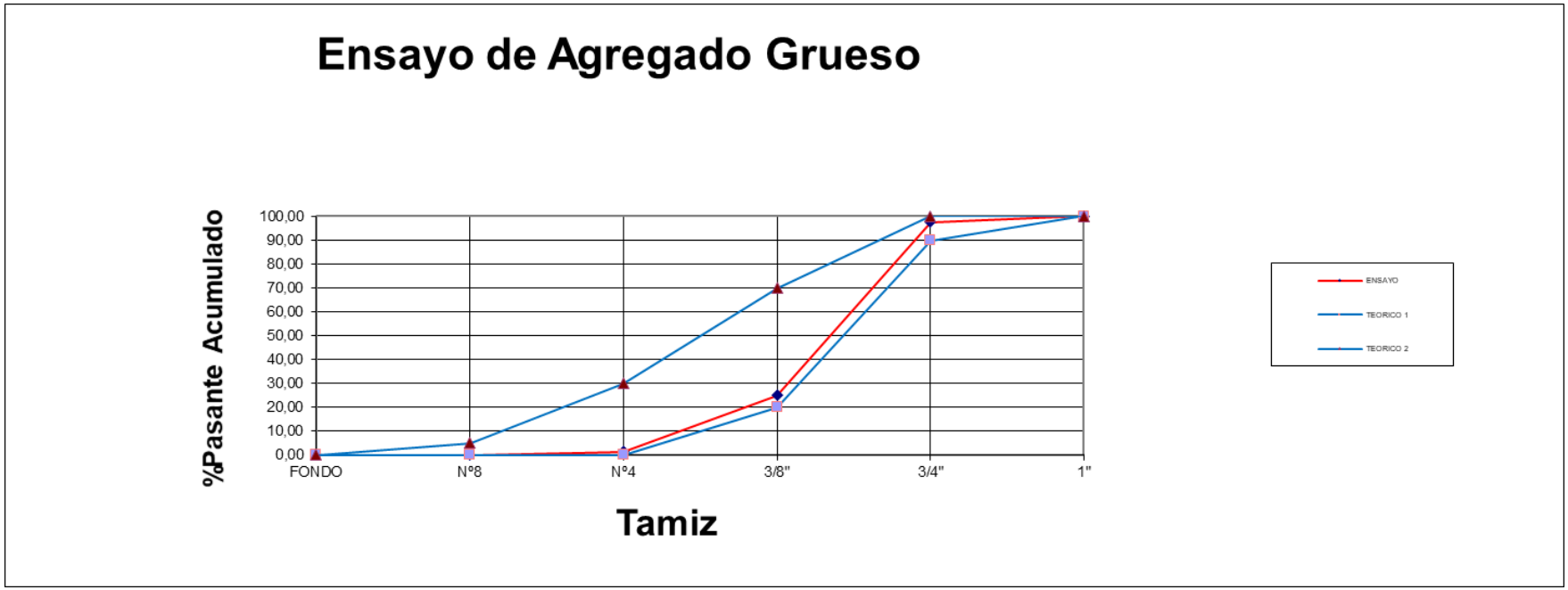


Ilustración 27: Curva Granulométrica De la Caliza (Material D)
Elaboración: López Carlos - Morán Mario

Como se puede apreciar en las gráficas los materiales propuestos cumplen con las especificaciones dadas en la norma ASTM C-33.

4.2.1.2 Masa Unitaria Y Porcentaje De Vacíos.

Los resultados son:

Para Canto Rodado Triturado P.V.S. 1592 kg/m³ y P.V.S. 1701 kg/m³

Para Lutita P.V.S. 1506 kg/m³ y P.V.S. 1578 kg/m³

Para Caliza P.V.S. 1518 kg/m³ y P.V.S. 1622 kg/m³

4.2.1.3 Densidad Y Absorción Del Agregado Grueso y Agregado Fino.

Los resultados son:

Para el Canto Rodado Triturado D.S.S.S. 2696 kg/m³ y una absorción del 1,52%

Para la Lutita D.S.S.S. 2541 kg/m³ y una absorción del 1,28%

Para la Caliza D.S.S.S. 2594 kg/m³ y una absorción del 1,92%

4.2.1.4 Contenido De Humedad De Los Agregados.

Los resultados son:

Para el Canto Rodado Triturado un contenido de humedad del 4,58%

Para la Lutita un contenido de humedad del 4,71%

Para la Caliza un contenido de humedad del 3,71%

4.2.1.5 Resistencia Al Desgaste Y Degradación Mediante Máquina De Los Ángeles Del Agregado Grueso.

Para el Canto Rodado Triturado se utilizó el método de gradación A dando un valor de desgaste del 21,85%.

Para la Lutita se utilizó el método de gradación B dando un valor de desgaste del 27,75%.

Para la Caliza se utilizó el método de gradación A dando un valor de desgaste del 28,33%.

Todos los valores obtenidos después del ensayo están por debajo del máximo desgaste permitido por la norma que equivale al 40%

4.2.1.6 Resistencia Al Desgaste Contra Sulfatos.

Los resultados son:

Para el Basalto un desgaste del 2,47%

Para la Lutita un desgaste del 14,86%

Para la Caliza un desgaste del 8,07%

El desgaste máximo que permite la norma es del 12%, cumpliendo solamente el canto rodado y la caliza, habiendo un pequeño sobrepaso del desgaste con respecto a la lutita.

4.2.2 Reajuste De Mezcla Del Diseño Patrón Para Cada Tipo De Agregado Grueso.

4.2.2.1 Reajuste De La Relación Agua/Cemento Y Cantidad De Cemento En La Mezcla Para Tipo De Agregado.

Analizando los resultados de las rupturas de los cilindros se pudo observar un incremento en ciertos especímenes en los cuales se realizó un reajuste en la proporción de la relación A/C, manteniendo la misma cantidad de agua en la mezcla.

Para variar esta proporción en la relación A/C hemos hecho una interpolación lineal basándonos en las resistencias alcanzadas a los 28 días por los especímenes de cada agregado haciendo un reajuste con la resistencia de diseño esperada, pudiendo reducir para algunos diseños la cantidad de cemento y hacer una mejor dosificación de los agregados.

Tabla 39: Reajuste de Relación Agua/Cemento Para f´c = 210 Kg/cm²

f´c (Kg/cm²) DISEÑO:		210		**RELACION A/C**	
MATERIAL		**f´c (Kg/cm²) OBTENIDO A LOS 28 DIAS**	**% DE RESISTENCIA**	**DISEÑO PATRON**	**REAJUSTE**
BASALTO	A	213	101,4	0,60	x
CANTO RODADO	B	215	102,4		0,614
LUTITA	C	240	114,3		0,685
CALIZA	D	205,9	98,0		0,588

Elaboración: López Carlos - Morán Mario

Tabla 40: Reajuste de Relación Agua/Cemento Para f´c = 240 Kg/cm²

f´c (Kg/cm²) DISEÑO:		240		**RELACION A/C**	
MATERIAL		**f´c (Kg/cm²) OBTENIDO A LOS 28 DIAS**	**% DE RESISTENCIA**	**DISEÑO PATRON**	**REAJUSTE**
BASALTO	A	244,1	101,7	0,56	x
CANTO RODADO	B	246,8	102,8		0,575
LUTITA	C	268,3	111,8		0,636
CALIZA	D	240	100,0		0,56

Elaboración: López Carlos - Morán Mario

Tabla 41: Reajuste de Relación Agua/Cemento Para f´c = 280 Kg/cm²

f´c (Kg/cm²) DISEÑO:		280		**RELACION A/C**	
MATERIAL		**f´c (Kg/cm²) OBTENIDO A LOS 28 DIAS**	**% DE RESISTENCIA**	**DISEÑO PATRON**	**REAJUSTE**
BASALTO	A	286,6	102,4	0,45	x
CANTO RODADO	B	287,7	102,8		0,459
LUTITA	C	298	106,4		0,475
CALIZA	D	281	100,4		0,448

Elaboración: López Carlos - Morán Mario

Siguiendo la metodología ACI 211.1 utilizando la Ecuacion 3.2 se calcula la cantidad de cemento en base a la nueva relación agua/cemento obtenidas de las interpolaciones manteniendo la misma cantidad de agua en los diseños.

$$C = \frac{A}{\frac{A}{C}} \qquad (\boldsymbol{Ecuacion\ 3.2})$$

Tabla 42: Cantidad De Cemento en Reajuste de Mezclas Para f´c = 210 Kg/cm²

f´c (Kg/cm²) DISEÑO:		210			
MATERIAL		**AGUA**	**A/C REAJUSTADO**	**CEMENTO (DISEÑO PATRON)**	**CEMENTO REAJUSTADO**
		Kg.		Kg.	Kg.
CANTO RODADO	B	195	0,614	325	317,59
LUTITA	C		0,685		284,67
CALIZA	D		0,588		331,63

Elaboración: López Carlos - Morán Mario

Tabla 43: Cantidad De Cemento en Reajuste de Mezclas Para f´c = 240 Kg/cm²

f´c (Kg/cm²) DISEÑO:		240			
MATERIAL		**AGUA**	**A/C REAJUSTADO**	**CEMENTO (DISEÑO PATRON)**	**CEMENTO REAJUSTADO**
		Kg.		Kg.	Kg.
CANTO RODADO	B	200	0,575	357,1	347,83
LUTITA	C		0,636		314,47
CALIZA	D		0,56		357,14

Elaboración: López Carlos - Morán Mario

Tabla 44: Cantidad De Cemento en Reajuste de Mezclas Para f´c = 280 Kg/cm²

f´c (Kg/cm²) DISEÑO:		280			
MATERIAL		**AGUA**	**A/C REAJUSTADO**	**CEMENTO (DISEÑO PATRON)**	**CEMENTO REAJUSTADO**
		Kg.		Kg.	Kg.
CANTO RODADO	B	170	0,459	380,3	370,37
LUTITA	C		0,475		357,89
CALIZA	D		0,448		379,46

Elaboración: López Carlos - Morán Mario

Se puede observar una reducción significativa en las cantidades de cemento haciendo el debido reajuste en la mayoría de los diseños.

Como siguiente paso se procede al cálculo de las cantidades de agregado grueso y fino para cada agregado con los resultados de los ensayos de laboratorio con las siguientes ecuaciones enunciadas anteriormente.

$$Vag = \frac{P.V.V.x\ V.A.G.C.}{D.S.S.S.} \qquad (\boldsymbol{Ecuacion\ 3.3})$$

$$Vaf = \gamma w - (Vc + Vw + Vag + Va) \qquad (\boldsymbol{Ecuacion\ 3.7})$$

Los diseños para cada agregado siguiendo la metodología quedan de la siguiente manera:

Para Canto Rodado Triturado (Material B)

Tabla 45: Cartilla De Diseño de Canto Rodado Triturado para f´c = 210 Kg/cm²

REAJUSTE DISEÑO AgG CANTO RODADO TRITURADO - DATOS DE LABORATORIO

AGREGADO GRUESO CANTO RODADO TRITURADO

PESO VOL. SUELTO (Kg/m3)	PESO VOL. VARILLADO (Kg/m3)	DEN.SAT.SUP.SECA (Kg/m3)	ABSORCION %	TAM.MAX.NOM(mm.)	FUENTE DE MATERIAL
1592,00	1701,00	2696,00	1,52	19,00	**C.R.T - RIO CHIMBO**

AGREGADO FINO

PESO VOL. SUELTO (Kg/m3)	DEN.SAT.SUP.SECA (Kg/m3)	ABSORCION %	Modulo de Finura	FUENTE DE MATERIAL
1427,00	2585,00	2,04	2,92	Arena de rio - San Carlos

REQUERIMIENTOS TECNICOS

Revenimiento	**5-10 cm.**	Contenido de aire (%)	**1,50**
Resistencia especifica F`c	**210 Kg/cm2**	Cantidad de agua (LTS.)	**195,00**
Resistencia requerida F`cr	294 Kg/cm2	Cantidad de cemento (Kg.)	317,59
Factor de modulo de finura	**0,56**	Rel Agua/cemento (A/C)	**0,614**
		Densidad del cemento (Kg/m3)	3150,00

VOLUMEN PARA 1m3 DE HORMIGON		
AGUA	0,1950	m3
CEMENTO	0,1008	m3
AIRE	0,0150	m3
PIEDRA	0,3533	m3
VOL. TOTAL	**0,6641**	m3
ARENA	0,3359	m3

PESO EN Kg. PARA 1m3 DE HORMIGON		
AGUA	195,00	Kg.
CEMENTO	317,59	Kg.
PIEDRA	952,56	Kg.
ARENA	868,18	Kg.
PESO TOTAL	**2333,33**	Kg.

PESO VOLUMETRICO DEL HORMIGON		
AGUA	195,00	Kg/m3
CEMENTO	317,59	Kg/m3
PIEDRA	967,04	Kg/m3
ARENA	885,89	Kg/m3
PESO TOTAL	**2365,52**	Kg/m3

Elaboración: López Carlos - Morán Mario

Tabla 46: Cartilla De Diseño de Canto Rodado Triturado para f´c = 240 Kg/cm²

REAJUSTE DISEÑO AgG CANTO RODADO TRITURADO - DATOS DE LABORATORIO					
AGREGADO GRUESO CANTO RODADO TRITURADO					
PESO VOL. SUELTO (Kg/m3)	**PESO VOL. VARILLADO (Kg/m3)**	**DEN.SAT.SUP.SECA (Kg/m3)**	**ABSORCION %**	**TAM.MAX.NOM(mm.)**	**FUENTE DE MATERIAL**
1592,00	1701,00	2696,00	1,52	19,00	**C.R.T - RIO CHIMBO**
AGREGADO FINO					
PESO VOL. SUELTO (Kg/m3)	**DEN.SAT.SUP.SECA (Kg/m3)**		**ABSORCION %**	**Modulo de Finura**	**FUENTE DE MATERIAL**
1427,00	2585,00		2,04	2,92	Arena de rio - San Carlos

REQUERIMIENTOS TECNICOS			
Revenimiento	**5-10 cm.**	Contenido de aire (%)	**2,00**
Resistencia especifica F`c	**240 Kg/cm2**	Cantidad de agua (LTS.)	**200,00**
Resistencia requerida F`cr	324 Kg/cm2	Cantidad de cemento (Kg.)	347,83
Factor de modulo de finura	**0,56**	Rel Agua/cemento (A/C)	**0,575**
		Densidad del cemento (Kg/m3)	3150,00

VOLUMEN PARA 1m3 DE HORMIGON			PESO EN Kg. PARA 1m3 DE HORMIGON		
AGUA	0,2000	m3	AGUA	200,00	Kg.
CEMENTO	0,1104	m3	CEMENTO	347,83	Kg.
AIRE	0,0200	m3	PIEDRA	952,56	Kg.
PIEDRA	0,3533	m3	ARENA	817,52	Kg.
VOL. TOTAL	**0,6837**	m3	PESO TOTAL	**2317,91**	Kg.
ARENA	0,3163	m3			

PESO VOLUMETRICO DEL HORMIGON		
AGUA	200,00	Kg/m3
CEMENTO	347,83	Kg/m3
PIEDRA	967,04	Kg/m3
ARENA	834,20	Kg/m3
PESO TOTAL	**2349,06**	Kg/m3

