



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA CIVIL

TEMA:

“DISEÑO DE HORMIGONES CON CEMENTO PORTLAND DE RESISTENCIAS $F_c = 210, 240$ Y 280 kg/cm^2 CON AGREGADO GRUESO DE ESCORIA DE ACERO DE ALTO HORNO”

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTORES:

TOMALÁ PALMA OSCAR JOEL
POZO REYES JAZMIN YADIRA

TUTOR:

ING. RAMÍREZ PALMA RICHARD IVÁN, MSc.

LA LIBERTAD, ECUADOR

2022

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TEMA:

**DISEÑO DE HORMIGONES CON CEMENTO PORTLAND DE
RESISTENCIAS $F'c = 210, 240$ Y 280 kg/cm^2 CON AGREGADO
GRUESO DE ESCORIA DE ACERO DE ALTO HORNO**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTOR:

**TOMALÁ PALMA OSCAR JOEL
POZO REYES JAZMIN YADIRA**

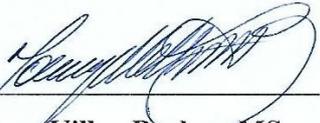
TUTOR:

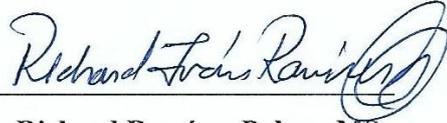
ING. RAMÍREZ PALMA RICHARD IVÁN, MSc.

LA LIBERTAD – ECUADOR

(2022)

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. 
Ing. Jonny Villao Borbor, MSc.
DIRECTOR DE CARRERA

f. 
Ing. Richard Ramírez Palma, MSc.
DOCENTE TUTOR

f. 
Ing. Alejandro Véliz Aguayo, PhD.
DOCENTE ESPECIALISTA

f. 
Ing. Lucrecia Moreno Alcívar, Mg
DOCENTE DE LA UIC

Dedico este trabajo de investigación principalmente a mis padres Francisca Reyes y Jimmy Pozo, por ser los pilares fundamentales de mi vida, por su apoyo incondicional que me han brindado y me siguen brindando, por su amor infinito por los buenos valores que me supieron inculcar por hacer de mí una persona de bien y a quien motivaron a que siga para poder cumplir mis sueños de ser una ingeniera civil.

A mis hermanos: por entenderme cuando no les apoye en reiteradas ocasiones porque estaba ocupada con los estudios, sin embargo, ellos estaban para mí en todo momento, por brindarme su cariño y apoyo cuando más lo necesitaba.

A Joel Tomalá mi compañero de aulas, por ser una persona buena, bondadosa y sobre todo muy valiente por brindarme su apoyo y estar presto siempre a dar lo mejor de él.

Con amor....

Pozo Reyes Jazmin.

A Dios por darme la sabiduría, la fuerza y la voluntad para enfrentar cada desafío en mi largo camino de vida.

Dedico este proyecto a la memoria de mi madre, Cinthya Cecilia Palma Lara, quien siempre creyó en mí y en todo lo que yo podía lograr, su recuerdo, sus enseñanzas me dieron el coraje para continuar y lograr este objetivo.

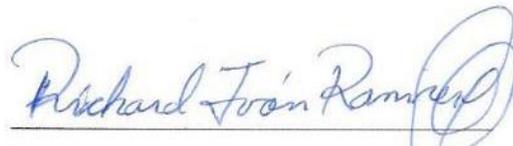
Tomalá Palma Oscar.

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

En calidad de tutor del trabajo de investigación para titulación del tema “**DISEÑO DE HORMIGONES CON CEMENTO PORTLAND DE RESISTENCIAS F’C= 210, 240 Y 280 kg/cm² CON AGREGADO GRUESO DE ESCORIA DE ACERO DE ALTO HORNO**”, elaborado por la Srta. POZO REYES JAZMIN YADIRA y el Sr. TOMALÁ PALMA OSCAR JOEL, egresado de la carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, me permito declarar que una vez analizado en el sistema anti plagio URKUND, luego de haber cumplido con los requerimientos exigidos de valoración, la presente tesis, se encuentra con un 4 % de la valoración permitida.

Adjunto reporte de similitud.

TUTOR



Ing. Ramírez Palma Richard Iván, MSc.

C.I. 0912246451

Document Information

Analyzed document	Tesis - Pozo Reyes Jazmin - Tomala Palma Oscar.docx (D142660425)
Submitted	8/4/2022 6:33:00 PM
Submitted by	
Submitter email	oscar.tomalapalma@upse.edu.ec
Similarity	4%
Analysis address	rramirez.upse@analysis.arkund.com

Sources included in the report

SA	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA / Tesis Nanosilice Basurto Gonzalez.docx Document Tesis Nanosilice Basurto Gonzalez.docx (D126308674) Submitted by: Imoreno@upse.edu.ec Receiver: Imoreno.upse@analysis.arkund.com	 10
SA	Chamorro_Benavides_Gomez.docx Document Chamorro_Benavides_Gomez.docx (D15061467)	 1
SA	TFT-FINAL-FINAL-URKUND_Gonzalez_Valdivieso.pdf Document TFT-FINAL-FINAL-URKUND_Gonzalez_Valdivieso.pdf (D15652612)	 3
SA	Tesis Cifuentes Alejandro - Vasquez Cristhofer Corregido 3.docx Document Tesis Cifuentes Alejandro - Vasquez Cristhofer Corregido 3.docx (D131698323)	 3
SA	pila tesis.docx Document pila tesis.docx (D10686882)	 3
SA	Análisis comparativo del desempeño mecánico y durabilidad de hormigón reciclado y hormigón tradicional.docx Document Análisis comparativo del desempeño mecánico y durabilidad de hormigón reciclado y hormigón tradicional.docx (D140945415)	 1
SA	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA / TESIS ADICION PUZOLANICA (CENIZA DE MAIZ 1).docx Document TESIS ADICION PUZOLANICA (CENIZA DE MAIZ 1).docx (D13812779) Submitted by: favsto_gomez@hotmail.com Receiver: Imoreno.upse@analysis.arkund.com	 4
SA	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA / URKUND TESIS A.E..docx Document URKUND TESIS A.E..docx (D14909463) Submitted by: gabytap_rm27@hotmail.com Receiver: Imoreno.upse@analysis.arkund.com	 1

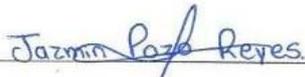
Entire Document

DECLARACION DE AUTORIA

Yo, POZO REYES JAZMIN YADIRA y TOMALA PALMA OSCAR JOEL, declaramos bajo juramento que el presente trabajo de titulación denominado “DISEÑO DE HORMIGONES CON CEMENTO PORTLAND DE RESISTENCIAS F’C= 210, 240 Y 280 kg/cm² CON AGREGADO GRUESO DE ESCORIA DE ACERO DE ALTO HORNO”, no tiene antecedentes de haber sido elaborado en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Carrera de Ingeniería Civil, lo cual es un trabajo exclusivamente inédito y perteneciente de mi autoría.

Por medio de la presente declaración cedo los derechos de autoría y propiedad intelectual, correspondientes a este trabajo, a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

Atentamente,



Pozo Reyes Jazmin Yadira

Autora de Tesis

C.I. 0928702778



Tomalá Palma Oscar Joel

Autor de Tesis

C.I. 2450848367

CERTIFICACION DEL TUTOR

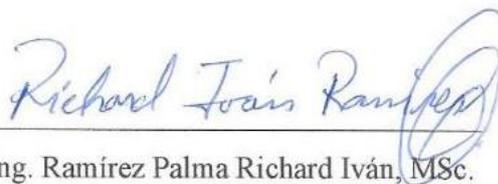
Ing. Ramírez Palma Richard Iván, MSc.

TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Universidad Estatal Península de Santa Elena

En mi calidad de Tutor del presente trabajo “**DISEÑO DE HORMIGONES CON CEMENTO PORTLAND DE RESISTENCIAS F’C= 210, 240 Y 280 kg/cm² CON AGREGADO GRUESO DE ESCORIA DE ACERO DE ALTO HORNO**”, previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil elaborado por la Srta. Pozo Reyes Jazmin Yadira y el Sr. Tomalá Palma Oscar Joel, egresado de la carrera de Ingeniería Civil, Facultad Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, la apruebo en todas sus partes.

FIRMA DEL TUTOR



Richard Iván Ramírez Palma

Ing. Ramírez Palma Richard Iván, MSc.