Elaboración: López Carlos - Morán Mario

Tabla 47: Cartilla De Diseño de Canto Rodado Triturado para f´c = 280 Kg/cm²

REAJUSTE DISEÑO AgG CANTO RODADO TRITURADO - DATOS DE LABORATORIO									
AGREGADO GRUESO CANTO RODADO TRITURADO									
PESO VOL. SUELTO (Kg/m3)	**PESO VOL. VARILLADO (Kg/m3)**	**DEN.SAT.SUP.SECA (Kg/m3)**	**ABSORCION %**	**TAM.MAX.NOM(mm.)**	**FUENTE DE MATERIAL**				
1592,00	1701,00	2696,00	1,52	19,00	**C.R.T - RIO CHIMBO**				
AGREGADO FINO									
PESO VOL. SUELTO (Kg/m3)	**DEN.SAT.SUP.SECA (Kg/m3)**		**ABSORCION %**	**Modulo de Finura**	**FUENTE DE MATERIAL**				
1427,00	2585,00		2,04	2,92	Arena de rio - San Carlos				
REQUERIMIENTOS TECNICOS									
Revenimiento		**5-10 cm.**		Contenido de aire (%)		**2,00**			
Resistencia especifica F`c		**280 Kg/cm2**		Cantidad de agua (LTS.)		**170,00**			
Resistencia requerida F`cr		364 Kg/cm2		Cantidad de cemento (Kg.)		370,37			
Factor de modulo de finura		**0,56**		Rel Agua/cemento (A/C)		**0,459**			
				Densidad del cemento (Kg/m3)		3150,00			
VOLUMEN PARA 1m3 DE HORMIGON				**PESO EN Kg. PARA 1m3 DE HORMIGON**					
AGUA	0,1700	m3		AGUA	170,00	Kg.			
CEMENTO	0,1176	m3		CEMENTO	370,37	Kg.			
AIRE	0,0200	m3		PIEDRA	952,56	Kg.			
PIEDRA	0,3533	m3		ARENA	876,57	Kg.			
VOL. TOTAL	**0,6609**	m3		PESO TOTAL	**2376,17**	Kg.			
ARENA	0,3391	m3		Plast. 200-R (0.8%)	2,96	Kg.			
				Sikament 115 (10%)	3,70	Kg.			
		PESO VOLUMETRICO DEL HORMIGON							
		AGUA	170,00	Kg/m3					
		CEMENTO	370,37	Kg/m3					
		PIEDRA	967,04	Kg/m3					
		ARENA	894,45	Kg/m3					
		PESO TOTAL	**2401,86**	Kg/m3					

Elaboración: López Carlos - Morán Mario

Para lutita (Material C)

Tabla 48: Cartilla De Diseño de Lutita para f´c = 210 Kg/cm²

REAJUSTE DISEÑO AgG LUTITA - DATOS DE LABORATORIO					
AGREGADO GRUESO LUTITA					
PESO VOL. SUELTO (Kg/m3)	**PESO VOL. VARILLADO (Kg/m3)**	**DEN.SAT.SUP.SECA (Kg/m3)**	**ABSORCION %**	**TAM.MAX.NOM(mm.)**	**FUENTE DE MATERIAL**
1506,00	1578,00	2541,00	1,28	19,00	**LUTITA - Cant. Cerro Grande**
AGREGADO FINO					
PESO VOL. SUELTO (Kg/m3)	**DEN.SAT.SUP.SECA (Kg/m3)**		**ABSORCION %**	**Modulo de Finura**	**FUENTE DE MATERIAL**
1427,00	2585,00		2,04	2,92	Arena de rio - San Carlos
REQUERIMIENTOS TECNICOS					
Revenimiento	**5-10 cm.**		Contenido de aire (%)	**1,50**	
Resistencia especifica F`c	**210 Kg/cm2**		Cantidad de agua (LTS.)	**195,00**	
Resistencia requerida F`cr	294 Kg/cm2		Cantidad de cemento (Kg.)	284,67	
Factor de modulo de finura	**0,56**		Rel Agua/cemento (A/C)	**0,685**	
			Densidad del cemento (Kg/m3)	3150,00	
VOLUMEN PARA 1m3 DE HORMIGON			**PESO EN Kg. PARA 1m3 DE HORMIGON**		
AGUA	0,1950	m3	AGUA	195,00	Kg.
CEMENTO	0,0904	m3	CEMENTO	284,67	Kg.
AIRE	0,0150	m3	PIEDRA	883,68	Kg.
PIEDRA	0,3478	m3	ARENA	909,56	Kg.
VOL. TOTAL	**0,6481**	m3	PESO TOTAL	**2272,91**	Kg.
ARENA	0,3519	m3			
PESO VOLUMETRICO DEL HORMIGON					
AGUA	195,00	Kg/m3			
CEMENTO	284,67	Kg/m3			
PIEDRA	894,99	Kg/m3			
ARENA	928,11	Kg/m3			
PESO TOTAL	**2302,77**	Kg/m3			

Elaboración: López Carlos - Morán Mario

Tabla 49: Cartilla De Diseño de Lutita para f´c = 240 Kg/cm²

REAJUSTE DISEÑO AgG LUTITA - DATOS DE LABORATORIO

AGREGADO GRUESO LUTITA

PESO VOL. SUELTO (Kg/m3)	PESO VOL. VARILLADO (Kg/m3)	DEN.SAT.SUP.SECA (Kg/m3)	ABSORCION %	TAM.MAX.NOM(mm.)	FUENTE DE MATERIAL
1506,00	1578,00	2541,00	1,28	19,00	LUTITA - Cant. Cerro Grande

AGREGADO FINO

PESO VOL. SUELTO (Kg/m3)	DEN.SAT.SUP.SECA (Kg/m3)	ABSORCION %	Modulo de Finura	FUENTE DE MATERIAL
1427,00	2585,00	2,04	2,92	Arena de rio - San Carlos

REQUERIMIENTOS TECNICOS

Revenimiento	5-10 cm.	Contenido de aire (%)	2,00
Resistencia especifica F`c	240 Kg/cm2	Cantidad de agua (LTS.)	200,00
Resistencia requerida F`cr	324 Kg/cm2	Cantidad de cemento (Kg.)	314,47
Factor de modulo de finura	0,56	Rel Agua/cemento (A/C)	0,636
		Densidad del cemento (Kg/m3)	3150,00

VOLUMEN PARA 1m3 DE HORMIGON

AGUA	0,2000	m3
CEMENTO	0,0998	m3
AIRE	0,0200	m3
PIEDRA	0,3478	m3
VOL. TOTAL	**0,6676**	m3
ARENA	0,3324	m3

PESO EN Kg. PARA 1m3 DE HORMIGON

AGUA	200,00	Kg.
CEMENTO	314,47	Kg.
PIEDRA	883,68	Kg.
ARENA	859,26	Kg.
PESO TOTAL	**2257,40**	Kg.

PESO VOLUMETRICO DEL HORMIGON

AGUA	200,00	Kg/m3
CEMENTO	314,47	Kg/m3
PIEDRA	894,99	Kg/m3
ARENA	876,79	Kg/m3
PESO TOTAL	**2286,24**	Kg/m3

Elaboración: López Carlos - Morán Mario

Tabla 50: Cartilla De Diseño de Lutita para f´c = 280 Kg/cm²

REAJUSTE DISEÑO AgG LUTITA - DATOS DE LABORATORIO

AGREGADO GRUESO LUTITA

PESO VOL. SUELTO (Kg/m3)	PESO VOL. VARILLADO (Kg/m3)	DEN.SAT.SUP. SECA (Kg/m3)	ABSORCION %	TAM.MAX.NOM(mm.)	FUENTE DE MATERIAL
1506,00	1578,00	2541,00	1,28	19,00	LUTITA - Cant. Cerro Grande

AGREGADO FINO

PESO VOL. SUELTO (Kg/m3)	DEN.SAT.SUP.SECA (Kg/m3)	ABSORCION %	Modulo de Finura	FUENTE DE MATERIAL
1427,00	2585,00	2,04	2,92	Arena de rio - San Carlos

REQUERIMIENTOS TECNICOS

Revenimiento	5-10 cm.	Contenido de aire (%)	2,00
Resistencia especifica F`c	280 Kg/cm2	Cantidad de agua (LTS.)	170,00
Resistencia requerida F`cr	364 Kg/cm2	Cantidad de cemento (Kg.)	357,89
Factor de modulo de finura	0,56	Rel Agua/cemento (A/C)	0,475
		Densidad del cemento (Kg/m3)	3150,00

VOLUMEN PARA 1m3 DE HORMIGON			PESO EN Kg. PARA 1m3 DE HORMIGON		
AGUA	0,1700	m3	AGUA	170,00	Kg.
CEMENTO	0,1136	m3	CEMENTO	357,89	Kg.
AIRE	0,0200	m3	PIEDRA	883,68	Kg.
PIEDRA	0,3478	m3	ARENA	901,17	Kg.
VOL. TOTAL	**0,6514**	m3	PESO TOTAL	**2319,18**	Kg.
ARENA	0,3486	m3	Plast. 200-R (0.8%)	2,86	Kg.
			Sikament 115 (1.0%)	3,58	Kg.

ESO VOLUMETRICO DEL HORMIGO		
AGUA	170,00	Kg/m3
CEMENTO	357,89	Kg/m3
PIEDRA	894,99	Kg/m3
ARENA	919,55	Kg/m3
PESO TOT	**2342,44**	Kg/m3

Elaboración: López Carlos - Morán Mario

Para Caliza (Material D)

Tabla 51: Cartilla De Diseño de Caliza para f´c = 210 Kg/cm²

REAJUSTE DISEÑO AgG CALIZA - DATOS DE LABORATORIO					
AGREGADO GRUESO CALIZA					
PESO VOL. SUELTO (Kg/m3)	PESO VOL. VARILLADO (Kg/m3)	DEN.SAT.SUP.SECA (Kg/m3)	ABSORCION %	TAM.MAX.NOM (mm.)	FUENTE DE MATERIAL
1518,00	1622,00	2594,00	1,92	19,00	**CALIZA - Cant. Huayco**
AGREGADO FINO					
PESO VOL. SUELTO (Kg/m3)	DEN.SAT.SUP.SECA (Kg/m3)		ABSORCION %	Modulo de Finura	FUENTE DE MATERIAL
1427,00	2585,00		2,04	2,92	Arena de rio - San Carlos

REQUERIMIENTOS TECNICOS			
Revenimiento	**5-10 cm.**	Contenido de aire (%)	**1,50**
Resistencia especifica F`c	**210 Kg/cm2**	Cantidad de agua (LTS.)	**195,00**
Resistencia requerida F`cr	294 Kg/cm2	Cantidad de cemento (Kg.)	331,63
Factor de modulo de finura	**0,56**	Rel Agua/cemento (A/C)	**0,588**
		Densidad del cemento (Kg/m3)	3150,00

VOLUMEN PARA 1m3 DE HORMIGON			PESO EN Kg. PARA 1m3 DE HORMIGO		
AGUA	0,1950	m3	AGUA	195,00	Kg.
CEMENTO	0,1053	m3	CEMENTO	331,63	Kg.
AIRE	0,0150	m3	PIEDRA	908,32	Kg.
PIEDRA	0,3502	m3	ARENA	864,83	Kg.
VOL. TOTAL	**0,6654**	m3	PESO TOTAL	**2299,78**	Kg.
ARENA	0,3346	m3			

PESO VOLUMETRICO DEL HORMIGO		
AGUA	195,00	Kg/m3
CEMENTO	331,63	Kg/m3
PIEDRA	925,76	Kg/m3
ARENA	882,47	Kg/m3
PESO TOTAL	**2334,87**	Kg/m3

Elaboración: López Carlos - Morán Mario

Tabla 52: Cartilla De Diseño de Caliza para f´c = 240 Kg/cm²

REAJUSTE DISEÑO AgG CALIZA - DATOS DE LABORATORIO

AGREGADO GRUESO CALIZA

PESO VOL. SUELTO (Kg/m3)	PESO VOL. VARILLADO (Kg/m3)	DEN.SAT.SUP.SECA (Kg/m3)	ABSORCION %	TAM.MAX.NOM(mm.)	FUENTE DE MATERIAL
1518,00	1622,00	2594,00	1,92	19,00	**CALIZA - Cant. Huayco**

AGREGADO FINO

PESO VOL. SUELTO (Kg/m3)	DEN.SAT.SUP.SECA (Kg/m3)	ABSORCION %	Modulo de Finura	FUENTE DE MATERIAL
1427,00	2585,00	2,04	2,92	Arena de rio - San Carlos

REQUERIMIENTOS TECNICOS

Revenimiento	**5-10 cm.**	Contenido de aire (%)	**2,00**
Resistencia especifica F`c	**240 Kg/cm2**	Cantidad de agua (LTS.)	**200,00**
Resistencia requerida F`cr	324 Kg/cm2	Cantidad de cemento (Kg.)	357,14
Factor de modulo de finura	**0,56**	Rel Agua/cemento (A/C)	**0,560**
		Densidad del cemento (Kg/m3)	3150,00

VOLUMEN PARA 1m3 DE HORMIGON

AGUA	0,2000	m3
CEMENTO	0,1134	m3
AIRE	0,0200	m3
PIEDRA	0,3502	m3
VOL. TOTAL	**0,6835**	m3
ARENA	0,3165	m3

PESO EN Kg. PARA 1m3 DE HORMIGON

AGUA	200,00	Kg.
CEMENTO	357,14	Kg.
PIEDRA	908,32	Kg.
ARENA	818,05	Kg.
PESO TOTAL	**2283,51**	Kg.

PESO VOLUMETRICO DEL HORMIGON

AGUA	200,00	Kg/m3
CEMENTO	357,14	Kg/m3
PIEDRA	925,76	Kg/m3
ARENA	834,74	Kg/m3
PESO TOTAL	**2317,64**	Kg/m3

Elaboración: López Carlos - Morán Mario

Tabla 53: Cartilla De Diseño de Caliza para f´c = 280 Kg/cm²

REAJUSTE DISEÑO AgG CALIZA - DATOS DE LABORATORIO					
AGREGADO GRUESO CALIZA					
PESO VOL. SUELTO (Kg/m3)	**PESO VOL. VARILLADO (Kg/m3)**	**DEN.SAT.SUP.SECA (Kg/m3)**	**ABSORCION %**	**TAM.MAX.NOM(mm.)**	**FUENTE DE MATERIAL**
1518,00	1622,00	2594,00	1,92	19,00	**CALIZA - Cant. Huayco**
AGREGADO FINO					
PESO VOL. SUELTO (Kg/m3)	**DEN.SAT.SUP.SECA (Kg/m3)**		**ABSORCION %**	**Modulo de Finura**	**FUENTE DE MATERIAL**
1427,00	2585,00		2,04	2,92	Arena de rio - San Carlos

REQUERIMIENTOS TECNICOS			
Revenimiento	5-10 cm.	Contenido de aire (%)	2,00
Resistencia especifica F`c	280 Kg/cm2	Cantidad de agua (LTS.)	170,00
Resistencia requerida F`cr	364 Kg/cm2	Cantidad de cemento (Kg.)	379,46
Factor de modulo de finura	0,56	Rel Agua/cemento (A/C)	0,448
		Densidad del cemento (Kg/m3)	3150,00

VOLUMEN PARA 1m3 DE HORMIGON			ESO EN Kg. PARA 1m3 DE HORMIGO		
AGUA	0,1700	m3	AGUA	170,00	Kg.
CEMENTO	0,1205	m3	CEMENTO	379,46	Kg.
AIRE	0,0200	m3	PIEDRA	908,32	Kg.
PIEDRA	0,3502	m3	ARENA	877,28	Kg.
VOL. TOTAL	**0,6606**	m3	PESO TOTAL	**2341,89**	Kg.
ARENA	0,3394	m3	Plast. 200-R (0.8%)	3,04	Kg.
			Sikament 115 (10%)	3,79	Kg.

PESO VOLUMETRICO DEL HORMIGON		
AGUA	170,00	Kg/m3
CEMENTO	379,46	Kg/m3
PIEDRA	925,76	Kg/m3
ARENA	895,18	Kg/m3
PESO TOTAL	**2370,40**	Kg/m3

Elaboración: López Carlos - Morán Mario

4.2.2.2 Análisis y comparación de resultados de las resistencias obtenidas a los 28 días para cada tipo de agregado en base al reajuste de diseño.

Se repite la metodología empleada al principio elaborando los especímenes para cada agregado y diseño, para después de 24 horas sumergirlos en la piscina de curado hasta la edad necesaria para las diferentes rupturas.