CERTIFICADO DEL GRAMATÓLOGO

Yo, Magister. William Rogelio Gómez Sandoval. Certifico: Que he revisado la ortografía y la redacción del trabajo de titulación ““**DISEÑO DE HORMIGONES CON CEMENTO PORTLAND DE RESISTENCIAS F’C= 210, 240 Y 280 kg/cm² CON AGREGADO GRUESO DE ESCORIA DE ACERO DE ALTO HORNO**”, elaborado por: POZO REYES JAZMÍN YADIRA y TOMALÁ PALMA ÓSCAR JOEL, previo a la obtención del título de: **INGENIERO CIVIL**.

Por tal manera he procedido a leer y analizar de manera profunda el estilo y la forma del contenido del texto:

- Se denota pulcritud en la escritura.
- La acentuación es precisa.
- Se utiliza los signos de puntuación de manera acertada.
- No incurre en errores en la utilización de las letras
- La aplicación de la sinonimia es correcta.
- Se maneja conocimiento y precisión de la morfosintaxis.

Por expuesto y en uso de mis derechos como Magister en Docencia y Educación, recomiendo la VALIDEZ ORTOGRÁFICA de su tesis y dejo a vuestra consideración el certificado de rigor para los efectos legales correspondientes.

Atentamente,



Mg. William Rogelio Gómez Sandoval
C.I. 0914796941

E-mail: williamrogelio@gmail.com
Registro SENESCYT: 1050-12-86029473

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos principalmente a Dios por permitirnos culminar con éxitos la carrera universitaria, por brindarnos salud y bienestar.

A nuestros familiares por habernos apoyado en todo momento por ser los motores principales de nuestras vidas.

Al docente tutor Ing. Richard Ramírez por habernos dirigido en este proyecto de investigación e impartido sus conocimientos a lo largo de la carrera.

Al laboratorista Roger Magallanes de la Universidad Estatal Península De Santa Elena por brindarnos las facilidades en el uso del laboratorio. y a los compañeros Alex Choez y Rafael Ortiz por brindarnos su apoyo y ayuda en la realización de los ensayos.

A la Empresa ANDEC S.A principalmente al Ing. Walter Zumba Moreira, supervisor ambiental por el apoyo brindado durante la elaboración de la respectiva tesis.

Agradecemos al centro de innovación Holcim y su personal por sus servicios brindados al momento de realizar los ensayos solicitados.

Eternamente muy agradecidos...

Óscar Tomalá - Jazmín Pozo.

Agradezco en primer lugar a Dios por haberme brindado salud, sabiduría; porque nunca me sentí sola en este largo proceso, por darme las fuerzas necesarias y el valor para poder seguir adelante.

A los docentes por impartir todos sus conocimientos, por la paciencia en cada enseñanza que nos transmitían.

A la familia Tomalá Palma por haberme brindado su apoyo por muchas ocasiones, por haber formado parte durante el desarrollo de la carrera, a un ángel Sra. Cinthya que, aunque ya no se encuentra presente físicamente sus recuerdos permanecerán vivos en mi corazón.

A mi compañero de tesis por brindarme su apoyo incondicional desde el preuniversitario, hasta la presente fecha, mil gracias por la paciencia que ha tenido para conmigo.

De corazón infinitas gracias a todos...

Pozo Reyes Jazmin.

Agradezco a Dios por la salud, fortaleza y protección que me brinda día a día.

A mi Madre Cinthya Palma Lara y a Padre Oscar Tomalá Ramírez quienes me han forjado como la persona que soy en la actualidad, por haberme proporcionado cada cosa que he necesitado, por sus enseñanzas y valores que aplico cada día; de verdad que tengo mucho por agradecerles, sus ayudas constantes fueron fundamentales para la culminación de mi tesis.

Gracias a mis hermanos que me apoyaron y me animaron a seguir adelante.

A mi compañera de tesis que ha sabido comprenderme, por ayudarme en cada momento dentro y fuera de la vida universitaria.

Gracias a la Universidad Estatal Península de Santa Elena por permitirme estudiar en sus aulas. Gracias a los maestros, personas de gran sabiduría, por su arduo trabajo y dedicación durante este tiempo, para llegar a donde estoy ahora.

Tomalá Palma Óscar

CONTENIDO

	Pág.
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.....	ii
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO	v
DECLARACION DE AUTORIA	vii
CERTIFICACION DEL TUTOR.....	viii
CERTIFICADO DEL GRAMATÓLOGO	ix
AGRADECIMIENTOS	x
RESUMEN.....	xx
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
1.2 ANTECEDENTES.....	3
1.3 HIPÓTESIS	8
<i>1.3.1 Hipótesis General</i>	8
<i>1.3.2 Hipótesis Especifica</i>	8
1.4 OBJETIVOS.....	8
<i>1.4.1 Objetivo General.</i>	8
<i>1.4.2 Objetivos Específicos.</i>	9
1.5 ALCANCE.....	9
1.6 VARIABLES.....	10
<i>1.6.1 Variables Dependientes:</i>	10
<i>1.6.2 Variables Independientes:</i>	10
2 CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	11
2.1 GENERALIDADES.....	11
2.2 HORMIGÓN.....	11
2.3 TIPOS DE HORMIGÓN.....	12
<i>2.3.1 Hormigón de peso normal:</i>	12
<i>2.3.2 Hormigón estructural:</i>	12
<i>2.3.3 Hormigón liviano:</i>	12
<i>2.3.4 Hormigón reforzado:</i>	12
2.4 PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO DEL HORMIGÓN.....	13
<i>2.4.1 Trabajabilidad.</i>	13

2.4.2	<i>Consistencia</i>	13
2.4.3	<i>Plasticidad</i>	14
2.4.4	<i>Fluidez</i>	14
2.5	PROPIEDADES EN ESTADO ENDURECIDO DEL HORMIGÓN	14
2.5.1	<i>Resistencia a la compresión</i>	14
2.5.2	<i>Resistencia a la flexión</i>	15
2.5.3	<i>Resistencia a la tracción</i>	15
2.5.4	<i>Resistencia a cortante</i>	15
2.6	CEMENTO	16
2.7	CEMENTO PORTLAND	17
2.7.1	<i>Cemento Portland por desempeño</i>	18
2.7.2	<i>Cemento tipo GU</i>	18
2.8	AGUA	19
2.9	ÁRIDOS	19
2.9.1	<i>Agregado fino</i>	20
2.9.2	<i>Agregado grueso</i>	20
2.10	ADITIVOS	20
2.11	ESCORIA DE ACERÍA	21
2.12	FABRICACIÓN DE LA ESCORIA SIDERÚRGICA	22
2.12.1	<i>Fusión</i>	22
2.12.2	<i>Afino</i>	22
2.13	ESCORIA DE ARCO ELÉCTRICO	23
2.14	COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA ESCORIA DE ARCO ELÉCTRICO	26
3	CAPITULO III: METODOLOGÍA	29
3.1	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN	29
3.1.1	<i>Tipo</i>	29
3.1.2	<i>Nivel</i>	29
3.2	MÉTODO, ENFOQUE Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	29
3.2.1	<i>Método</i>	29
3.2.2	<i>Enfoque</i>	30
3.2.3	<i>Diseño</i>	30

3.3 METODOLOGÍA DEL O.E.1.: DISEÑAR LAS DOSIFICACIONES DE HORMIGONES DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN $F'c = 210, 240$ Y 280 kg/cm^2 , REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR LA ESCORIA SIDERÚRGICA Y DETERMINAR LAS PROPIEDADES DEL HORMIGÓN EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO.....	30
3.4 METODOLOGIA O.E2.: ANALIZAR LOS PRECIOS UNITARIOS DE LA ELABORACIÓN DEL HORMIGÓN CON ESCORIA DE ACERO.....	31
3.5 POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO.....	32
3.5.1 Población.....	32
3.5.2 Muestra.....	32
3.5.3 Muestreo.....	32
3.6 FUENTES DE INVESTIGACIÓN.....	33
3.7 OBTENCIÓN DEL ÁRIDO GRUESO Y FINO.....	35
3.7.1 Escoria De Acero (Árido Grueso).....	35
3.7.2 Arena Negra (Árido Fino).....	36
3.8 GRANULOMETRÍA DE LOS ÁRIDOS.....	36
3.9 DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD Y ABSORCIÓN DEL ÁRIDO GRUESO Y FINO.....	42
3.9.1 Árido Grueso.....	42
3.9.2 Árido Fino.....	44
3.10 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD.....	46
3.11 DETERMINACIÓN DE LA MASA UNITARIA PESO VOLUMÉTRICO).....	48
3.11.1 Peso Volumétrico Suelto (PVS).....	49
3.11.2 Peso Volumétrico Varillado (PVV).....	51
3.12 ENSAYO DE ABRASIÓN DE LOS ÁNGELES.....	52
3.13 DISEÑO DE LA MEZCLA DE HORMIGÓN CONVENCIONAL POR EL MÉTODO ACI 211.1.....	55
3.14 ELABORACIÓN DE LAS PROBETAS Y VIGAS.....	61
3.15 PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO DEL HORMIGÓN.....	64
3.15.1 Cálculo del asentamiento (Cono de Abraham).....	64

3.15.2 Resistencia a la compresión.....	65
3.15.3 Módulo de Elasticidad.....	66
3.15.4 Modulo elástico Teórico.....	67
3.15.5 Resistencia a la flexión.....	67
3.15.6 Cambio de Volumen del Hormigón.....	69
4 CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS.....	71
4.1 GENERALIDADES.....	71
4.2 DOSIFICACIÓN $f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$. ESCORIA DE ACERO.....	72
4.3 ANÁLISIS DE LA DOSIFICACIÓN $f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$	73
4.4 DOSIFICACIÓN $f^c = 240 \text{ kg/cm}^2$. ESCORIA DE ACERO.....	74
4.5 ANÁLISIS DE LA DOSIFICACIÓN $f^c = 240 \text{ kg/cm}^2$	75
4.6 DOSIFICACIÓN $f^c = 280 \text{ kg/cm}^2$. ESCORIA DE ACERO.....	76
4.7 ANÁLISIS DE LA DOSIFICACIÓN $f^c = 280 \text{ kg/cm}^2$	77
4.8 ENSAYO A FLEXIÓN.....	78
4.9 MÓDULO DE ELASTICIDAD.....	78
4.10 ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO.....	79
5 CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	83
5.1 CONCLUSIONES.....	83
5.2 RECOMENDACIONES.....	85
6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	86
7 ANEXOS.....	91

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Fabricación de la escoria.....	23
Figura 2 Partes Del Horno Eléctrico.....	24
Figura 3 Vaciado de la Escoria del Horno Eléctrico.	25
Figura 4 Escoria Enfriada con Agua.....	25
Figura 5 Escoria Enfriada al Aire.	25
Figura 6 Curva Granulométrica del Árido Grueso (Escoria de Acero).	41
Figura 7 Curva Granulométrica del Árido Fino.	41
Figura 8 Máquina de Los Ángeles.....	52
Figura 9 Esquema para el Ensayo de Flexión en el Hormigón, por el Método de la Carga en los Tercios de Luz Libre.....	68
Figura 10 Representación gráfica, Hormigón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	72
Figura 11 Representación gráfica, Hormigón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	73
Figura 12 Representación gráfica, Hormigón $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$	74
Figura 13 Representación gráfica, Hormigón $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$	75
Figura 14 <i>Representación gráfica, Hormigón $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$</i>	76
Figura 15 Representación gráfica, Hormigón $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$	77
Figura 16 Análisis de Precio Unitario del Hormigón de 280 kg/cm^2 , Escoria....	80
Figura 17 Análisis de Precio Unitario del Hormigón de 240 kg/cm^2 , Escoria....	81
Figura 18 Análisis de Precio Unitario del Hormigón de 210 kg/cm^2 , Escoria....	82

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Clasificación del Cemento Portland.....	17
Tabla 2 Composición Química de la Escoria en Perú.....	26
Tabla 3 Composición Química de la Escoria en Colombia.....	26
Tabla 4 Composición Química de la Escoria en Diferentes Países.	27
Tabla 5 Composición Química de la Escoria en Ecuador.	27
Tabla 6 Composición química de la escoria de acería.	28
Tabla 7 Composición Química de la Escoria de Acero. ANDEC S.A.	28
Tabla 8 Cuadro de Operacionalización de variables.....	34
Tabla 9 Análisis Granulométrico del Árido Grueso (Escoria de Acero).	40
Tabla 10 Análisis Granulométrico del Árido Fino	41
Tabla 11 Determinación de Densidades y Porcentaje de Absorción del Árido Grueso (Escoria de Acero).	44
Tabla 12 Determinación de densidad y porcentaje de absorción del agregado fino.	46
Tabla 13 Determinación del contenido de humedad del agregado grueso (escoria)	48
Tabla 14 Determinación del contenido de humedad del agregado fino.....	48
Tabla 15 Determinación del peso volumétrico suelto del árido grueso (escoria de acero).....	50
Tabla 16 Determinación del peso volumétrico suelto del árido fino.	50
Tabla 17 Determinación del peso volumétrico varillado del árido grueso (escoria de acero).	51
Tabla 18 Gradación de las Muestras de Ensayo.	53
Tabla 19 Determinación del valor de la degradación del árido grueso. (escoria de acero).....	54
Tabla 20 Resistencia a la compresión promedia.....	55
Tabla 21 Revenimiento recomendado para diversos tipos de construcción.....	56
Tabla 22 Requisitos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes revenimientos.	56

Tabla 23	Datos de interpolación. Obtenidos de la Tabla 24.....	57
Tabla 24	Correspondencia entre la relación agua/cemento y la resistencia a la compresión del concreto.	57
Tabla 25	Volumen de agregado grueso por volumen unitario del concreto.	58
Tabla 26	Volumen de los agregados del concreto.	59
Tabla 27	Corrección de humedad de los áridos.....	60
Tabla 28	Resultados para 1 m ³ de Hormigón.....	60
Tabla 29	Peso de los agregados para un saco de cemento.	60
Tabla 30	Diseño de hormigón $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$	61
Tabla 31	Diseño de hormigón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	61
Tabla 32	Tolerancia de tiempo admisible para el ensayo de especímenes.	66
Tabla 33	Cambio Volumétrico del Hormigón a los 28 días.....	70
Tabla 34	Dosificación $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, Escoria de Acero.....	72
Tabla 35	Dosificación $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$, Escoria de Acero.....	74
Tabla 36	Dosificación $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, Escoria de Acero.....	76
Tabla 37	Resistencia a la Flexión.	78
Tabla 38	Módulo de Elasticidad.	78
Tabla 39	Resumen de los ensayos al hormigón.....	79

“DISEÑO DE HORMIGONES CON CEMENTO PORTLAND DE RESISTENCIAS $f'c = 210, 240$ Y 280 kg/cm^2 CON AGREGADO GRUESO DE ESCORIA DE ACERO DE ALTO HORNO”

Autores: Pozo Reyes Jazmin Yadira

Tomalá Palma Oscar Joel

Tutor: Ing. Richard Ramírez Palma

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo implementar, diseñar y evaluar el comportamiento de mezclas de hormigón donde el agregado grueso sea la escoria de acero proveniente de la empresa ANDEC S.A. siguiendo la metodología de diseño establecida en el código ACI 211.1. Para dar respuesta a los objetivos planteados se utilizó una metodología experimental donde se caracterizó la escoria siderúrgica como agregado, determinando su granulometría y propiedades físicas, seguidamente se realizaron las mezclas de hormigón, de resistencias convencionales $f'c = 210, 240$ y 280 kg/cm^2 sustituyendo al 100% el material granular por escoria. Se realizaron probetas cilíndricas y vigas de hormigón para determinar la resistencia a compresión, módulo de rotura, módulo elástico del hormigón endurecido a edad de 28 días. Los resultados obtenidos en los pertinentes ensayos demuestran que el hormigón con escoria de horno de arco eléctrico, supera la resistencia de diseño obteniendo una ganancia del 25, 17 y 12%, con respecto a la resistencia requerida a la edad de 28 días.

Palabras claves: Hormigón convencional, escoria de acero, horno de arco eléctrico, Resistencia a la compresión.

“DESIGN OF CONCRETE WITH PORTLAND CEMENT WITH STRENGTHS $f'c = 210, 240$ AND 280 kg/cm^2 WITH THICK AGGREGATE OF BLAST-FURNACE STEEL SLAG”

Authors: Pozo Reyes Jazmin Yadira

Tomalá Palma Oscar Joel

Academic advisor: Ing. Richard Ramírez Palma

ABSTRACT

The objective of this research work is to implement, design and evaluate the behavior of concrete mixtures where the coarse aggregate is steel slag from the company ANDEC S.A following the design methodology established in the ACI 211.1 code. To respond to the stated objectives, an experimental methodology was used where the iron and steel slag was characterized as an aggregate, determining its granulometry and physical properties, then the concrete mixtures were made, with conventional resistances $f'c = 210, 240$ and 280 kg/cm^2 substituting 100% of the granular material for slag. Cylindrical specimens and concrete beams were made to determine the compressive strength, modulus of rupture, elastic modulus of the concrete hardened at the age of 28 days. The results obtained in the respective tests show that the concrete with electric arc furnace slag exceeds the design resistance, having a gain of 25, 17 and 12% with respect to the required resistance at the age of 28 days.