Los resultados de las rupturas fueron las siguientes:

Para Canto Rodado Triturado (Material B):

Tabla 54: Resistencia A La Compresión Del Reajuste De Diseño Para Canto Rodado Triturado f´c = 210 kg/cm²

EDAD (DIAS)	F`c (kg/cm2)	%F`c
0	0,00	0,00
7	166,30	79,19
14	202,00	96,19
28	219,60	104,57

Elaboración: López Carlos - Morán Mario

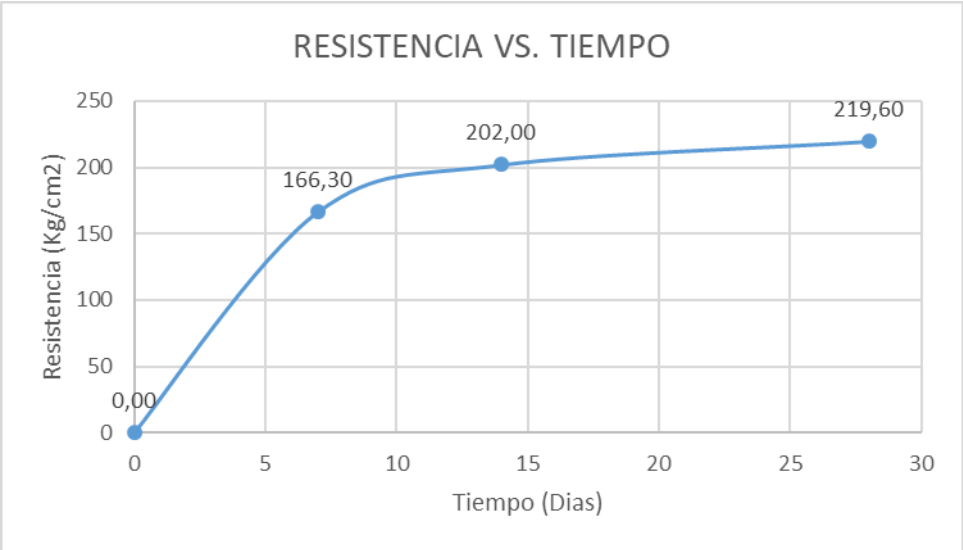


Ilustración 28: Curva De Resistencia A La Compresión Del Reajuste De Diseño Para Canto Rodado Triturado f´c = 210 Kg/cm²
Elaboración: López Carlos - Morán Mario

Tabla 55: Resistencia A La Compresión Del Reajuste De Diseño Para Canto Rodado Triturado f´c = 240 Kg/cm²

EDAD (DIAS)	F`c (kg/cm2)	%F`c
0	0,00	0,00
7	175,10	72,96
14	235,30	98,04
28	246,30	102,63

Elaboración: López Carlos - Morán Mario

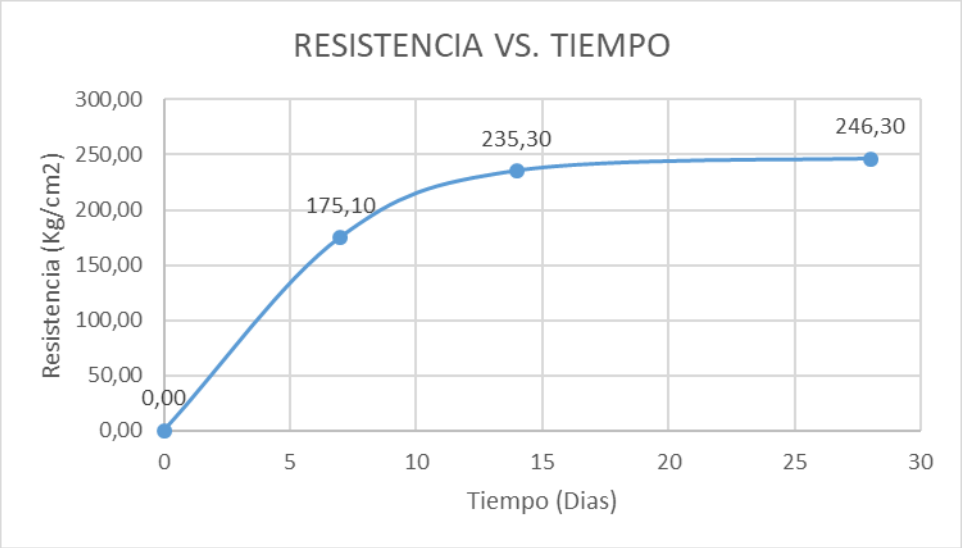


Ilustración 29: Curva De Resistencia A La Compresión Del Reajuste De Diseño Para Canto Rodado Triturado f´c = 240 Kg/cm²
Elaboración: López Carlos - Morán Mario

Tabla 56: Resistencia A La Compresión Del Reajuste De Diseño Para Canto Rodado Triturado f´c = 280 Kg/cm²

EDAD (DIAS)	F`c (kg/cm2)	%F`c
0	0,00	0,00
7	214,00	76,43
14	258,80	92,43
28	280,20	100,07

Elaboración: López Carlos - Morán Mario

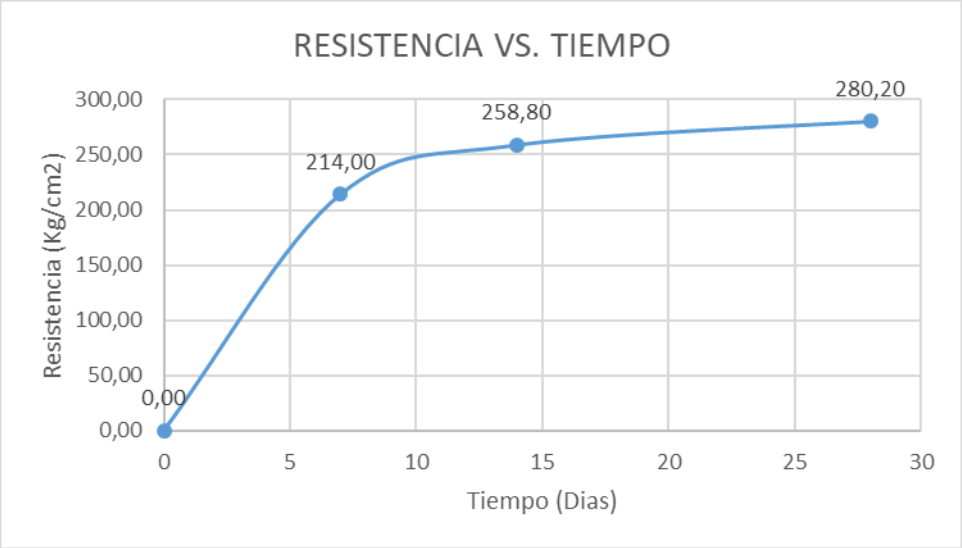


Ilustración 30: Curva De Resistencia A La Compresión Del Reajuste De Diseño Para Canto Rodado Triturado f´c = 280 Kg/cm²
Elaboración: López Carlos - Morán Mario

Para Lutita (Material C):

Tabla 57: Resistencia A La Compresión Del Reajuste De Diseño Para Lutita f´c = 210 kg/cm²

EDAD (DIAS)	F`c (kg/cm2)	%F`c
0	0,00	0,00
7	159,70	76,05
14	204,00	97,14
28	223,30	106,33

Elaboración: López Carlos - Morán Mario

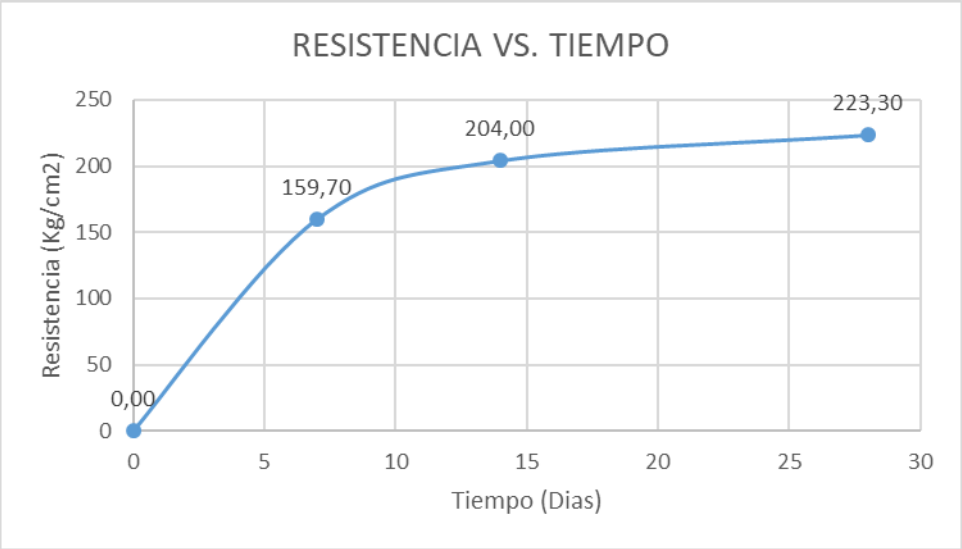


Ilustración 31: Curva De Resistencia A La Compresión Del Reajuste De Diseño Para Lutita f´c = 210 Kg/cm²
Elaboración: López Carlos - Morán Mario

Tabla 58: Resistencia A La Compresión Del Reajuste De Diseño Para Lutita f´c = 240 Kg/cm²

EDAD (DIAS)	F`c (kg/cm2)	%F`c
0	0,00	0,00
7	189,30	78,88
14	227,70	94,88
28	248,80	103,67

Elaboración: López Carlos - Morán Mario

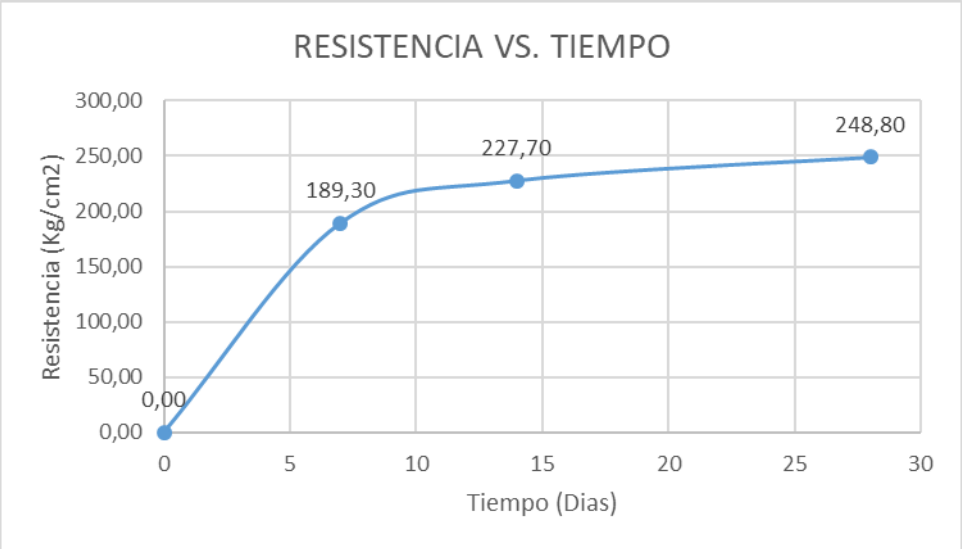


Ilustración 32: Curva De Resistencia A La Compresión Del Reajuste De Diseño Para Lutita f´c = 240 Kg/cm²
Elaboración: López Carlos - Morán Mario

Tabla 59: Resistencia A La Compresión Del Reajuste De Diseño Para Lutita f´c = 280 Kg/cm²

EDAD (DIAS)	F`c (kg/cm2)	%F`c
0	0,00	0,00
7	230,00	82,14
14	253,10	90,39
28	278,80	99,57

Elaboración: López Carlos - Morán Mario

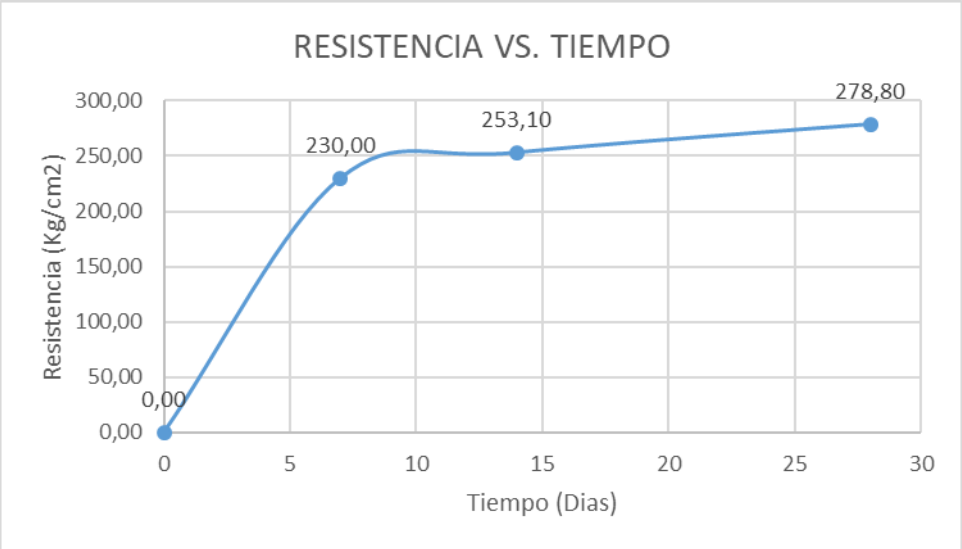


Ilustración 33: Curva De Resistencia A La Compresión Del Reajuste De Diseño Para Lutita f´c = 280 Kg/cm²
Elaboración: López Carlos - Morán Mario

Para Caliza (Material D):

Tabla 60: Resistencia A La Compresión Del Reajuste De Diseño Para Caliza f´c = 210 kg/cm²

EDAD (DIAS)	F`c (kg/cm2)	%F`c
0	0,00	0,00
7	166,40	79,24
14	191,00	90,95
28	213,70	101,76

Elaboración: López Carlos - Morán Mario

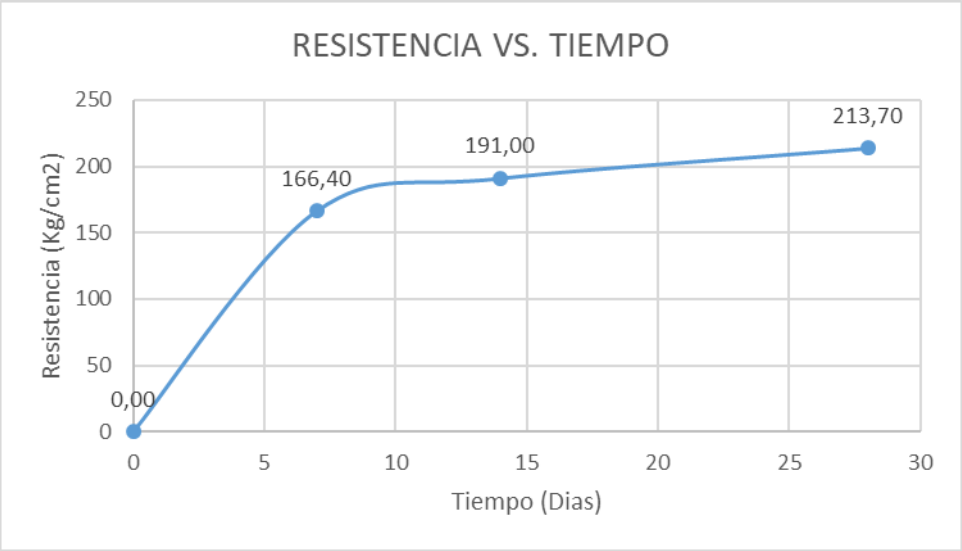


Ilustración 34: Curva De Resistencia A La Compresión Del Reajuste De Diseño Para Caliza f´c = 210 Kg/cm²
Elaboración: López Carlos - Morán Mario

Tabla 61: Resistencia A La Compresión Del Reajuste De Diseño Para Caliza f´c = 240 Kg/cm²

EDAD (DIAS)	F`c (kg/cm2)	%F`c
0	0,00	0,00
7	186,10	77,54
14	217,40	90,58
28	235,20	98,00

Elaboración: López Carlos - Morán Mario

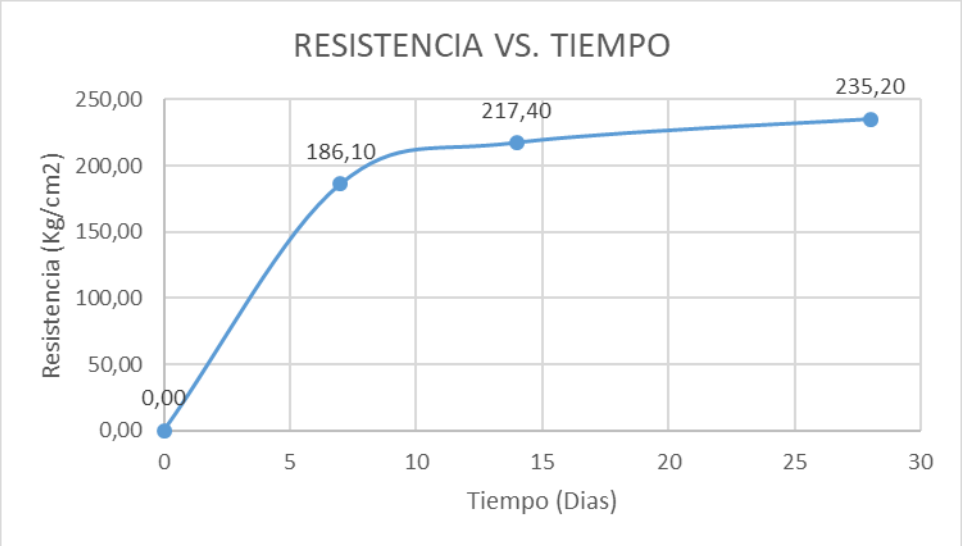


Ilustración 35: Curva De Resistencia A La Compresión Del Reajuste De Diseño Para Caliza f´c = 240 Kg/cm²
Elaboración: López Carlos - Morán Mario

Tabla 62: Resistencia A La Compresión Del Reajuste De Diseño Para Caliza f´c = 280 Kg/cm²

EDAD (DIAS)	F`c (kg/cm2)	%F`c
0	0,00	0,00
7	212,10	75,75
14	260,00	92,86
28	275,10	98,25

Elaboración: López Carlos - Morán Mario

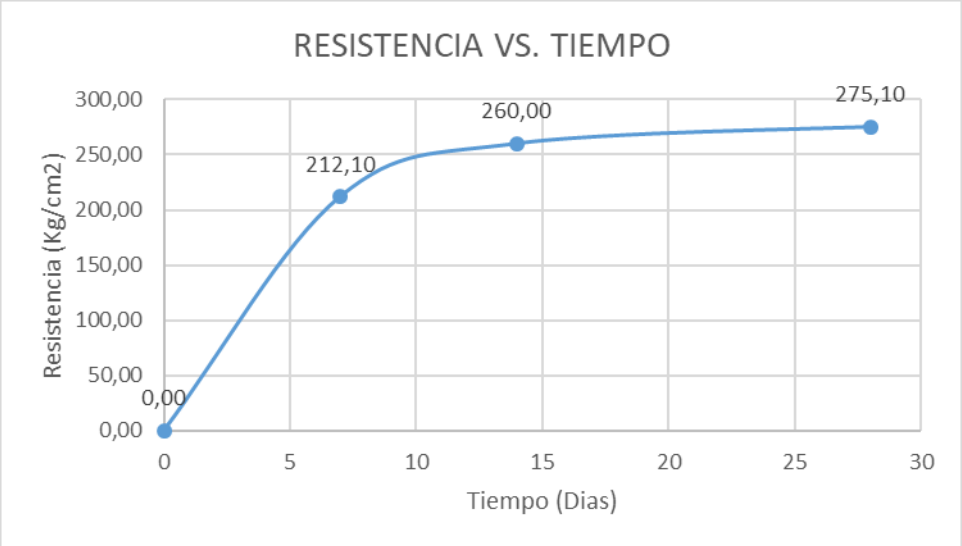


Ilustración 36: Curva De Resistencia A La Compresión Del Reajuste De Diseño Para Caliza f´c = 280 Kg/cm²
Elaboración: López Carlos - Morán Mario

Se hace una comparación para demanda de material

Tabla 63: Comparación De Dosificación De Materiales Entre El Diseño Patrón Y El Reajuste Para f´c = 210 Kg/cm²

PESOS EN Kg. PARA 1 m3 DE HORMIGON								
MATERIALES	**DISEÑO PATRON**		**REDISEÑO**		**REDISEÑO**		**REDISEÑO**	
	AgG - BASALTO		**AgG. - CANTO RODADO TRI.**		**AgG - LUTITA**		**AgG - CALIZA**	
	A/C =	0,60	A/C =	0,614	A/C =	0,685	A/C =	0,588
AGUA (Kg)	195,00		195,00		195,00		195,00	
CEMENTO (Kg)	325,00		317,59		**284,67**		331,63	
PIEDRA (Kg)	869,68		952,56		883,68		908,32	
ARENA (Kg)	955,86		868,18		909,56		864,83	
PESO TOTAL (Kg)	**2345,54**		**2333,33**		**2272,91**		**2299,78**	

Elaboración: López Carlos - Morán Mario

Tabla 64: Comparación De Dosificación De Materiales Entre El Diseño Patrón Y El Reajuste Para F´C = 240 Kg/cm²

PESOS EN Kg. PARA 1 m3 DE HORMIGON								
MATERIALES	**DISEÑO PATRON**		**REDISEÑO**		**REDISEÑO**		**REDISEÑO**	
	AgG - BASALTO		**AgG. - CANTO RODADO TRI.**		**AgG - LUTITA**		**AgG - CALIZA**	
	A/C =	0,56	A/C =	0,575	A/C =	0,636	A/C =	0,56
AGUA (Kg)	200,00		200,00		200,00		200,00	
CEMENTO (Kg)	357,10		347,83		**314,47**		357,14	
PIEDRA (Kg)	869,68		952,56		883,68		908,32	
ARENA (Kg)	903,67		817,52		859,26		818,05	
PESO TOTAL (Kg)	**2330,45**		**2317,91**		**2257,40**		**2283,51**	

Elaboración: López Carlos - Morán Mario

Tabla 65: Comparación De Dosificación De Materiales Entre El Diseño Patrón Y El Reajuste Para f´c = 280 Kg/cm²

PESOS EN Kg. PARA 1 m3 DE HORMIGON								
MATERIALES	**DISEÑO PATRON**		**REDISEÑO**		**REDISEÑO**		**REDISEÑO**	
	AgG - BASALTO		**AgG. - CANTO RODADO TRI.**		**AgG - LUTITA**		**AgG - CALIZA**	
	A/C =	0,447	A/C =	0,459	A/C =	0,475	A/C =	0,448
AGUA (Kg)	170,00		170,00		170,00		170,00	
CEMENTO (Kg)	380,30		370,37		**357,89**		379,46	
PIEDRA (Kg)	869,68		952,56		883,68		908,32	
ARENA (Kg)	962,18		876,57		901,17		877,28	
Plast. 200-R (0.8%)	3,04		2,96		2,86		3,04	
Sikament 115 (1.0%)	3,80		3,70		3,58		3,79	
PESO TOTAL (Kg)	**2389,00**		**2376,17**		**2319,18**		**2341,89**	

Elaboración: López Carlos - Morán Mario

Se hace una comparación para demanda de uso de cemento en las mezclas ya que este es el valor más representativo en el costo del hormigón.

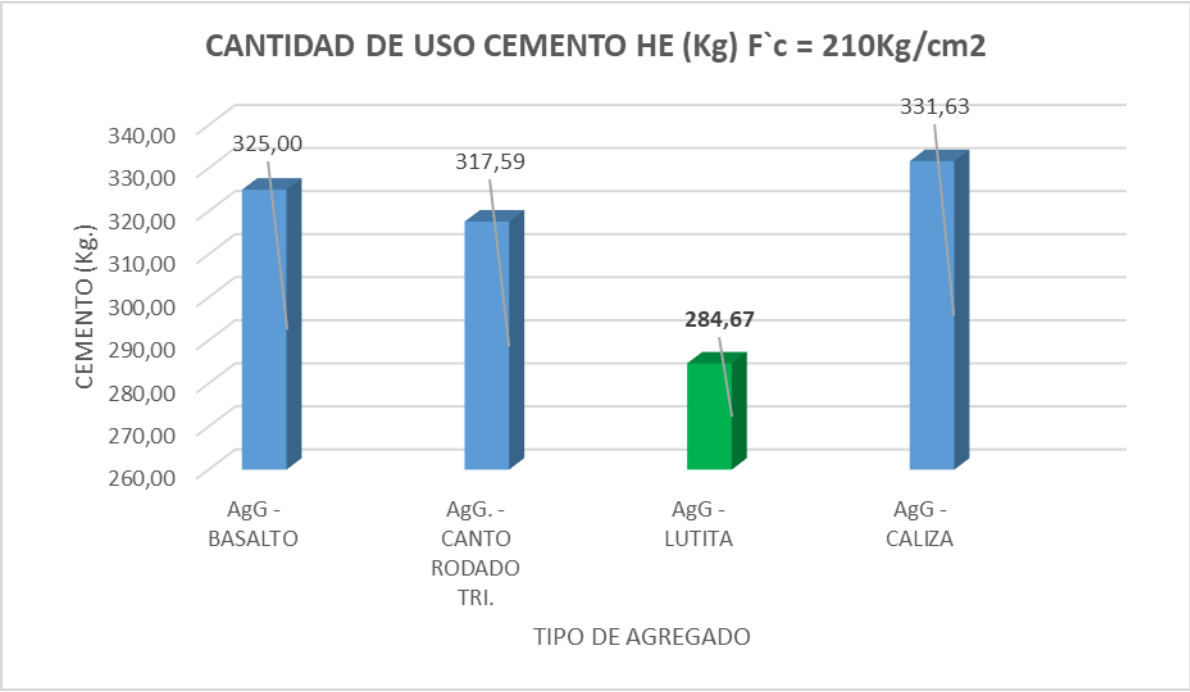


Ilustración 37: Comparación De Dosificación Entre El Diseño Patrón Y El Reajuste Para f´c = 210 Kg/cm²
Elaboración: López Carlos - Morán Mario

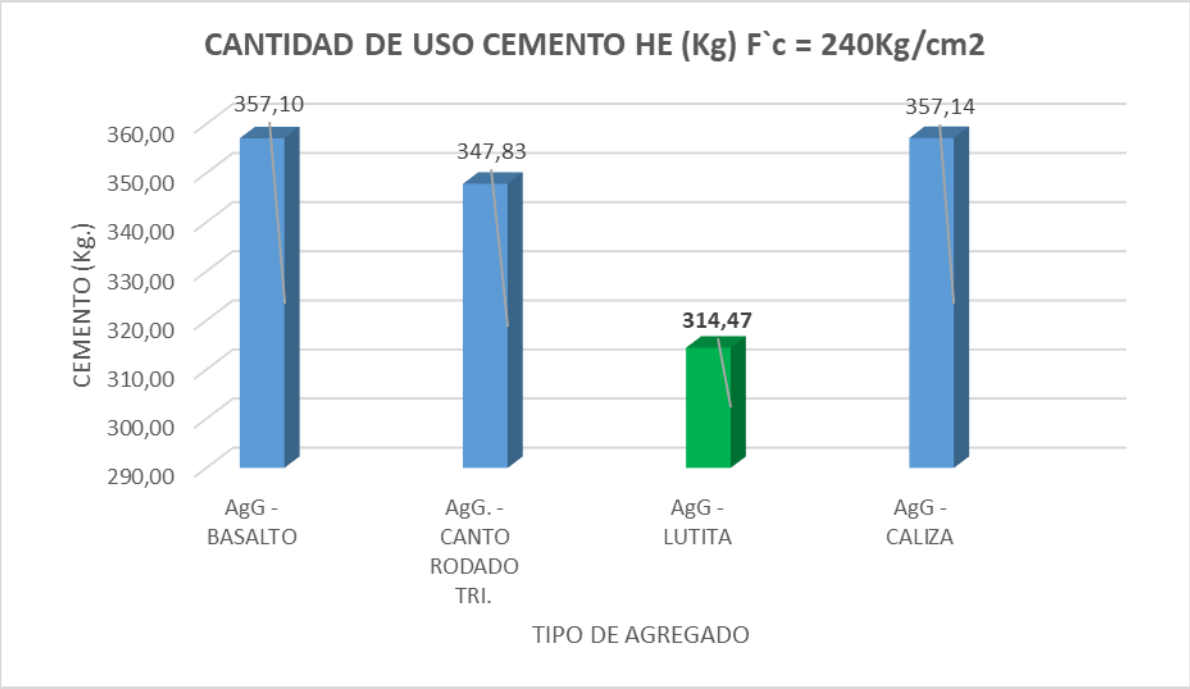


Ilustración 38: Comparación De Dosificación De Cemento Entre El Diseño Patrón Y El Reajuste Para f´c = 240 Kg/cm²
Elaboración: López Carlos - Morán Mario

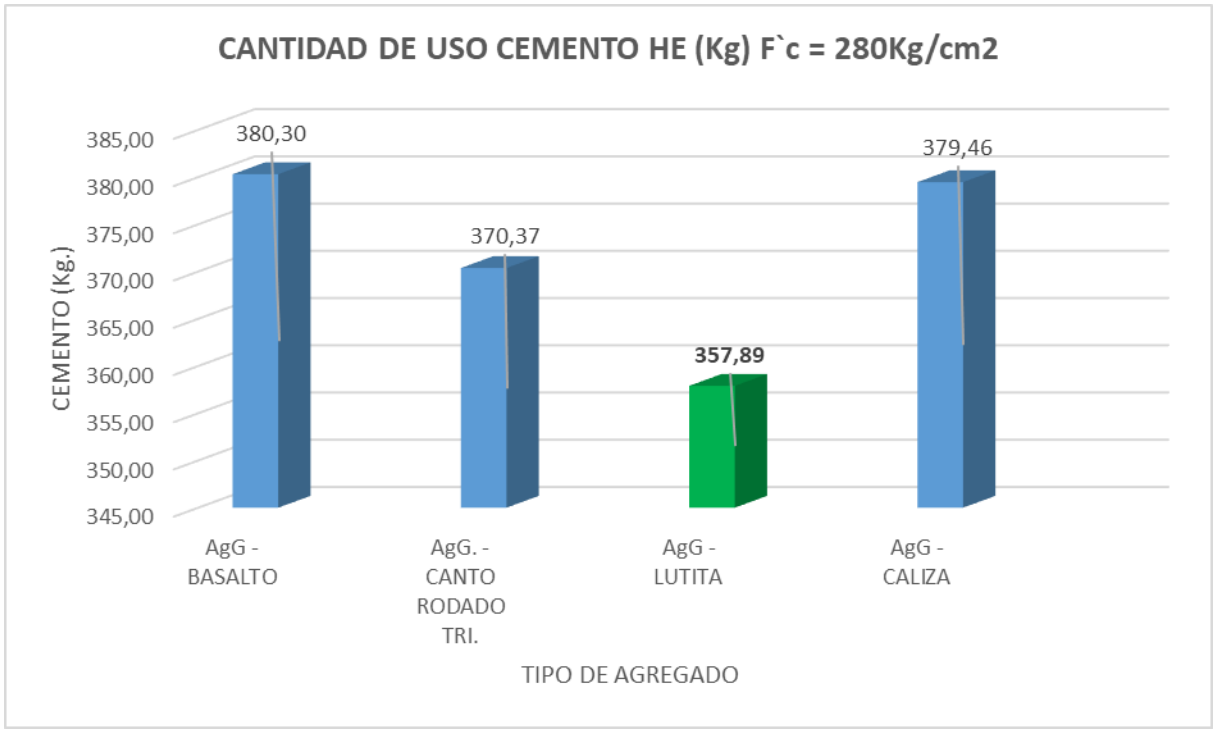


Ilustración 39: Comparación De Dosificación De Cemento Entre El Diseño Patrón Y El Reajuste Para f´c = 280 Kg/cm²
Elaboración: López Carlos - Morán Mario