KEYWORDS: Conventional concrete, steel slag, electric arc furnace, Compressive strength.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

La escoria de acero en las dos últimas décadas ha sido un material en constante estudio alrededor del mundo, siendo un material con diferentes aplicaciones. En Países como Estados Unidos, Francia y España se ha estudiado la escoria como agregado al cemento (Torres-Carrasco et al., 2018). Otras aplicaciones en donde se la ha estudiado ha sido como material de base y subbase para la construcción de carreteras e incluso como material grueso en el diseño de la mezcla asfáltica (Novoa Mendivelso, 2018).

En Ecuador se importan palanquillas de acero y se recicla acero, por lo que se tiene como desecho una producción de escoria proveniente de diferentes empresas siderúrgica. La empresa ANDEC S.A en la elaboración del acero produce gran cantidad de este residuo con un aproximado de 1000 toneladas mensuales de escoria de acero (Ing. Walter Zumba, ANDEC S.A – Gestión Ambiental- comunicación personal, 2022).

Este residuo producido por los hornos eléctricos se ha convertido en un problema ambiental, debido que en su gran mayoría no tienen ningún uso o son utilizados como material de relleno, es por lo que se busca nuevos métodos para la reutilización de la escoria siderúrgica, siendo pensado en utilizar este material como agregado grueso cuya implementación pueda resultar muy útil, por lo tanto, es necesario estudiarlo para conocer sus propiedades y comportamiento.

El presente proyecto propone la elaboración de hormigones de cemento Portland con agregado grueso de escoria siderúrgica, la cual lo tiene como desecho la empresa ANDEC S.A, y necesariamente deberán ser triturados, para luego ser tamizados y mezclados para cumplir con la granulometría TMA ¾. En los hormigones de cemento Portland de resistencias mecánicas $f'_c=210, 240$ y 280 kg/cm^2 se determinarán las propiedades en estado fresco y endurecido del hormigón para poder realizar un análisis de la implementación en los diferentes elementos estructurales de una edificación u obra vial.

1.1 PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.

Cárdenas et al. (2016) refieren que, en los últimos años, la demanda del concreto como material de construcción utilizado en las diferentes obras civiles ha incrementado ampliamente en función del aumento de la población mundial. El concreto u hormigón como material constructivo presenta muchos beneficios en cuanto a desempeño mecánico y durabilidad, siendo este una alternativa tradicional de uso en la fabricación de obras de infraestructura, tales como viviendas, edificios, túneles, presas, pisos industriales, entre otros.

A nivel mundial existe una gran demanda sobre la elaboración de hormigones tradicionales que son elaborados mediante la mezcla de materiales como, el agua, la grava, la arena y cemento, que en su mayoría son elementos no renovables extraídos de canteras, lo que redundaría en un impacto ambiental negativo, Por cual motivo surge la necesidad de implementar nuevas tecnologías o nuevos materiales que puedan servir para la elaboración de nuevos hormigones que puedan mitigar los daños ambientales y ofrecer características similares e incluso mayores a las de un hormigón tradicional.

El creciente interés por reemplazar materiales granulares por otros alternativos, con el objetivo de conservar los recursos naturales e impedir el deterioro del paisaje, uno de los materiales alternativo que puede ser utilizado como reemplazo son las escorias de alto horno producida por la empresa ANDEC S.A.

Como expresa Vélez Guayasamín (2013, p. 20) el rendimiento de la empresa ANDEC S.A en el año 2012 fue de 92.405 toneladas de acero, las mismas que originaron alrededor de 9.240 toneladas de escoria siderúrgica (10% en peso del acero). Estimando que la empresa funciona los 365 días del año, se consiguió alrededor de 25.31 toneladas de escoria por día.

En el año 2021 la empresa conto con la capacidad de producir 250 mil toneladas de acero anual, siendo la producción diaria de escoria de 68.50 toneladas, y el método convencional de la expulsión de las escorias es llevándolas a las escombreras (ANDEC SA, Noviembre de 2021). La creciente eliminación de

escoria no solo ocupa espacio de terreno, sino que también desperdicia recursos que pueden ser reutilizados y que potencialmente pueden tener un impacto en el medio ambiente debido a la contaminación del agua, el aire y el suelo producto de la liberación de metales y elementos químicos que pueden causar problemas ambientales.

La contaminación que ejerce al planeta los depósitos de las escorias siderúrgica implica buscar alternativas para la reutilización de estos desechos con el fin de reducir el impacto ambiental que produce. Esto sin originar una disminución en la calidad de la construcción para que sean realmente eficaces y aplicables para el entorno que rodea al país.

1.2 ANTECEDENTES

En el ámbito internacional se puede mencionar a Corcuera Sigüenza y Vela Fernandez (2018) con su tesis de grado titulada “Impacto en la resistencia a la compresión y permeabilidad del concreto a partir de la sustitución de la piedra por Ecogravilla de escoria de acero” la cual tiene como objetivo determinar el impacto en la resistencia al esfuerzo de compresión y permeabilidad del concreto a partir de la sustitución de la piedra por Ecogravilla de escoria de acero. La tesis que realizaron se dio a través de la sustitución de la grava en porcentajes del 20%, 35%, 50% y 65%. Posteriormente se observó el impacto en su resistencia a la compresión y penetración de agua bajo presión para medir su permeabilidad. Los autores antes mencionados concluyen que los resultados obtenidos de los ensayos a compresión y penetración del agua para los concretos realizados muestran que hasta un porcentaje de sustitución del 50% de Ecogravilla por piedra, la resistencia a la compresión se incrementa, así como su permeabilidad. La resistencia e impermeabilidad se reduce en un porcentaje de sustitución del 65%.

Esta investigación nos muestra que, a mayor porcentaje de sustitución de la escoria de acero, la resistencia a la compresión disminuye, siendo el contenido óptimo de reemplazo de agregado grueso el 50%, cabe mencionar que la escoria de acero utilizada en esta investigación proviene de la Corporación Aceros Arequipa ubicada en Perú, por lo que la escoria usada para nuestra investigación proveniente de la

empresa ANDEC puede presentar mejores prestaciones con un reemplazo mayor al 50% o incluso del 100%.

Suárez Hincapie (2019), Da a conocer en su tesis “Evaluación de escorias siderúrgica de horno de arco eléctrico en mezclas de concreto estructural”, cuyo objetivo fue evaluar el efecto del uso de estas escorias como materiales cementantes suplementarios y como agregado en concreto estructural; con referencia a las especificaciones del código colombiano de construcciones sismo resistentes. Experimentaron con escorias provenientes del afino oxidante (escoria negra) y del afino reductor (escoria blanca) de una siderúrgica local, determinando su composición fisicoquímica y mineralógica, obteniendo la graduación y pesos volumétricos, prepararon mezclas de concreto con resistencias nominales de 4.000, 5.000 y 6.000 psi considerando sustituciones del 15, 20 y 25% del cemento por escorias previamente molidas, y por otra parte usando 5%, 10% y 15% de escoria como agregado, a una resistencia a la compresión de 4.000 psi. Finalmente, fueron realizados ensayos de durabilidad del concreto como son resistencia a cloruros, sulfatos, permeabilidad al agua. Luego del análisis de los resultados de caracterización, resistencia y durabilidad, se confirma la aptitud de las escorias siderúrgicas provenientes de hornos a arco eléctrico para ser usadas como materiales cementantes suplementarios y como agregados en mezclas de concreto estructural.

El aporte de sus resultados es prometedor para nuestra investigación, puesto que reafirma las bondades de las escorias siendo usadas como agregado cementante y como agregado grueso, teniendo un aumento en la resistencia a compresión para la cual fue diseñado.

En el trabajo de titulación presentada por Tirado Chavez (2018) con el tema “Resistencia de un concreto con agregado grueso sustitución en un 45% y 48% por escoria de horno de arco eléctrico” el objetivo principal fue incorporar, diseñar y evaluar el comportamiento de una mezcla de concreto donde el agregado grueso (piedra), fue sustituido en un 45% y 48 % por la escoria de acero de los hornos eléctricos, elaboradas por la empresa siderúrgica SIDERPERU, Perú. Esta investigación se realizó en una primera fase donde se diseñó un concreto tradicional

para la resistencia $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, a la que se le denomina como mezcla patrón, en una segunda fase a esta mezcla se le sustituye a la grava por la escoria de acería en el porcentaje de 45% y 48%, y en una tercera fase se realiza la evaluación y comparación de la resistencia a la compresión en estado endurecido a las edades de 7, 14 y 28 día. Los resultados obtenidos demuestran que el concreto experimental con 45 % y 48% de sustitución del agregado grueso por escoria de horno de arco eléctrico superan la resistencia del concreto patrón, sin embargo, presenta mejores resultados el concreto experimental con 45% de escoria.

Como señala Speranza (2019) en su tesis de Master que lleva como título “Evaluación de hormigones conductores con áridos siderúrgico” donde se realizó un estudio para obtener las capacidades de conductancia eléctrica en hormigones con fibras metálicas realizados con áridos provenientes de escoria de acería estabilizados. Para este estudio se caracterizó y determinó las constantes físicas de cada uno de los áridos, granulometría, densidad, absorción y composición mineralógica. Se plantearon dos campañas experimentales con el objetivo de observar los distintos comportamientos conductivos entre hormigones de distintas escorias. En la primera campaña experimental se respeta una misma dosificación para el árido siderúrgico. Y en la segunda campaña experimental se increpan y se adecuan la distribución granulométrica y relación en peso específico con la finalidad de obtener mejor trabajabilidad y una mayor homogeneidad entre muestras de distintas escorias. Este trabajo concluye que los resultados obtenidos son alentadores debido a la composición mineralógica de cada escoria se mejoran en mayor o menor medida la capacidad conductiva de los hormigones y son idóneos de trabajar adecuadamente en unión con fibras metálicas disminuyendo la resistividad final del hormigón.

En la tesis doctoral realizado por González Ortega (2015) con el tema “Comportamiento y diseño de hormigones estructurales con áridos siderúrgicos EAF” donde tuvo como objetivo principal evaluar la técnica de los agregados siderúrgicos para la elaboración de hormigones con la sustitución del 100% del agregado grueso y 80% del agregado fino convencional. Para el presente estudio se dividió en tres partes. En primer lugar, se analizaron las propiedades físicas, químicas y mineralógicas de los áridos utilizados (acero) y se evaluó el

comportamiento de cada árido durante el proceso de amasado. En segundo lugar, se determinó la cantidad ideal de árido de acero para fabricar hormigón de alta resistencia con responsabilidad estructural. Asimismo, se investigaron y compararon las propiedades mecánicas. Finalmente, se investigó la durabilidad del hormigón estudiado ante los posibles procesos de degradación para la aplicación propuesta. Los resultados de los ensayos muestran que las propiedades mecánicas de los hormigones siderúrgicos son similares o superiores a las medidas para los hormigones convencionales, lo que se ve reflejado en el ensayo de compresión donde la resistencia de diseño fue de 30 MPa y se obtuvo resistencias que van de 45 a 50 MPa. Asimismo, se encontró que el hormigón de acero tiene una resistencia al deslizamiento similar y una mayor resistencia al desgaste en comparación con el hormigón convencional. Estos resultados respaldan el uso de agregados de acero para la fabricación de concreto de alta resistencia con responsabilidad estructural y capacidades de protección contra la radiación, así como para capas resistentes al desgaste.

Los resultados obtenidos, se ven influenciados también por la adición responsable del aditivo fluidificante, puesto que este contribuye en los dos comportamientos analizados: aumentado la resistencia a la compresión y reducción de la permeabilidad del agua. Al mismo tiempo, para asegurar su comportamiento es posible adicionar arenas correctoras (granulometría menor del tamiz N°8) para reemplazar la ausencia de finos si fuera necesario. Consecuentemente, este tema de investigación contribuye a que se puede hacer uso de los concretos con áridos siderúrgicos ya que si pueden hacer de función estructural y radiológica.

Según Torres-Carrasco et al. (2018) mencionan en su artículo “Hormigones de escoria activadas alcalinamente. Comportamiento mecánico y durable” el objetivo fue valorar las resistencias mecánicas y la durabilidad de hormigones de escorias activadas alcalinamente utilizando como activador una disolución de silicato sódico hidratado. Estos hormigones se comportan en resistencia y porosidad similares a los del hormigón de cemento Portland. Los ensayos son las pruebas realizadas, ya que muestran que el hormigón de escoria activada alcalinamente tiene una buena durabilidad a la penetración de cloruro y un buen comportamiento de adhesión a las barras de acero corrugado comparable al hormigón de cemento Portland.

En el ámbito nacional, Tirado Gutiérrez (2020) señala que llevó a cabo un estudio sobre el “Análisis comparativo del uso de escoria de siderurgia para la estabilización de suelo” que se realizó en el cantón Ambato, el cual tuvo como objetivo analizar las propiedades y comportamiento mecánico de la estabilización de suelos a partir de la utilización de escoria de siderurgia, con el fin de mejorar las condiciones para su uso. En el presente proyecto experimental se tomó muestras de dos diferentes tipos de suelo y de escoria de siderurgia, para poder hacer el análisis comparativo y poder establecer su comportamiento; los mismos que permitieron realizar el ensayo de estabilización de suelos. Las arenas arcillosas y limo arenosos forman la población. Las muestras de suelo para el presente proyecto experimental fueron extraídas de dos diferentes sectores. La muestra de suelo arcilloso fue extraída de la región Amazónica del Ecuador, sector Murialdo, provincia Pastaza. La muestra de suelo limo arenoso fue extraído de la región Sierra del Ecuador, sector Pilisurco, provincia Tungurahua. La muestra de escoria de siderurgia fue extraída de la fábrica “El Mundo de la Polea” ubicada en la ciudad de Ambato. Esta muestra es resultado de la fundición de hierro en horno de cubilote, tras el análisis de los respectivos ensayos se concluyó que a medida que aumenta el porcentaje de escoria de siderurgia va incrementando la capacidad de soporte para ambas muestras siendo más evidente en la muestra limo arenosa y menor en la arcilla. Por lo cual la escoria de siderurgia es un material óptimo e idóneo para la estabilización de suelos, así lo demuestra los ensayos del presente trabajo experimental.

En la tesis de Vélez Guayasamín (2013) con el tema “Hormigones de escoria de acero de Horno Eléctrico: prestaciones mecánicas, físicas y químicas”, cuyo trabajo, tiene como objetivo incorporar la escoria de acero en la elaboración de mezclas de hormigón, para evaluar sus prestaciones mecánicas, físicas y químicas, con el afán de reducir, reciclar y reutilizar los desechos industriales proveniente de empresas siderúrgicas y así de esa manera en un futuro cercano pueda ser utilizado en el sector de la construcción del Ecuador para obras puntuales las cuales cumplan con las normas y especificaciones técnicas requerida. Vélez concluye que las prestaciones físicas el grano de escoria siderúrgica es alrededor de 1.15 veces más pesado que un árido natural, motivo por el cual presenta una mayor densidad en comparación con los hormigones tradicionales. La escoria de acero, en calidad de agregado grueso posee un coeficiente de desgaste poco resistente a la abrasión según

los límites del Instituto Ecuatoriano de Normalización; la escoria puede ser implementado como agregado grueso permitiendo la conservación de recursos naturales. En las prestaciones mecánicas, los hormigones fabricados con escoria poseen resistencia entre 30 – 60 MPa, siendo estos poco menores en comparación con los hormigones convencionales de alta resistencia. Sin embargo, los hormigones obtenidos con escoria de acero no dejan de ser catalogado como hormigones obtenidos de alta resistencia porque sus esfuerzos superan los 50 MPa.

1.3 HIPÓTESIS

1.3.1 Hipótesis General

La implementación de la escoria siderúrgica en el hormigón, sustituyendo al árido grueso convencional en el 100% aportara mejores resistencias a la compresión siendo esta una de las principales propiedades del hormigón.

1.3.2 Hipótesis Específica

H.E1.: Las resistencias a la compresión de los hormigones elaborados con escoria de acero serán mayores a las resistencias de diseño, siendo estas de $f^c = 210, 240$ y 280 kg/cm^2

H.E2.: El precio de los hormigones con escorias de acero será más económico que un hormigón convencional.

1.4 OBJETIVOS.

1.4.1 Objetivo General.

Obtener las mezclas de hormigones de cemento GU para resistencias a la compresión $f^c = 210, 240$ y 280 kg/cm^2 usando el código ACI 211.1 reemplazando el agregado grueso al 100% por la escoria siderúrgica proveniente de la empresa ANDEC. S.A.