4.2.3 Análisis De Costo Directo En Los Rediseños Por Cada Tipo De Agregado.

Tabla 66: Comparación De Costos Por Cada Agregado Para f´c = 210 Kg/cm

COSTOS EN DOLARES NORTE AMERICANOS PARA 1 m3 DE HORMIGON												
MATERIALES	DISEÑO PATRON			REDISEÑO			REDISEÑO			REDISEÑO		
	AgG - BASALTO			AgG. - CANTO RODADO TRI.			AgG - LUTITA			AgG - CALIZA		
	CANTIDAD	PRECIO U. ($)	TOTAL ($)	CANTIDAD	PRECIO U. ($)	TOTAL ($)	CANTIDAD	PRECIO U. ($)	TOTAL ($)	CANTIDAD	PRECIO U. ($)	TOTAL ($)
AGUA (Kg)	195,00	0,0026	0,51	195,00	0,0026	0,51	195,00	0,0026	0,51	195,00	0,0026	0,51
CEMENTO (Kg)	325,00	0,1450	47,13	317,59	0,1450	46,05	284,67	0,1450	41,28	331,63	0,1450	48,09
PIEDRA (m3)	0,32	15,0000	4,76	0,35	13,0000	4,59	0,35	15,9000	5,53	0,35	14,0000	4,90
ARENA (m3)	0,37	11,0000	4,07	0,34	11,0000	3,69	0,35	11,0000	3,87	0,33	11,0000	3,68
	COSTO TOTAL ($) =		56,47	COSTO TOTAL ($) =		54,84	COSTO TOTAL ($) =		51,19	COSTO TOTAL ($) =		57,18

Elaboración: López Carlos - Morán Mario

Tabla 67: Comparación De Costos Por Cada Agregado Para f´c = 240 Kg/cm

COSTOS EN DOLARES NORTE AMERICANOS PARA 1 m3 DE HORMIGON												
MATERIALES	DISEÑO PATRON			REDISEÑO			REDISEÑO			REDISEÑO		
	AgG - BASALTO			AgG. - CANTO RODADO TRI.			AgG - LUTITA			AgG - CALIZA		
	CANTIDAD	PRECIO U. ($)	TOTAL ($)	CANTIDAD	PRECIO U. ($)	TOTAL ($)	CANTIDAD	PRECIO U. ($)	TOTAL ($)	CANTIDAD	PRECIO U. ($)	TOTAL ($)
AGUA (Kg)	200,00	0,0026	0,52	200,00	0,0026	0,52	200,00	0,0026	0,52	200,00	0,0026	0,52
CEMENTO (Kg)	357,10	0,1450	51,78	347,83	0,1450	50,43	314,47	0,1450	45,60	357,14	0,1450	51,79
PIEDRA (Kg)	0,32	15,0000	4,76	0,35	13,0000	4,59	0,35	15,9000	5,53	0,35	14,0000	4,90
ARENA (Kg)	0,35	11,0000	3,85	0,32	11,0000	3,48	0,33	11,0000	3,66	0,32	11,0000	3,48
	COSTO TOTAL ($) =		60,91	COSTO TOTAL ($) =		59,02	COSTO TOTAL ($) =		55,31	COSTO TOTAL ($) =		60,69

Elaboración: López Carlos - Morán Mario

Tabla 68: Comparación De Costos Por Cada Agregado Para f´c = 280 Kg/cm

COSTOS EN DOLARES NORTE AMERICANOS PARA 1 m3 DE HORMIGON												
MATERIALES	DISEÑO PATRON			REDISEÑO			REDISEÑO			REDISEÑO		
	AgG - BASALTO			AgG. - CANTO RODADO TRI.			AgG - LUTITA			AgG - CALIZA		
	CANTIDAD	PRECIO U. ($)	TOTAL ($)	CANTIDAD	PRECIO U. ($)	TOTAL ($)	CANTIDAD	PRECIO U. ($)	TOTAL ($)	CANTIDAD	PRECIO U. ($)	TOTAL ($)
AGUA (Kg)	170,00	0,0026	0,44	170,00	0,0026	0,44	170,00	0,0026	0,44	170,00	0,0026	0,44
CEMENTO (Kg)	380,30	0,1450	55,14	370,37	0,1450	53,70	357,89	0,1450	51,89	379,46	0,1450	55,02
PIEDRA (Kg)	0,32	15,0000	4,76	0,35	13,0000	4,59	0,35	15,9000	5,53	0,35	14,0000	4,90
ARENA (Kg)	0,37	11,0000	4,09	0,34	11,0000	3,73	0,35	11,0000	3,83	0,34	11,0000	3,73
Plast. 200-R (0.8%)	3,04	1,1800	3,59	2,96	1,1800	3,50	2,86	1,1800	3,38	3,04	1,1800	3,58
Sikament 115 (1.0%)	3,80	1,3400	5,10	3,70	1,3400	4,96	3,58	1,3400	4,80	3,79	1,3400	5,08
		COSTO TOTAL ($) =	73,12		COSTO TOTAL ($) =	70,92		COSTO TOTAL ($) =	69,87		COSTO TOTAL ($) =	72,75

Elaboración: López Carlos - Morán Mario

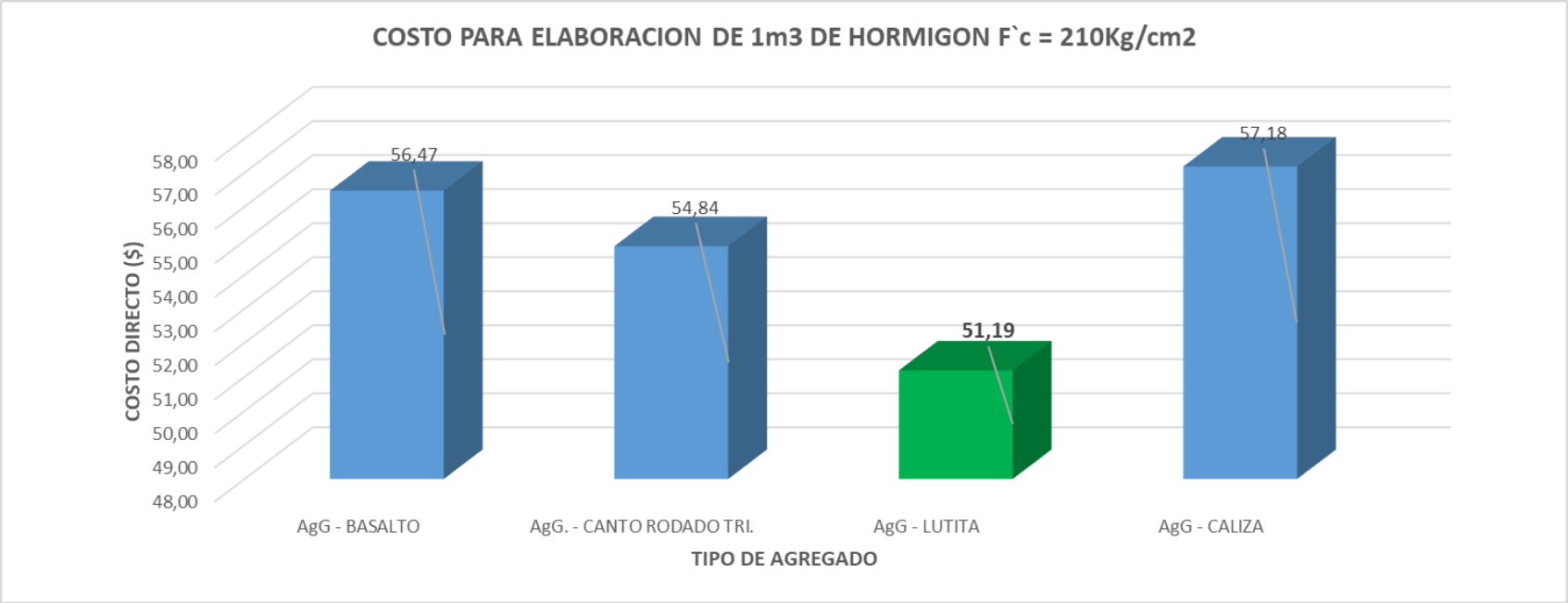


Ilustración 40: Comparación De Costos Por Cada Agregado Para f´c = 210 Kg/cm²
Elaboración: López Carlos - Morán Mario

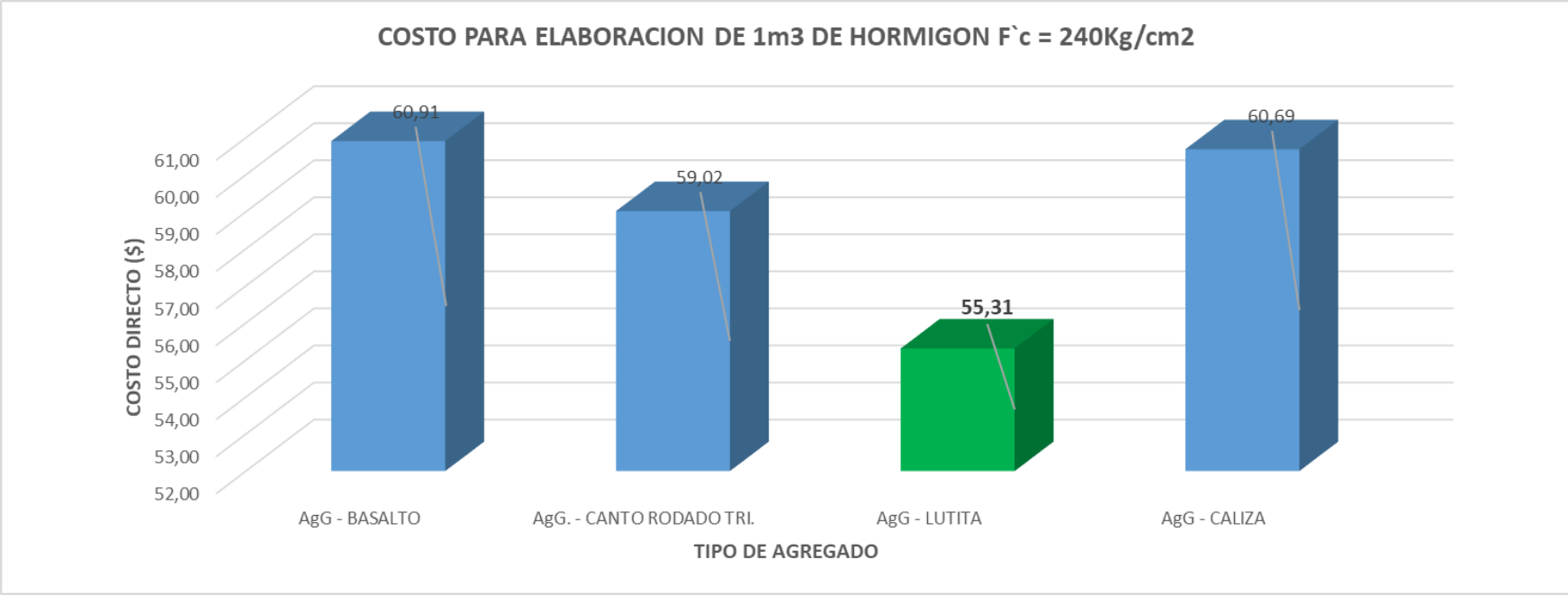


Ilustración 41: Comparación De Costos Por Cada Agregado Para f´c = 240 Kg/cm²
Elaboración: López Carlos - Morán Mario

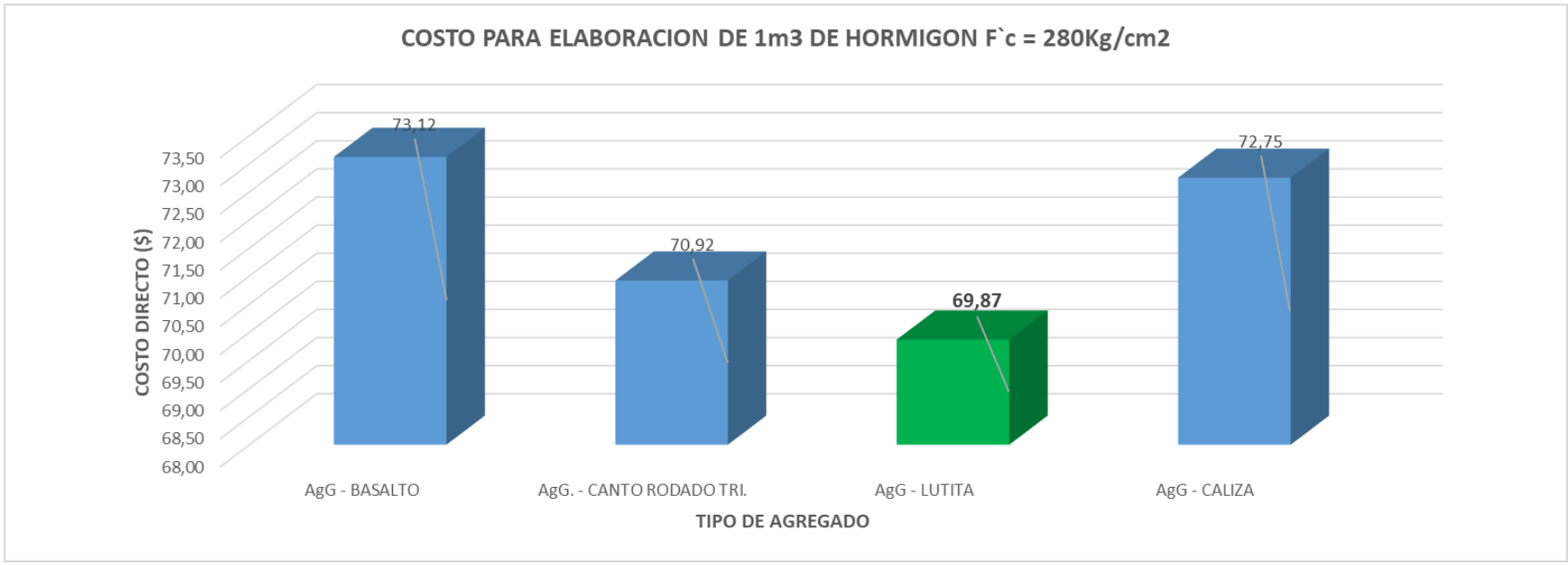


Ilustración 42: Comparación De Costos Por Cada Agregado Para f´c = 280 Kg/cm²
Elaboración: López Carlos - Morán Mario

En los reajustes a los diseños F`c = 210, 240 y 280 Kg/cm² para cada tipo de agregado nos permitió reducir y optimizar el uso de cemento HE para la elaboración de hormigón, en el caso del canto rodado se ahorró para la resistencia f`c = 210 Kg/cm², 7.41 Kg. De cemento dando una reducción del 2.28% en el uso de cemento con respecto a la demanda del diseño patrón, para los rediseños de f`c = 240 y 280 Kg/cm², se ahorró 9.27 Kg. y 9.93 Kg. De cemento respectivamente, cumpliendo satisfactoriamente su resistencia a los 28 días.

El agregado grueso que mejor comportamiento se pudo presenciar y permitió reducir la demanda de cemento en porcentajes considerables es la lutita de la cantera cerro grande en el cantón Duran, en el caso del rediseño f`c = 210 Kg/cm² se ahorró un 12.41% en comparación del diseño patrón, y para los rediseños f`c = 240 y 280 Kg/cm² se redujo en un 11.93% y 5.89% , siendo así el agregado con el que más se pudo optimizar la demanda este material conglomerante que representa casi el 80% de su costo directo para su elaboración.