1.4.2 Objetivos Específicos.

O.E1.: Diseñar las dosificaciones de hormigones de resistencias a la compresión $f'c = 210, 240$ y 280 kg/cm^2 , reemplazando el agregado grueso por la escoria siderúrgica y determinar las propiedades del hormigón en estado fresco y endurecido.

O.E2.: Analizar los precios unitarios de la elaboración del hormigón con escoria de acero.

1.5 ALCANCE.

La respectiva investigación tiene como alcance la elaboración de hormigones ecológicos dentro del área de Ingeniería Civil, cuyas resistencias a la compresión sean de $f'c = 210, 240$ y 280 kg/cm^2 , haciendo uso del reglamento ACI 211.2, las normas INEN y ASTM, para el tratamiento de los materiales y las cantidades adecuadas para el diseño de la mezcla. Utilizando materiales como el agregado fino (arena negra), agua, y el reemplazo del agregado grueso al 100% por la escoria siderúrgica.

No se realizará ensayos como la impermeabilidad, contenido de aire, durabilidad, la resistencia a la corrosión ni los ataques de otras sustancias químicas destructivas, que son propiedades indispensables en el hormigón, esto debido a la ausencia de materiales y herramientas que permitan obtener estas propiedades dentro del laboratorio de la Universidad.

En estos diseños de hormigones de resistencias, $f'c = 210, 240$ y 280 kg/cm^2 se utilizará el cemento tipo GU que es de uso general como nos lo indica la norma INEN.2380 Además, este estudio nos permite conocer el comportamiento ante los diferentes esfuerzos aplicados en los ensayos de compresión y tensión. Los resultados adquiridos durante los respectivos ensayos nos brindaran una mejor perspectiva para saber si en realidad el material cumple con las normativas requeridas para ser utilizado en el ámbito de la construcción, como sustitución total del agregado grueso.

1.6 VARIABLES.

1.6.1 Variables Dependientes:

Resistencia a la compresión y resistencia a la flexión del hormigón elaborado con escoria de acero de alto horno.

1.6.2 Variables Independientes:

- a. Escoria de acero de arco eléctrico.
- b. Agregado fino arena negra.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 GENERALIDADES.

La presente investigación “DISEÑO DE HORMIGONES CON CEMENTO PORTLAND DE RESISTENCIAS $F'C= 210, 240$ Y 280 KG/CM^2 , CON AGREGADO GRUESO DE ESCORIA DE ACERO DE ALTO HORNO” consiste en el estudio de la resistencia a compresión de probetas cilíndricas de hormigón con adición de escorias de acero, sustituyendo totalmente el agregado grueso. Para el desarrollo del tema se requiere conocer algunos conceptos básicos.

2.2 HORMIGÓN.

Material compuesto que consiste esencialmente de un medio aglutinante en el que están embebidos partículas y fragmentos de áridos. Los materiales que integran el hormigón son cemento, agua, agregados grueso y fino, aditivos (NTE INEN 1762, 2015, p. 4).

El hormigón, conocido como piedra artificial, está formado por lechadas, áridos y aditivos facultativos, y de acuerdo con la correcta selección de las cantidades de estas materias primas que componen el hormigón, ha experimentado una considerable resistencia a la compresión e importantes propiedades mecánicas en su estado fresco hasta su estado endurecido. También es un conglomerante multifuncional en cuanto a su uso en el sector de la construcción, presente en ingeniería hidráulica, estructural, vial y sanitaria, es decir, cubre un amplio rango de aplicaciones, en ingeniería es el material más utilizado e importantes.

En la Antigua Grecia, hacia el 500 a. C., se mezclaban compuestos de caliza calcinada con agua y arena, añadiendo piedras trituradas, tejas rotas o ladrillos, dando origen al primer hormigón o concreto de la historia, usando tobas volcánicas extraídas de la isla de Santorini.

2.3 TIPOS DE HORMIGÓN.

2.3.1 Hormigón de peso normal:

“Suele ser el hormigón convencional que contiene agregados que cumplen con lo descrito en ASTM C33.” (NEC-SE-HM, 2015, p. 11). Este tipo de hormigón suele tener una densidad alrededor de 2600 a 2400 kg/cm³, y es usado para estructura donde no se demande propiedades especiales.

2.3.2 Hormigón estructural:

“Es aquel hormigón utilizado con propósitos estructurales llegando a ser los reforzados y simple.”(NEC-SE-HM, 2015, p. 11). Es que hormigón donde su mezcla además de la arena, cemento, agua y la grava implementa el acero, es usado para la construcción de elementos como vigas, columnas, muros entre otros.

2.3.3 Hormigón liviano:

“Este hormigón suele tener una densidad de aproximada, entre 1440 y 1840 kg/cm³.”(NEC-SE-HM, 2015, p. 11).

Una propiedad importante del concreto liviano es su conductividad térmica relativamente baja, que mejora a medida que disminuye la densidad. En los últimos años, se ha prestado más atención a la reducción del consumo de energía de los sistemas de aire acondicionado en los edificios, y el concreto liviano puede mejorar el medio ambiente y mantener temperaturas interiores agradables debido a su baja conductividad térmica (Arce Pezo, 1997, p. 2)

2.3.4 Hormigón reforzado:

“Hormigón estructural reforzado no contiene menos de la cantidad mínima de acero de preesforzado o refuerzo no preesforzado.”(NEC-SE-HM, 2015, p. 11), es un concreto que cuenta con armadura metálica interna.

2.4 PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO DEL HORMIGÓN.

El concreto en estado fresco debe tener buena flexibilidad para manejar adecuadamente la mezcla, lo que significa que puede ser mezclado y puesto a trabajar sin inconvenientes y entorpeciendo el buen funcionamiento de las actividades. Un correcto control de las propiedades en estado fresco redundará en una construcción eficiente del hormigón en estado endurecido, dando como resultado una superficie específica óptima. Al verificar las propiedades del concreto fresco, las instrucciones son las siguientes:

2.4.1 Trabajabilidad.

Esta propiedad del hormigón fresco se puede definir como la facilidad con la que se puede mezclar, transportar y compactar el hormigón con una determinada cantidad de energía. El principal factor que afecta la trabajabilidad del concreto es el contenido de humedad de la mezcla. Ahora bien, si se fijan la cantidad de agua y otras proporciones de la mezcla, la trabajabilidad dependerá del tamaño máximo, tamaño de partícula, forma y textura superficial del agregado. La trabajabilidad afecta la resistencia del concreto endurecido porque para obtener la resistencia suficiente, el material debe compactarse hasta un peso máximo por unidad de volumen. La presencia de aire reduce en gran medida la resistencia del hormigón (Giraldo Bolívar, 1987).

2.4.2 Consistencia.

Otro término utilizado para caracterizar el estado plástico del hormigón es el de consistencia, aunque está relacionado con el concepto de manejabilidad, no es sinónimo. En términos generales, la consistencia se refiere a su estado de fluidez, es decir, qué tan dura (seca) o blanda (fluida) es una mezcla de concreto cuando está en su estado plástico, llamado grado de humedad de la mezcla (de Guzmán, 2001, p. 111). La consistencia del concreto es el mayor o menor grado que tiene para deformarse y como consecuencia de esta propiedad, de ocupar todos los espacios vacíos del molde donde se coloca.

2.4.3 Plasticidad.

La plasticidad es la consistencia del hormigón, por lo que se le puede dar forma fácilmente, pero si se quita el molde, el nuevo hormigón cambiará de forma lentamente. Por este motivo, las mezclas que no sean ni muy secas ni muy líquidas no pueden considerarse mezclas de consistencia plástica (de Guzmán, 2001, p. 112).

2.4.4 Fluidéz.

Esta propiedad permite juzgar si la cantidad de agua presente en la mezcla es insuficiente, es importante destacar que, a mayor fluidez en la mezcla de concreto, menor resistencia a la compresión obtenida, según lo cual las mezclas secas son comunes en el concreto. Diseño de hormigón de alta resistencia (Bermúdez Andrade y Cadena Perugachi, 2015).

2.5 PROPIEDADES EN ESTADO ENDURECIDO DEL HORMIGÓN.

El hormigón tiene la capacidad de soportar cargas de resistir fuerzas o esfuerzos, sin agrietarse, dentro de las propiedades tenemos:

- a. Resistencia a la compresión.
- b. Resistencia a la flexión.
- c. Resistencia a la tracción.
- d. Resistencia a cortante.

2.5.1 Resistencia a la compresión.

Desde el punto de vista de Valcuende et al. (2011). En los hormigones la resistencia se incrementa más en las primeras edades, luego el proceso se ve en forma lenta hasta el lapso de un tiempo que finalmente se estabiliza. A una edad de 28 días que se ha ensayado el cilindro se le considera como patrón de resistencia, porque a esa edad se estima ya alcanzado gran parte de la resistencia total. Los

elementos que actúan en el endurecimiento del hormigón son el cemento, un buen proceso de curado, el empleo de aditivos como acelerantes/retardantes y adiciones.

El hormigón tiene buena resistencia a compresión. Por ende, el ensayo de compresión se lo realiza en una prensa hidráulica, consiste en determinar la carga máxima que soporta dicho cilindro y es muy fácil de realizar (Del Viso et al., 2007).

2.5.2 Resistencia a la flexión.

Los elementos sometidos a flexión tienen una zona sometida a compresión y otra región en que predominan los esfuerzos de tracción. Este factor es importante en estructura de concreto simple, como las losas de pavimentos (Hernández, 2010).

La capacidad de flexión del hormigón está representada por el módulo de ruptura (MR), que es un valor obtenido a través de un procedimiento indirecto utilizado para determinar la resistencia a la tracción del hormigón a través de ensayos de flexión de vigas. La propiedad más conocida del hormigón hidráulico es su resistencia a la compresión, sin embargo, el módulo de ruptura juega un papel muy importante en el diseño de pavimentos u otras estructuras de soporte del suelo (Botto Lugo y Santacruz Pachón, 2017).

2.5.3 Resistencia a la tracción.

Debido a sus propiedades, el concreto es muy débil en esfuerzos de tracción, y esta propiedad generalmente significa que no se considera en estructuras normales. Las fuerzas de tracción están relacionadas con el agrietamiento del hormigón debido a la contracción por fraguado o cambios de temperatura, ya que estos factores crean fuerzas de tracción internas. (Hernández, 2010, p. 124).

2.5.4 Resistencia a cortante.

El concreto tiene una resistencia al corte más baja, pero generalmente se considera en los códigos de diseño estructural. Este tipo de tensión es importante

en el diseño de vigas y cimentaciones, y sus valores son superiores a la resistencia del hormigón.(Hernández, 2010, p. 125).

2.6 CEMENTO.

La etimología de la palabra cemento proviene de la expresión romana "opus caementicium" (trabajo de cemento), que se refiere a un mortero con propiedades hidráulicas obtenido mezclando piedra volcánica Puzzoli molida y cal, que produce un mortero, al que se le incorporaban áridos gruesos durante su ejecución (Romea, 2014).

Para Sánchez (2002, p. 33), la etimología de la palabra "cemento", que se convirtió en caementum en la transición del latín clásico al vulgar, conservó inicialmente el significado de piedra pequeña, y luego asumió, por el típico proceso de sinécdoque, que significa todo conglomerado formado por agua, ligante y piedras. El cemento era sinónimo de hormigón.

De acuerdo con la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 151 (2010) el cemento portland es un cemento hidráulico producido por la pulverización del Clinker, consistente esencialmente de silicatos cálcicos hidráulicos cristalinos, usualmente contiene uno de los siguientes elementos: agua, sulfato de calcio, hasta 5% de piedra caliza y adiciones de proceso.

El cemento es el material básico de la construcción y la ingeniería civil, y su principal propiedad es la de formar piedras fuertes y duraderas cuando se mezcla con áridos y agua. La piedra artificial resultante debe moldearse. Estas tres cualidades (moldeable, resistente a la corrosión, duradero) significan que los productos de cemento tienen una amplia gama de aplicaciones en la construcción de infraestructura y otros elementos de construcción. (Sanjuán Barbudo y ChinChón yepeS, 2014, p. 4).

Es el principal componente para realizar una mezcla de hormigón y morteros, una vez que este actúa con el agua tiende a formarse una masa moldeable que se adapta a los usos o moldes de acuerdo con lo que se requiera, tomando en cuenta que se

deberá manipular la masa en un corto tiempo ya que pasado un lapso de tiempo este se endurecerá, y luego pasara al proceso del curado.

2.7 CEMENTO PORTLAND.

El cemento portland se define como cemento hidráulico producido por trituración de Clinker, que consiste principalmente en silicato de calcio hidráulico, que generalmente contiene uno o más de los siguientes: sulfato de calcio, piedra caliza hasta un 5% y aditivos de proceso.(NTE INEN 151, 2010). La norma NTE INEN 152 especifica las propiedades y requisitos que debe cumplir el cemento Portland.

Tabla 1

Clasificación del Cemento Portland.

	TIPO	DESCRIPCION	NORMA	
			INEN	ASTM
PUROS	I	Uso común	152	C 150
	II	Moderada resistencia a sulfatos	152	C 150
	III	Elevada resistencia inicial	152	C 150
	IV	Bajo calor de hidratación	152	C 150
	V	Alta resistencia a la acción de sulfatos	152	C 150
PUROS	IS	Portland con escoria de altos hornos	490	C 595
	IP	Portland puzolánico	490	C 595
	P	Portland puzolánico (cuando no se	490	C 595
	I (PM)	Portland puzolánico modificado	490	C 595
	I (SM)	Portland con escoria modificado	490	C 595
	S	Cemento de escoria	490	C 595
POR DESEMPEÑO	GU	Uso general	2380	C 1157
	HE	Elevada resistencia inicial	2380	C 1157
	MS	Moderada resistencia a sulfatos	2380	C 1157
	HS	Alta resistencia a los sulfatos	2380	C 1157
	MH	Moderado calor de hidratación	2380	C 1157
	LH	Bajo calor de hidratación	2380	C 1157

Nota: Cementos Portland según su Tipo. Fuente: Tomado del *Instituto Ecuatoriano del Cemento y del Hormigón (INECYC, 2007)*.

El cemento Portland es el componente básico del hormigón. El hormigón se forma cuando el cemento Portland se combina con agua para endurecerse sobre arena y piedra. El cemento está hecho de una combinación química estrictamente

controlada de calcio, silicio, aluminio, hierro y otros elementos. Joseph Aspdin, un albañil de Leeds, Inglaterra, fabricó cemento Portland por primera vez a principios del siglo XIX quemando piedra caliza y arcilla en polvo en la estufa de su cocina. A través de este método básico, sentó las bases para una industria que anualmente procesa montañas de piedra caliza, arcilla, piedra de cemento y otros materiales en polvos tan finos que pueden pasar a través de tamices ASTM No. 200 capaces de retener agua (PCA, 2019).

2.7.1 Cemento Portland por desempeño:

La norma NTE INEN 2380 (2011, p. 2) menciona 6 tipos de cementos existentes:

- a. TIPO GU: Para construcción general.
- b. TIPO HE: Alta resistencia inicial.
- c. TIPO HS: Alta resistencia a los sulfatos.
- d. TIPO MH: Moderado calor de hidratación.
- e. TIPO LH: Bajo calor de hidratación.

Cabe recalcar que en la norma INEN 2380 en el numeral 5.2.6 indica que cuando no se especifica el tipo de cemento se interpretara que se ha especificado el tipo GU.

2.7.2 Cemento tipo GU.

“Se define como el cemento que fragua y endurece por reacción química con agua y así mismo es capaz endurecer bajo el agua”(Holcim Ecuador S.A, 2019, p. 6)

El cemento Holcim tipo GU cumple con lo establecido en la Norma NTE INEN 2380 (2011) el cemento Tipo GU de uso general, puede ser utilizado en cualquier proyecto de construcción donde no se requieran propiedades especiales, el cemento Holcim Fuerte cuenta con una ecoetiqueta que garantiza una reducción de 30% en las emisiones de CO₂, demostrando el compromiso con el medio

ambiente, teniendo una excelente resistencia mecánica, mejora la trabajabilidad de las mezclas, reduce la segregación y exudación

El cemento GU, diseñado para todo tipo de construcción, sus principales características son su resistencia, durabilidad y desempeño sobresaliente, cumpliendo y excediendo los estándares de la norma (NTE INEN 2380, 2011).

2.8 AGUA.

El agua desempeña uno de los papeles vitales en el hormigón. Es el componente que se combina químicamente con el cemento para producir la pasta que aglutina las partículas del árido, las mantiene unidas y colabora en gran medida con la resistencia y todas las propiedades mecánicas del hormigón. No serán utilizadas en la preparación de un hormigón, aguas servidas, aguas de desechos industriales, aguas blandas o de deshielo de montañas, aguas con elevadas concentraciones de sólidos disueltos o en suspensión. No se debe utilizar agua salada o de mar. El agua utilizada para el curado del hormigón estará libre de cantidades perjudiciales de ácidos, álcalis, sales, materiales orgánicos u otras sustancias que son nocivas para el hormigón durante el fraguado o después del mismo (NEC-SE-HM, 2015).