Del análisis económico en comparación de su producción actual con el agregado grueso basalto se obtuvo que con el canto rodado triturado para el diseño f`c = 210 Kg/cm² hay un ahorro de $1.63 en la producción por metro cubico y para diseños f`c = 240 y 280 Kg/cm2 existe una disminución de costos de $1.89 y $2.20 respectivamente, para el agregado grueso lutita que comercialmente presenta mayor precio por metro cubico como agregado. pero en la elaboración de hormigón permite optimizar mejor que los otros agregados en consideración, para su diseño f`c = 210 Kg/cm2, presenta un ahorro de $5.28, y, para los diseños f`c = 240 y 280 Kg/cm2 permite un ahorro de $5.60 y $3.25 respectivamente. Cabe recalcar que este análisis no considera los costos totales de producción de la empresa ya que no se considera los costos fijos operacionales de la planta, si no únicamente

los costos netos de los agregados y cemento, pero nos da de conclusión que se puede reducir sustancialmente los costos de producción del hormigón como empresa hormigonera, y de inversión en los diferentes proyectos de la ingeniería como constructor.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Las optimizaciones alcanzadas en el presente estudio se basaron en un análisis experimental, que inicio con la elaboración de cilindros patrón siguiendo los procesos especificados en la norma ACI 211.1 para luego variar las relaciones agua/cemento que permitan obtener las resistencias necesaria a los 28 dias.
- Las relaciones agua/cemento del rediseño se consiguieron mediante una interpolación lineal considerando la resistencia alcanzada de cada agregado en base a las proporciones del diseño patrón logrando en algunos casos reducir el uso de cemento.
- Las propiedades de cada agregado influyen en la cantidad de cemento que se utiliza para cada una de las dosificaciones que influye directamente en las resistencias que se pueden alcanzar con una mejor dosificación del material.
- Del análisis de costos realizado se observa un ahorro sustancial con el agregado grueso proveniente de la cantera Cerro grande (lutita) permitiendo un ahorro de aproximadamente entre 4 y 5% por metro cubico con respecto al diseño patrón que utiliza un agregado grueso de la cantera santa Rosa (basalto) para las distintas resistencias establecidas por el mismo.

5.2 Recomendaciones

- Estas dosificaciones se realizaron en laboratorio bajo condiciones controladas por lo que es imprescindible que la planta hormigonera y cualquier persona que ocupe esta investigación para fabricar el hormigón tome las debidas precauciones para controlar los revenimientos,

manipulación, transporte y procesos de curado del hormigón para garantizar la calidad del producto.

- Se deben de tomar en cuenta que ciertos agregados, como la lutita tuvo un buen rendimiento en resistencia, pero su desgaste contra los sulfatos sobrepaso por poco lo que dice la norma, por lo que se debe de tener en consideración el uso que se le vaya a dar a este hormigón no puede estar a exposiciones severas de estos compuestos.
- La humedad natural de los diferentes agregados reside principalmente del lugar de almacenamiento donde se encuentre el agregado al momento de hacerse los ensayos ya que de un sitio a otro puede variar su humedad y haber cambios en la dosificación de agua.

BIBLIOGRAFIA

ASOCRETO. (1996). *Serie de Conocimientos Básicos del Concreto.* Bogota DC.

ASTM. (1997). *ASTM C 566 Contenido Total de Humedad del Agreagado.*

ASTM. (2001). *ASTM C 494 Clasificacion de Aditivos para Hormigon.*

ASTM. (2002). *ASTM C 186 Calor de Hidratacion del Hormigon.*

ASTM. (2006). *ASTM C 131 Determinacion de la Resistencia a la Abrasion del Agregado Grueso.*

ASTM. (2006). *ASTM C 136 Analisis Granulometricos De Agregados Finos y Gruesos.*

ASTM. (2008). *ASTM C 33 Especificaciones para Agregados de Concreto.*

ASTM. (2015). *ASTM C 127 Determinacion de Densidad Relativa Y Absorcion del Agregado Grueso.*

Centro Tecnico del Hormigon . (1995). *Hormigon Premezclado.*

Comite ACI 211 . (1991). *Metodologia de Diseño ACI 211.1 .*

Google Maps. (2019). *Google Maps*. Obtenido de Google Maps: www.google.com/maps

Jiménez, G. (s.f.). Estimación de la resistencia a compresión del hormigón mediante el muestreo.

Planta Hormigonera ODCON S.A. (s.f.).

ANEXOS

Paco Alcoser
Laboratorio de suelos
Y Mezcla Asfaltica

ENSAYO DE ABRASION DE LOS ANGELES

INEM 860 - 861 - ASSTHO T96

PROYECTO :
CONSTRUYE :
SOLICITA:
FUENTE: **CANTERA SANTA ROSA.**
FECHA: **3 de enero de 2019**

Graduacion Escogida : A

A	Peso del Material antes del ensayo	4888
B	Peso del Material despues del ensayo	3820
C=A-B	Perdida por Desgaste	1068
D=(C/A)100	Idem	**21,85%**

Observaciones:
Especificacion 40% maximo.
Ensayo realizado con 12 esferas.

Durán- 0998629004
Dirección: Km. 1.5 Durán

ANEXO: ENSAYO ABRASION DE LOS ANGELES DEL AGREGADO BASALTO

Paco Alcoser
Laboratorio de suelos
Y Mezcla Asfaltica

ENSAYO DE DESGASTE.- METODO SULFATOS

INEM 863 - ASTM C-88

PROYECTO :
CONSTRUYE :
SOLICITA:
FUENTE: **CANTERA SANTA ROSA.**
FECHA: **3 de enero de 2019**

Agregado Grueso

Tamiz		Peso Inicial	Peso Final	Perdida Parcial	Granulometria Original	Desgaste Parcial
Retenido	Pasante					
2"	1 1/2"	0	0	0,00	0,0%	0,00
1 1/2"	1"	0	0	0,00	0,0%	0,00
1"	3/4"	0	0	0,00	0,0%	0,00
3/4"	1/2"	788	739	6,22	34,6%	2,15
1/2"	3/8"	640	598	6,56	25,5%	1,68
3/8"	#4	490	461	5,92	39,9%	2,36
				Desgaste Total		6,19%

Especificacion 12%

Agregado Fino

Tamiz		Peso Inicial	Peso Final	Perdida Parcial	Granulometria Original	Desgaste Parcial
Retenido	Pasante					
No. 4	No. 8	100	96	4,00	22,5%	0,90
No. 8	No. 16	100	96	4,00	23,7%	0,95
No. 16	No. 30	100	94	6,00	14,6%	0,88
No. 30	No. 50	100	96	4,00	18,2%	0,73
No. 50	No. 100	100	93	7,00	8,0%	0,56
				Desgaste Total		4,02%

Especificacion 12%

Durán-Telefax 2811-138
Dirección: Km. 1.5 Durán

ANEXO: ENSAYO DESGASTE POR SULFATOS DEL AGREGADO BASALTO Y DE LA ARENA DE RIO

Paco Alcoser
Laboratorio de Suelos
y Mezclas Asfalticas

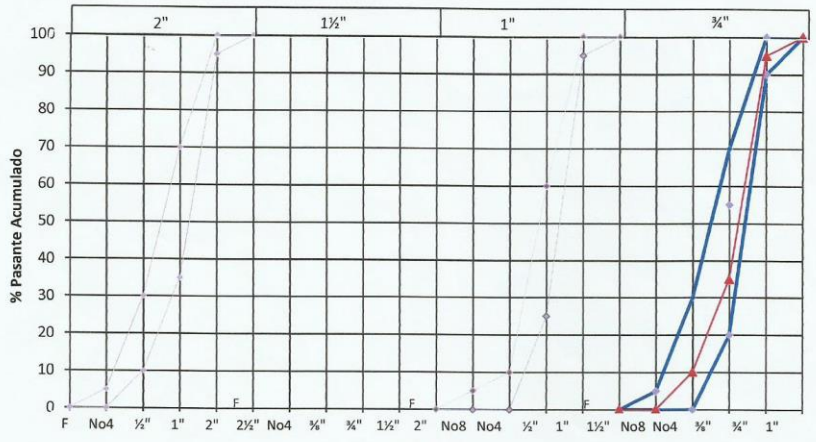
GRANULOMETRÍA AGREGADO GRUESO

Proyecto :
Ubicacion: CANTERA SANTA ROSA
Material : Aridos 3/4 "

Fecha: 3 de enero de 2019
Contratista:
Fiscalizador:

AGREGADO GRUESO

TAMIZ ASTM	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO	Especificaciones ASTM- C 33			
						2"	1 ½ "	1"	¾"
2½"						100			
2"						95-100	100		
1½"						-	95-100	100	
1"	0	0	0,00	0,00	100	35-70	-	95-100	100
¾ "	144	144	8,35	8,35	91,65	-	35-70	-	90-100
½ "	902	1046	52,32	60,67	39,33	10-30	-	25-60	-
⅜ "	320	1366	18,56	79,23	20,77	-	10-30	-	20-55
No.4	320	1686	18,56	97,80	2,20	0-5	0-5	0-10	0-10
No.8	38	1724	2,20					0-5	0-5
Fondo									
TOTAL	1724								



ENSAYO DE HUMEDAD NATURAL

Recipiente №	Peso muestra húmeda + recipiente gr.	Peso muestra seca + recip. gr.	Peso de agua gr.	Peso de recipiente gr.	Peso muestra seca gr.	W %
B3	144,1	140,2	2,70	7,30	132,9	2,03

CDLA. LAS ORQUIDEAS MZ. 1037 VILLA. 30
CELULAR: 0998629004 - 042897136

ANEXO: ENSAYO ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO BASALTO

ANEXO: ENSAYO PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO BASALTO

Paco Alcoser
Laboratorio de Suelos
y Mezclas Asfalticas

PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO

Proyecto :
Ubicacion: CANTERA SANTA ROSA
Material : Aridos 3/4"

FECHA: 3 de enero de 2019
Contratista:
Fiscalizador:

PESO MAT. SATURADO Y SUPERFICIALMENTE SECO (EN EL AIRE)	A	4000,00
PESO MAT. SATURADO Y SUPERFICIALMENTE SECO (SUMERGIDO)	B	2542
VOLUMEN DE LA MASA + VOLUMEN DE VACIOS	C = (A-B)	1458,00
PESO DE MATERIAL SECO	D	3921,00
VOLUMEN DE LA MASA	E = C-(A - D)	1379,00
PESO ESPECIFICO BULK (BASE SECA)	D/C	**2,689**
PESO ESPECIFICO BULK (BASE SATURADA)	A/C	**2,743** *
PESO APARENTE (BASE SECA)	D/E	**2,843**
ABSORCIÓN	(A-D)/Dx100	**2,01**

Observaciones: Normas de ensayo ASTM C-127 ; AASHTO T- 85

* El valor de la gravedad específica obtenido por medio de esta fórmula es el que generalmente se usa - en los cálculos de mezclas.

CDLA. LAS ORQUIDEAS MZ. 1037 VILLA. 30
CELULAR: 0998629004 - 042897136

ANEXO: ENSAYO PESOS VOLUMETRICOS DEL AGREGADO BASALTO

Paco Alcoser
Laboratorio de Suelos
y Mezclas Asfalticas

Peso Volumétrico Suelto, Varillado del Agregado Grueso

Proyecto :
Ubicacion: CANTERA SANTA ROSA
Material : Aridos 3/4"

FECHA: 3 de enero de 2019
Contratista:
Fiscalizador:

PESO VOLUMÉTRICO SUELTO (PVS)

Ensayo	#	1	2	3
Volumen de Molde	m3	0,009331018	0,009331018	0,009331018
Peso de Molde	Kg	5,440	5,440	5,440
Peso del Agregado + Molde	Kg	19,555	19,494	19,511
Peso del Agregado	Kg	14,115	14,054	14,071
Peso Unitario Suelto	Kg/m3	1513	1506	1508
Promedio			1509	Kg/m3

PESO VOLUMÉTRICO VARILLADO (PVV)

Ensayo	#	1	2	3
Volumen de Molde	m3	0,009331018	0,009331018	0,009331018
Peso de Molde	Kg	5,440	5,440	5,440
Peso del Agregado + Molde	Kg	19,911	19,988	19,896
Peso del Agregado	Kg	14,471	14,548	14,456
Peso Unitario Suelto	Kg/m3	1551	1559	1549
Promedio			1553	Kg/m3

Observaciones: Normas de Referencia: ASTM C29 ; AASHTO T19

CDLA. LAS ORQUIDEAS MZ. 1037 VILLA. 30
CELULAR: 0998629004 - 042897136

Paco Alcoser
Laboratorio de Suelos
y Mezclas Asfalticas

GRANULOMETRÍA AGREGADO FINO

Proyecto :
Ubicacion: RIO CHIMBO

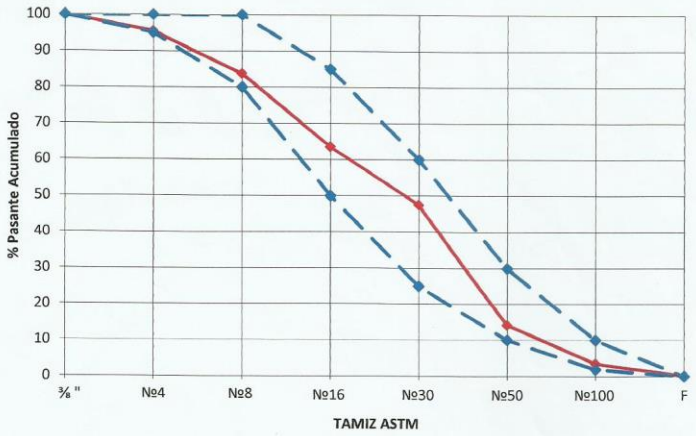
Material : Arena de Rio

Fecha: 3 de enero de 2019
Contratista:
Fiscalizador:

TAMIZ ASTM	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO	ESPECIFICACIONES ASTM C-33
⅜ "	0	0	0,00	0,00	100,00	100
Nº 4	74,00	74,00	4,56	4,56	95,44	95 - 100
Nº 8	190,00	264,00	11,70	16,26	83,74	80 - 100
Nº 16	330,00	594,00	20,32	36,58	63,42	50 - 85
Nº 30	260,00	854,00	16,01	52,59	47,41	25 - 60
Nº 50	540,00	1394,00	33,25	85,84	14,16	10 - 30
Nº 100	174,00	1568,00	10,71	96,55	3,45	2 - 10
fondo	56,00	1624,00	3,45	100,00	0,00	
TOTAL	1624,00					

MF= 2,92

CURVA GRANULOMÉTRICA



CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL						
Recipiente Nº	Peso muestra húmeda + recipiente gr.	Peso muestra seca + recipiente gr.	Peso de agua gr.	Peso de recipiente gr.	Peso muestra seca gr.	Contenido de humedad %
C4	312	306	6,00	6,44	299,56	2,00

CDLA. LAS ORQUIDEAS MZ. 1037 VILLA. 30
CELULAR: 0998629004 - 042897136

ANEXO: ENSAYO ANALISIS GRANULOMETRICO DE LA ARENA DE RIO

ANEXO: ENSAYO PESO ESPECIFICO DE LA ARENA DE RIO

Paco Alcoser
Laboratorio de Suelos
y Mezclas Asfalticas

PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO

Proyecto :
Ubicacion: *RIO CHIMBO*
Material : *Arena de Rio*

FECHA: *3 de enero de 2019*
Contratista :
Fiscalizador:

PESO FRASCO (CALIBRADO CON AGUA)	*A*	*541,89*
PESO FRASCO (CALIBRADO CON AGUA) + PESO MATERIAL	*B*	*1827,40*
PESO FRASCO + AGUA + MATERIAL S.S.S. (EXTRAIDO EL AIRE)	*C*	*1634,00*
VOLUMEN DE LA MASA + VOLUMEN DE VACIOS	*D = (B-C)*	*193,4*
PESO DE MATERIAL SECO	*E*	*490,0*
VOLUMEN DE LA MASA	*F= D-(PESO MATERIAL S.S.S-E)*	*183,4*
PESO ESPECIFICO BULK (BASE SECA)	*E/D*	***2,534***
PESO ESPECIFICO BULK (BASE SATURADA)	*MAT. SSS/D*	***2,585*** *
PESO APARENTE (BASE SECA)	*E/F*	***2,672***
ABSORCIÓN	*((A-E)/E)x100*	***2,04***

Observaciones: *Normas de ensayo ASTM C-124 ; AASHTO T- 84*

** El valor de la gravedad específica obtenido por medio de esta fórmula es el que generalmente se usa - en los cálculos de mezclas.*

CDLA. LAS ORQUIDEAS MZ. 1037 VILLA. 30
CELULAR: 0998629004 - 042897136

ANEXO: ENSAYO PESO VOLUMETRICO DE LA ARENA DE RIO

Paco Alcoser
Laboratorio de Suelos
y Mezclas Asfalticas

Peso Volumétrico Suelto del Agregado Fino

PROYECTO:
Localización: *RIO CHIMBO*

FECHA: *3 de enero de 2019*
Contratista:
Fiscalizador:

Material : *Arena de Rio*

PESO VOLUMÉTRICO SUELTO (PVS)

Ensayo	*#*	*1*	*2*	*3*
Volumen de Molde	*m3*	*1,320*	*1,320*	*1,320*
Peso de Molde	*Kg*	*5,440*	*5,440*	*5,440*
Peso del Agregado + Molde	*Kg*	*7,344*	*7,302*	*7,324*
Peso del Agregado	*Kg*	*1,904*	*1,862*	*1,884*
Peso Unitario Suelto	*Kg/m3*	*1,442*	*1,411*	*1,427*
Promedio			*1,427*	*Kg/m3*

Observaciones:

CDLA. LAS ORQUIDEAS MZ. 1037 VILLA. 30
CELULAR: 0998629004 - 042897136

Paco Alcoser
Laboratorio de suelos
Y Mezcla Asfaltica

ENSAYO DE ABRASION DE LOS ANGELES

INEM 860 - 861 - ASSTHO T96

PROYECTO :

SOLICITA : **Ing. Carlos Lopez**

FUENTE: **Aridos Canto Rodado B**

FECHA: **1 de febrero de 2019**

Graduacion Escogida : B

A	Peso del Material antes del ensayo	4922
B	Peso del Material despues del ensayo	3556
C=A-B	Perdida por Desgaste	1366
D=(C/A)100	Idem	27,75%

Observaciones:
Especificacion 40% maximo.
Ensayo realizado con 12 esferas.
Cumple.

CDLA. LAS ORQUIDEAS MZ. 1037 VILLA. 30
CELULAR: 0998629004 - 042897136

ANEXO: ENSAYO ABRASION DE LOS ANGELES DEL AGREGADO CANTO RODADO TRITURADO

Paco Alcoser
Laboratorio de suelos
Y Mezcla Asfaltica

ENSAYO DE DESGASTE.- METODO SULFATOS

INEM 863 - ASTM C-88

PROYECTO :
CONSTRUYE : Ing. Carlos Lopez
FECHA: Arena
FECHA: 6 de febrero de 2019

Agregado Grueso

Tamiz		Peso Inicial	Peso Final	Perdida Parcial	Granulometria Original	Desgaste Parcial
Retenido	Pasante					
2"	1 1/2"	0	0	0,00	0,0%	0,00
1 1/2"	1"	0	0	0,00	0,0%	0,00
1"	3/4"	1007	997	1,00	1,0%	0,01
3/4"	1/2"	804	789	1,87	75,4%	1,41
1/2"	3/8"	600	578	3,67	22,0%	0,81
3/8"	#4	262	222	15,27	1,6%	0,24
				Desgaste Total		2,46%

Especificacion 12%
CUMPLE

Agregado Fino

Tamiz		Peso Inicial	Peso Final	Perdida Parcial	Granulometria Original	Desgaste Parcial
Retenido	Pasante					
No. 4	No. 8	100	94	6,00	15,6%	0,93
No. 8	No. 16	100	95	5,00	26,1%	1,30
No. 16	No. 30	100	93	7,00	15,9%	1,11
No. 30	No. 50	100	90	10,00	9,9%	0,99
No. 50	No. 100	100	92	8,00	8,6%	0,69
				Desgaste Total		5,03%

Especificacion 12%
CUMPLE

CDLA. LAS ORQUIDEAS MZ. 1037 VILLA. 30
CELULAR: 0998629004 - 042897136

ANEXO: ENSAYO DESGASTE POR SULFATOS DEL AGREGADO CANTO RODADO TRITURADO

Paco Alcoser
Laboratorio de Suelos
y Mezclas Asfalticas

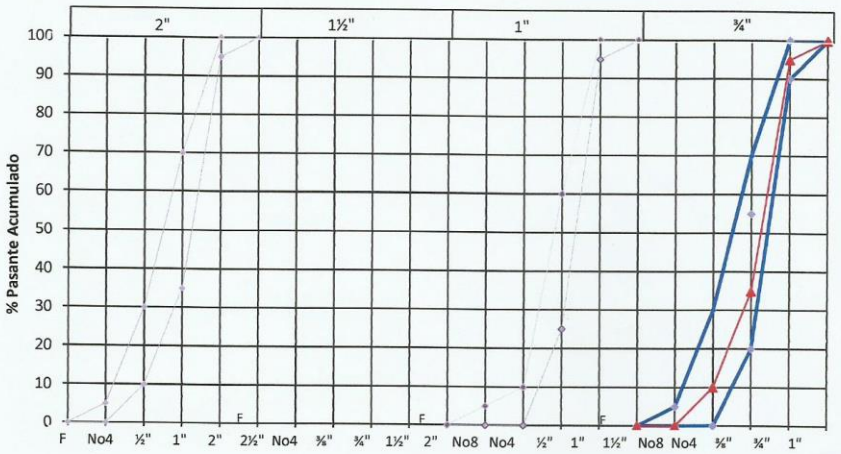
GRANULOMETRÍA AGREGADO GRUESO

Proyecto : ING. CARLOS LOPEZ
Ubicacion: DURAN
Material : Aridos 3/4 " B CANTO RODADO

Fecha: 29 de enero de 2019
Contratista:
Fiscalizador:

AGREGADO GRUESO

TAMIZ ASTM	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO	Especificaciones ASTM- C 33			
						2"	1 ½ "	1"	¾"
2½"						100			
2"						95-100	100		
1½"						-	95-100	100	
1"	0	0	0,00	0,00	100	35-70	-	95-100	100
¾ "	24	24	0,98	0,98	99,02	-	35-70	-	90-100
½ "	1836	1860	75,18	76,17	23,83	10-30	-	25-60	-
⅜ "	536	2396	21,95	98,12	1,88	-	10-30	-	20-55
No.4	38	2434	1,56	99,67	0,33	0-5	0-5	0-10	0-10
No.8	8	2442	0,33					0-5	0-5
Fondo									
TOTAL	2442								



ENSAYO DE HUMEDAD NATURAL

Recipiente Nº	Peso muestra húmeda + recipiente gr.	Peso muestra seca + recip. gr.	Peso de agua gr.	Peso de recipiente gr.	Peso muestra seca gr.	W %
A1	169	162	2,70	7,10	154,9	1,74

CDLA. LAS ORQUIDEAS MZ. 1037 VILLA. 30
CELULAR: 0998629004 - 042897136

ANEXO: ENSAYO ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO CANTO RODADO TRITURADO

ANEXO: ENSAYO PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO CANTO RODADO TRITURADO

Paco Alcoser
Laboratorio de Suelos
y Mezclas Asfalticas

PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO

Proyecto : ING. CARLOS LOPEZ
Ubicacion: CANTON DURAN
Material : Aridos 3/4" CANTO RODADO B

FECHA: 30 de enero de 2019
Contratista:
Fiscalizador:

PESO MAT. SATURADO Y SUPERFICIALMENTE SECO (EN EL AIRE)	A	4000,00
PESO MAT. SATURADO Y SUPERFICIALMENTE SECO (SUMERGIDO)	B	2516
VOLUMEN DE LA MASA + VOLUMEN DE VACIOS	C = (A-B)	1483,90
PESO DE MATERIAL SECO	D	3940,00
VOLUMEN DE LA MASA	E = C-(A - D)	1423,90
PESO ESPECIFICO BULK (BASE SECA)	D/C	**2,655**
PESO ESPECIFICO BULK (BASE SATURADA)	A/C	**2,696** *
PESO APARENTE (BASE SECA)	D/E	**2,767**
ABSORCIÓN	(A-D)/Dx100	**1,52**

Observaciones: Normas de ensayo ASTM C-127 ; AASHTO T- 85

* El valor de la gravedad específica obtenido por medio de esta fórmula es el que generalmente se usa - en los cálculos de mezclas.

CDLA. LAS ORQUIDEAS MZ. 1037 VILLA. 30
CELULAR: 0998629004 - 042897136

ANEXO: ENSAYO PESOS VOLUMETRICOS DEL AGREGADO CANTO RODADO TRITURADO

Paco Alcoser
Laboratorio de Suelos
y Mezclas Asfalticas

Peso Volumétrico Suelto, Varillado del Agregado Grueso

Proyecto : *ING. CARLOS LOPEZ*
Ubicacion: *CANTON DURAN*
Material : *Aridos 3/4" CANTO RODADO B*

FECHA: *1 de febrero de 2019*
Contratista:
Fiscalizador:

PESO VOLUMÉTRICO SUELTO (PVS)

Ensayo	*#*	*1*	*2*	*3*
Volumen de Molde	*m3*	*0,009331018*	*0,009331018*	*0,009331018*
Peso de Molde	*Kg*	*5,440*	*5,440*	*5,440*
Peso del Agregado + Molde	*Kg*	*20,300*	*20,298*	*20,300*
Peso del Agregado	*Kg*	*14,860*	*14,858*	*14,860*
Peso Unitario Suelto	*Kg/m3*	*1593*	*1592*	*1593*
Promedio			*1592*	*Kg/m3*

PESO VOLUMÉTRICO VARILLADO (PVV)

Ensayo	*#*	*1*	*2*	*3*
Volumen de Molde	*m3*	*0,009331018*	*0,009331018*	*0,009331018*
Peso de Molde	*Kg*	*5,440*	*5,440*	*5,440*
Peso del Agregado + Molde	*Kg*	*21,310*	*21,300*	*21,313*
Peso del Agregado	*Kg*	*15,870*	*15,860*	*15,873*
Peso Unitario Suelto	*Kg/m3*	*1701*	*1700*	*1701*
Promedio			*1701*	*Kg/m3*

Observaciones: *Normas de Referencia: ASTM C29 ; AASHTO T19*

CDLA. LAS ORQUIDEAS MZ. 1037 VILLA. 30
CELULAR: 0998629004 - 042897136

Paco Alcoser
Laboratorio de suelos
Y Mezcla Asfaltica

ENSAYO DE ABRASION DE LOS ANGELES

INEM 860 - 861 - ASSTHO T96

Proyecto:
Solicita: ING. CARLOS LOPEZ
Fiscalizador:
Fuente: Cantera Cerro Grande - C
Fecha: 1 de febrero de 2019

Graduacion Escogida : A

A	Peso del Material antes del ensayo	4866
B	Peso del Material despues del ensayo	3196
C=A-B	Perdida por Desgaste	1670
D=(C/A)100	Idem	34,32%

Observaciones:
Especificacion 40% maximo.
Ensayo realizado con 12 esferas.

Durán-Celular 0998629004

ANEXO: ENSAYO ABRASION DE LOS ANGELES DEL AGREGADO LUTITA

Paco Alcoser
Laboratorio de suelos
Y Mezcla Asfaltica

ENSAYO DE DESGASTE.- METODO SULFATOS

INEM 863 - ASTM C-88

Proyecto:
Solicita: *ING. CARLOS LOPEZ*
Fiscalizador:
Fuente: *Cantera Cerro Grande - Duran*
Fecha: *6 de febrero de 2019*

Agregado Grueso

Tamiz Retenido	Tamiz Pasante	Peso Inicial	Peso Final	Perdida Parcial	Granulometria Original	Desgaste Parcial
2"	1 1/2"	0	0	0,00	0%	0,00
1 1/2"	1"	0	0	0,00	0,0%	0,00
1"	3/4"	802	696	13,22	29,8%	3,94
3/4"	1/2"	627	546	12,92	39,7%	5,13
1/2"	3/8"	466	387	16,95	25,8%	4,38
3/8"	No. 4	412	288	30,10	4,7%	1,41
				Desgaste Total		14,85%

Especificacion 12%

Agregado Fino

Tamiz Retenido	Tamiz Pasante	Peso Inicial	Peso Final	Perdida Parcial	Granulometria Original	Desgaste Parcial
No. 4	No. 8	100	92	8,00	33,0%	2,64
No. 8	No. 16	100	94	6,00	39,0%	2,34
No. 16	No. 30	100	90	10,00	6,2%	0,62
No. 30	No. 50	100	92	8,00	8,8%	0,70
No. 50	No. 100	100	91	9,00	4,8%	0,43
				Desgaste Total		6,73%

Especificacion 12%

Durán-Celular 0998629004

ANEXO: ENSAYO DESGASTE POR SULFATOS DEL AGREGADO LUTITA

Paco Alcoser
Laboratorio de Suelos
y Mezclas Asfalticas

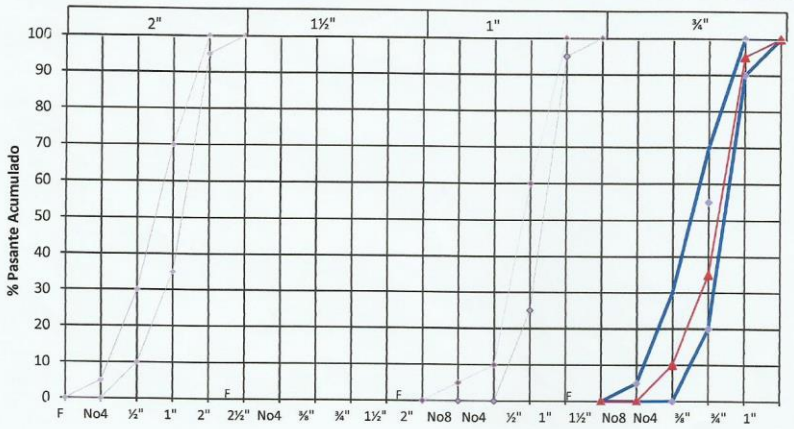
GRANULOMETRÍA AGREGADO GRUESO

Proyecto : ING. CARLOS LOPEZ
Ubicacion: CANTON DURAN
Material : Aridos 3/4 " C LUTITA

Fecha: 30 de enero de 2019
Contratista:
Fiscalizador:

AGREGADO GRUESO

TAMIZ ASTM	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO	Especificaciones ASTM- C 33			
						2"	1 ½ "	1"	¾"
2½"						100			
2"						95-100	100		
1½"						-	95-100	100	
1"	0	0	0,00	0,00	100	35-70	-	95-100	100
¾ "	26	26	1,40	1,40	98,60	-	35-70	-	90-100
½ "	1208	1234	65,02	66,42	33,58	10-30	-	25-60	-
⅜ "	590	1824	31,75	98,17	1,83	-	10-30	-	20-55
No.4	28	1852	1,51	99,68	0,32	0-5	0-5	0-10	0-10
No.8	6	1858	0,32					0-5	0-5
Fondo									
TOTAL	1858								



TAMIZ

ENSAYO DE HUMEDAD NATURAL

Recipiente №	Peso muestra húmeda + recipiente gr.	Peso muestra seca + recip. gr.	Peso de agua gr.	Peso de recipiente gr.	Peso muestra seca gr.	W %
C5	166,2	160	2,70	7,20	152,8	1,77

CDLA. LAS ORQUIDEAS MZ. 1037 VILLA. 30
CELULAR: 0998629004 - 042897136

ANEXO: ENSAYO ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO LUTITA

ANEXO: ENSAYO PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO LUTITA

Paco Alcoser
Laboratorio de Suelos
y Mezclas Asfalticas

PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO

Proyecto : ING. CARLOS LOPEZ
Ubicacion: CANTON DURAN
Material : Aridos 3/4" C LUTITA

FECHA: 31 de enero de 2019
Contratista:
Fiscalizador:

PESO MAT. SATURADO Y SUPERFICIALMENTE SECO (EN EL AIRE)	A	4000,00
PESO MAT. SATURADO Y SUPERFICIALMENTE SECO (SUMERGIDO)	B	2426
VOLUMEN DE LA MASA + VOLUMEN DE VACIOS	C = (A-B)	1574,00
PESO DE MATERIAL SECO	D	3949,30
VOLUMEN DE LA MASA	E = C-(A - D)	1523,30
PESO ESPECIFICO BULK (BASE SECA)	D/C	**2,509**
PESO ESPECIFICO BULK (BASE SATURADA)	A/C	**2,541** *
PESO APARENTE (BASE SECA)	D/E	**2,593**
ABSORCIÓN	(A-D)/Dx100	**1,28**

Observaciones: Normas de ensayo ASTM C-127 ; AASHTO T- 85

* El valor de la gravedad específica obtenido por medio de esta fórmula es el que generalmente se usa - en los cálculos de mezclas.

CDLA. LAS ORQUIDEAS MZ. 1037 VILLA. 30
CELULAR: 0998629004 - 042897136

ANEXO: ENSAYO PESOS VOLUMETRICOS DEL AGREGADO LUTITA

Paco Alcoser
Laboratorio de Suelos
y Mezclas Asfalticas

Peso Volumétrico Suelto, Varillado del Agregado Grueso

Proyecto : *ING. CARLOS LOPEZ*
Ubicacion: *CANTON DURAN*
Material : *Aridos 3/4" C LUTITA*

FECHA: *1 de febrero de 2019*
Contratista:
Fiscalizador:

PESO VOLUMÉTRICO SUELTO (PVS)

Ensayo	#	*1*	*2*	*3*
Volumen de Molde	*m3*	*0,009331018*	*0,009331018*	*0,009331018*
Peso de Molde	*Kg*	*5,440*	*5,440*	*5,440*
Peso del Agregado + Molde	*Kg*	*19,470*	*19,506*	*19,510*
Peso del Agregado	*Kg*	*14,030*	*14,066*	*14,070*
Peso Unitario Suelto	*Kg/m3*	*1504*	*1507*	*1508*
Promedio			*1506*	*Kg/m3*

PESO VOLUMÉTRICO VARILLADO (PVV)

Ensayo	#	*1*	*2*	*3*
Volumen de Molde	*m3*	*0,009331018*	*0,009331018*	*0,009331018*
Peso de Molde	*Kg*	*5,440*	*5,440*	*5,440*
Peso del Agregado + Molde	*Kg*	*20,200*	*20,155*	*20,139*
Peso del Agregado	*Kg*	*14,760*	*14,715*	*14,699*
Peso Unitario Suelto	*Kg/m3*	*1582*	*1577*	*1575*
Promedio			*1578*	*Kg/m3*

Observaciones: *Normas de Referencia: ASTM C29 ; AASHTO T19*

CDLA. LAS ORQUIDEAS MZ. 1037 VILLA. 30
CELULAR: 0998629004 - 042897136

Paco Alcoser
Laboratorio de suelos
Y Mezcla Asfaltica

ENSAYO DE ABRASION DE LOS ANGELES

INEM 860 - 861 - ASSTHO T96

PROYECTO :
SOLICITA : *ING. CARLOS LOPEZ*
FUENTE : *CALIZA - HUAYCO - D*
FISCALIZADOR:
FECHA: **1 de febrero de 2019**

Graduacion Escogida : A

A	Peso del Material antes del ensayo	4822
B	Peso del Material despues del ensayo	3456
C=A-B	Perdida por Desgaste	1366
D=(C/A)100	Idem	28,33%

Observaciones:
Especificacion 40% maximo.
Ensayo realizado con 12 esferas.
Cumple.

CDLA. LAS ORQUIDEAS MZ. 1037 VILLA. 30
CELULAR: 0998629004 - 042897136

ANEXO: ENSAYO ABRASION DE LOS ANGELES DEL AGREGADO CALIZA

Paco Alcoser
Laboratorio de suelos
Y Mezcla Asfaltica

ENSAYO DE DESGASTE.- METODO SULFATOS

INEM 863 - ASTM C-88

PROYECTO :
SOLICITA : ING. CARLOS LOPEZ
FUENTE : CALIZA HUAYCO D
FECHA:
FECHA: 6 de febrero de 2019

Agregado Grueso

Tamiz		Peso Inicial	Peso Final	Perdida Parcial	Granulometria Original	Desgaste Parcial
Retenido	Pasante					
2"	1 1/2"	0	0	0,00	0,0%	0,00
1 1/2"	1"	0	0	0,00	0,0%	0,00
1"	3/4"	1460	1320	9,59	0,0%	0,00
3/4"	1/2"	1222	1140	6,71	51,6%	3,47
1/2"	3/8"	866	770	11,09	33,2%	3,68
3/8"	#4	679	638	6,04	15,2%	0,92
				Desgaste Total		8,06%

Especificacion 12%
CUMPLE

Agregado Fino

Tamiz		Peso Inicial	Peso Final	Perdida Parcial	Granulometria Original	Desgaste Parcial
Retenido	Pasante					
No. 4	No. 8	100	89	11,00	7,7%	0,85
No. 8	No. 16	100	93	7,00	11,5%	0,81
No. 16	No. 30	100	91	9,00	11,2%	1,01
No. 30	No. 50	100	93	7,00	36,0%	2,52
No. 50	No. 100	100	92	8,00	14,0%	1,12
				Desgaste Total		6,30%

Especificacion 12%
CUMPLE

CDLA. LAS ORQUIDEAS MZ. 1037 VILLA. 30
CELULAR: 0998629004 - 042897136

ANEXO: ENSAYO DESGASTE POR SULFATOS DEL AGREGADO CALIZA

Paco Alcoser
Laboratorio de Suelos
y Mezclas Asfalticas

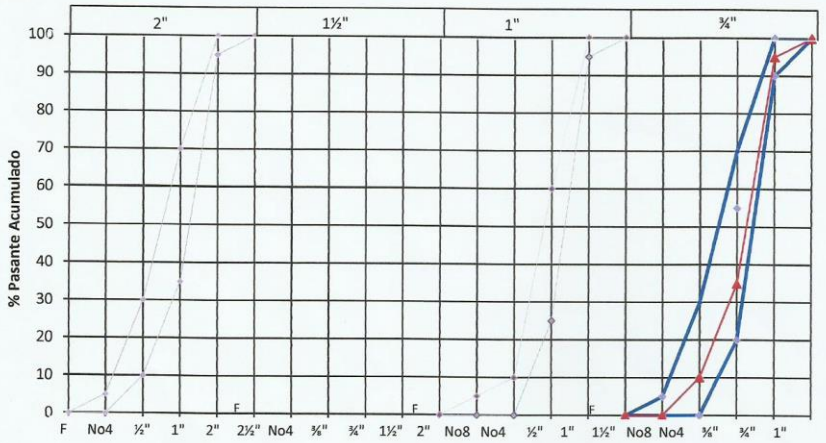
GRANULOMETRÍA AGREGADO GRUESO

Proyecto : ING. CARLOS LOPEZ
Ubicacion: CANTON DURAN
Material : Aridos 3/4 " D CALIZA

Fecha: 30 de enero de 2019
Contratista:
Fiscalizador:

AGREGADO GRUESO

TAMIZ ASTM	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO	Especificaciones ASTM- C 33			
						2"	1 ½ "	1"	¾"
2½"						100			
2"						95-100	100		
1½"						-	95-100	100	
1"	0	0	0,00	0,00	100	35-70	-	95-100	100
¾ "	49	49	2,41	2,41	97,59	-	35-70	-	90-100
½ "	1166	1215	57,47	59,88	40,12	10-30	-	25-60	-
⅜ "	675	1890	33,27	93,15	6,85	-	10-30	-	20-55
No.4	109	1999	5,37	98,52	1,48	0-5	0-5	0-10	0-10
No.8	30	2029	1,48					0-5	0-5
Fondo									
TOTAL	2029								



ENSAYO DE HUMEDAD NATURAL

Recipiente №	Peso muestra húmeda + recipiente gr.	Peso muestra seca + recip. gr.	Peso de agua gr.	Peso de recipiente gr.	Peso muestra seca gr.	W %
A9	202,2	190	2,70	6,80	183,2	1,47

CDLA. LAS ORQUIDEAS MZ. 1037 VILLA. 30
CELULAR: 0998629004 - 042897136

ANEXO: ENSAYO ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO CALIZA

ANEXO: ENSAYO PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO CALIZA

Paco Alcoser
Laboratorio de Suelos
y Mezclas Asfalticas

PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO

Proyecto : ING. CARLOS LOPEZ
Ubicacion: CANTON DURAN
Material : Aridos 3/4" D CALIZA

FECHA: 31 de enero de 2019
Contratista:
Fiscalizador:

PESO MAT. SATURADO Y SUPERFICIALMENTE SECO (EN EL AIRE)	A	4000,00
PESO MAT. SATURADO Y SUPERFICIALMENTE SECO (SUMERGIDO)	B	2458
VOLUMEN DE LA MASA + VOLUMEN DE VACIOS	C = (A-B)	1542,00
PESO DE MATERIAL SECO	D	3924,80
VOLUMEN DE LA MASA	E = C-(A - D)	1466,80
PESO ESPECIFICO BULK (BASE SECA)	D/C	**2,545**
PESO ESPECIFICO BULK (BASE SATURADA)	A/C	**2,594** *
PESO APARENTE (BASE SECA)	D/E	**2,676**
ABSORCIÓN	(A-D)/Dx100	**1,92**

Observaciones: Normas de ensayo ASTM C-127 ; AASHTO T- 85

* El valor de la gravedad específica obtenido por medio de esta fórmula es el que generalmente se usa - en los cálculos de mezclas.

CDLA. LAS ORQUIDEAS MZ. 1037 VILLA. 30
CELULAR: 0998629004 - 042897136

Paco Alcoser
Laboratorio de Suelos
y Mezclas Asfalticas

Peso Volumétrico Suelto, Varillado del Agregado Grueso

Proyecto : ING. CARLOS LOPEZ
Ubicacion: CANTON DURAN
Material : Aridos 3/4" C LUTITA

FECHA: 1 de febrero de 2019
Contratista:
Fiscalizador:

PESO VOLUMÉTRICO SUELTO (PVS)

Ensayo	#	1	2	3
Volumen de Molde	m3	0,009331018	0,009331018	0,009331018
Peso de Molde	Kg	5,440	5,440	5,440
Peso del Agregado + Molde	Kg	19,620	19,633	19,570
Peso del Agregado	Kg	14,180	14,193	14,130
Peso Unitario Suelto	Kg/m3	1520	1521	1514
Promedio			1518	Kg/m3

PESO VOLUMÉTRICO VARILLADO (PVV)

Ensayo	#	1	2	3
Volumen de Molde	m3	0,009331018	0,009331018	0,009331018
Peso de Molde	Kg	5,440	5,440	5,440
Peso del Agregado + Molde	Kg	20,560	20,570	20,603
Peso del Agregado	Kg	15,120	15,130	15,163
Peso Unitario Suelto	Kg/m3	1620	1621	1625
Promedio			1622	Kg/m3

Observaciones: Normas de Referencia: ASTM C29 ; AASHTO T19

CDLA. LAS ORQUIDEAS MZ. 1037 VILLA. 30
CELULAR: 0998629004 - 042897136

ANEXO: ENSAYO PESOS VOLUMETRICOS DEL AGREGADO CALIZA

ANEXOS FOTOGRAFICOS

ANEXO FOTOGRAFICO: FUENTE DE MATERIAL DE AGREGADO BASALTO

ANEXO FOTOGRAFICO: FUENTE DE MATERIAL DE AGREGADO LUTITA

ANEXO FOTOGRAFICO: FUENTE DE MATERIAL DE AGREGADO CALIZA

ANEXO FOTOGRAFICO: FUENTE DE MATERIAL DE AGREGADO CANTO RODADO

ANEXO FOTOGRAFICO: REALIZACION DE CILINDROS DEL DISEÑO PATRON

ANEXO FOTOGRAFICO: REALIZACION DE CILINDROS DEL DISEÑO PATRON

ANEXO FOTOGRAFICO: REALIZACION DE CILINDROS DEL DISEÑO PATRON BASALTO

ANEXO FOTOGRAFICO: REALIZACION DE CILINDROS DEL DISEÑO PATRON CANTO RODADO TRITURADO

ANEXO FOTOGRAFICO: REALIZACION DE CILINDROS DEL DISEÑO PATRON LUTITA

ANEXO FOTOGRAFICO: REALIZACION DE CILINDROS DEL DISEÑO PATRON CALIZA

ANEXO FOTOGRAFICO: REALIZACION DE ENSAYOS DE LABORATORIO DE DESGASTE A LOS SULFATOS

ANEXO FOTOGRAFICO: REALIZACION DE ENSAYOS DE LABORATORIO DE PESOS VOLUMETRICOS

ANEXO FOTOGRAFICO: CILINDROS DE REDISEÑO CON AGREGADO CANTO RODADO TRIRURADO

ANEXO FOTOGRAFICO: CILINDROS DE REDISEÑO CON AGREGADO LUTITA

ANEXO FOTOGRAFICO: CILINDROS DE REDISEÑO CON AGREGADO CALIZA

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
ESCUELA DE INGENERIA CIVIL

ANEXO 10

Presidencia de la República del Ecuador — Plan Nacional de Ciencia, Tecnología, Innovación y Saberes — SENESCYT

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGIA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS / TRABAJO DE GRADUACIÒN

TITULO Y SUBTITULO :	Optimización de diseño y producción de hormigón hidráulico de resistencias f'c = 210, 240, 280 kg/cm² en planta dosificadora con diferentes índoles de agregados gruesos.		
AUTOR(ES):	López López Carlos Andrés Moran Delgado Mario David		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES):	Ing. Fausto Cabrera Montes, MSc. Ing. Javier Córdova Rizo, MSc.		
INSTITUCION :	Universidad de Guayaquil		
UNIDAD/FACULTAD :	Facultad De Ciencias Matemáticas y Físicas		
MAESTRIA/ESPECIALIDAD			
GRADO OBTENIDO :			
FECHA DE PUBLICACION :	2019	**NUMERO DE PAGINAS**	120
ÁREAS TEMÁTICAS :	Rediseño de Hormigón Hidraulico		
PALABRAS CLAVES /KEYWORKDS:	DISEÑO- AGREGADOS- HORMIGÓN- CEMENTO HIDRÁULICO- RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.		

RESUMEN /ABSTRACT (150-250) PALABRAS :

El presente trabajo de titulación se desarrolló en la planta hormigonera "ODCON S.A.", donde el objetivo principal es reducir los costos de producción mediante la optimización del uso de cemento para hormigones estándar con diferentes tipos de agregados, partiendo desde un diseño patrón obtenido a través de la metodología A.C.I., teniendo como resultado resistencias que sobrepasan a las requeridas por el diseño pudiendo haber un mejor uso de los recursos.
Se busca optimizar las relaciones agua/cemento en función de los materiales utilizados y las resistencias obtenidas a los 28 días con un mismo diseño (diseño patrón), la cual fue proporcionada por la hormigonera "ODCON S.A", para así poder hacer un reajuste de la mezcla para cada agregado propuesto. Este proyecto busca ser un modelo que sirva para obtener un beneficio económico variando los materiales utilizados y las resistencias que se desean alcanzar.

ADJUNTO PDF :	X	SI		NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	**Teléfono:** 0993652993 - 0995825683		**Email:** ddmm938@gmail.com ing.carlos.lopez.cl5@gmail.co	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÒN :	**Nombre:**	FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS		
	Telefono:	2-283348		
	Email :			