2.9 ÁRIDOS.

Los áridos son materiales de construcción sacados de canteras, estas pueden ser de diferentes tamaños, pueden ser de origen natural, artificial o de materiales reciclados, como en este tema de estudio trabajaremos con la escoria de acero un material reciclado. Los áridos por su naturaleza se clasifican en: gruesos (gravas) y finos (arenas).

Los áridos o agregados son partículas de roca de diferentes tamaños que se mezclan con cemento y agua para formar morteros u hormigón. Son en gran parte responsables de su resistencia, por lo que deben elegirse con cuidado, teniendo en cuenta su comportamiento físico. Los áridos suelen tomarse de la zona donde se va a realizar el trabajo; se extraen de las orillas de los ríos, arroyos o canteras. Deben ser limpios; no deben contener tierra, suciedad, carbón, madera, raíces, hojas, o

cualquier otro material o residuo animal o vegetal (Chirif Rivera y Molina Barentzen, 2010).

2.9.1 Agregado fino.

Los áridos finos son todos los materiales que pasan por un tamiz # 4. De acuerdo con Gutiérrez de López (2003). El árido fino o arena se utiliza como relleno, también actúa como lubricante sobre el que rueda el árido grueso, facilitando la manipulación del hormigón. La falta de arena se refleja en la rugosidad de la mezcla, y el exceso de arena requiere mayor cantidad de agua para crear un cierto asentamiento, ya que cuanto más arena tiene la mezcla, más viscosa se vuelve, porque necesita más agua, por lo que necesita más cemento para conservar una determinada relación agua-cemento.

2.9.2 Agregado grueso.

En la actualidad se están realizando hormigones de forma experimental con diferentes tipos de materiales como sustituto del agregado grueso, reemplazándoles de forma total o parcial, como, por ejemplo: desechos de fibras de coco, escorias volcánicas, bloque de arcilla triturado, concreto reciclado, entre otras.

El agregado grueso consiste en grava o una combinación de grava o agregado triturado. Sus partículas quedan retenidas en el tamiz # 4. Producción de árido triturado por trituración. Cantera, bola, canto rodado o grava grande para mayor resistencia en lugar de un agregado redondeado. Esto se debe a la Partículas de esquina. Las propiedades de los agregados gruesos afectan la resistencia última del concreto. Endurecimiento y su resistencia a la descomposición y otros efectos dañinos. mosto agregado No contiene ningún material orgánico y debe adherirse bien al cemento. (Conrado Díaz y Rojas Santiago, 2012, p. 42)

2.10 ADITIVOS.

Son sustancias que se agregan a una mezcla de concreto en proporciones mínimas (0.1 a 0.2%) para alterar una o más de sus propiedades de manera planificada y

controlada. Pueden ser de diferentes tipos, principalmente los incorporadores de aire (retienen el aire para mejorar la trabajabilidad, la resistencia al congelamiento del concreto y la impermeabilidad), reductores de agua, retardantes (retarda el fraguado con el fin de conservar el concreto trabajable por más tiempo), acelerantes (acelera el fraguado y el progreso de la resistencia del hormigón a temprana edad), plastificantes (permiten reducir la cantidad de agua necesaria para obtener la consistencia deseada del hormigón; actúan como plastificantes y retardantes).

2.11 ESCORIA DE ACERÍA.

Una acería es una planta industrial especializada en la producción y refinación de acero a partir de otros aceros, reciclado de otros aceros y hierro fundido en la producción en altos hornos, cuya principal materia prima es la chatarra o fabricación de hierro dulce. El proceso de aceración consiste en reducir el contenido de carbono, eliminar impurezas como S (azufre), P (fósforo) y ajustar la composición mineral según sea necesario, como Mg (magnesio), Ni (níquel), V (vanadio), etc. Los materiales fundentes se utilizan para reducir la temperatura requerida para la fusión del metal y su trabajabilidad, a través de este proceso se producen impurezas en la parte superior, estas impurezas son removidas y eliminadas como residuos inútiles llamados escoria negra, se dejan enfriar y se almacenan (Speranza, 2019).

La escoria metalúrgica es una solución o mezcla no metálica compuesta de óxidos, que se forman a alta temperatura a partir de fundentes e impurezas, que son menos densos e insolubles en el metal, y flotan en el baño metálico. Dependiendo de la ruta de fabricación, se producen varios tipos de escoria en el proceso de fabricación de acero, tales como: escoria de alto horno, escoria de horno de fusión por arco y escoria de cuchara. Cada escoria tiene unas características diferentes en cuanto a composición y propiedades, y de estas características depende la posibilidad de un uso posterior.(Suárez Hincapie, 2019).

Los desechos sólidos de las industrias metálicas, denominados escoria (residuo), se transformarán en agregados sea grueso o fino para la obtención de mezclas de hormigón con nuevas propiedades y distintos usos, evitando así su degradación y el

impacto en el medioambiente (Frías Muñoz y Salazar Amagua, 2019). En lo que refiere a tamaños, el hormigón combinado con escoria no tiene limitaciones: podría utilizarse para asfaltar vías, hacer muros, tiene múltiples aplicaciones

2.12 FABRICACIÓN DE LA ESCORIA SIDERÚRGICA.

El proceso de obtención de las escorias siderúrgicas comienza con la clasificación de las chatarras de acero y ferroaleaciones, que se consideran materias primas de las escorias. Después de clasificar las materias primas, el proceso de producción de escoria se divide en dos etapas: fusión y afino.

2.12.1 Fusión.

Una vez introducida la chatarra en el horno, el reactivo y escoriante (cal fundamentalmente), se desplaza la bóveda hasta cerrar el horno y se bajan los electrodos a la distancia adecuada, dejando saltar el arco hasta fundir completamente el material cargado. Este proceso se repite hasta completar la capacidad del horno y este acero constituye la fundición.

Posteriormente se da el proceso de doble escoriado, el cual se divide en dos etapas. En la primera etapa se inyecta de manera simultánea carbón y oxígeno al horno lo que genera una escoria espumosa de carbono y fósforo, al mismo tiempo que se produce la oxidación de metales principales tales como silicio, manganeso, hierro, azufre, entre otros; a esto es lo que denominamos etapa de fusión de la escoria siderúrgica.

2.12.2 Afino.

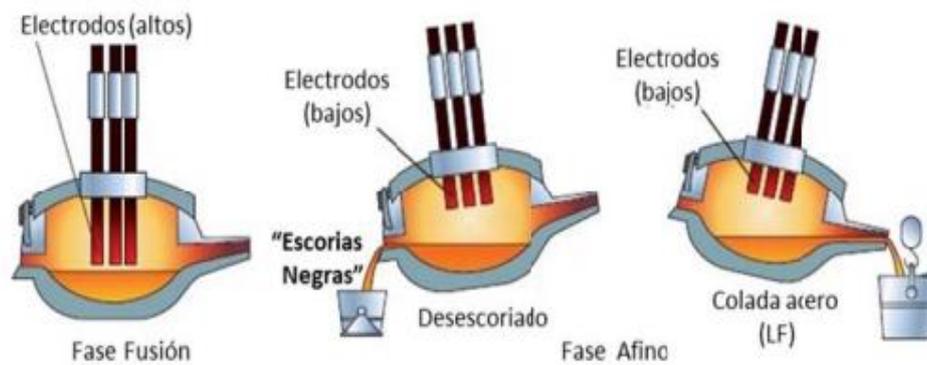
Este proceso se lleva a cabo introduciendo al horno cal calcita y cal dolomita, las mismas que reaccionan con el líquido fundente para obtener un metal de bajo contenido de oxígeno (desoxidación) y eliminar la mayor parte de azufre. La desoxidación completa se termina al momento de añadir ferroaleaciones, primero el manganeso y luego el silicio, para conseguir óxido de manganeso y óxido de silicio que tienden a formar partículas livianas que ascienden formando la

segunda escoria, dicha escoria se denomina escoria reductora y puede alcanzar temperaturas alrededor de los 1600 °C.

Luego las escorias básicas oxidantes y reductora en estado líquido se mezclan. Finalmente, la escoria cristalizada se retira del horno para su respectivo enfriamiento.

Figura 1

Fabricación de la escoria.



Nota: Obtenido de (Villaverde Adri, 2009)

2.13 ESCORIA DE ARCO ELÉCTRICO.

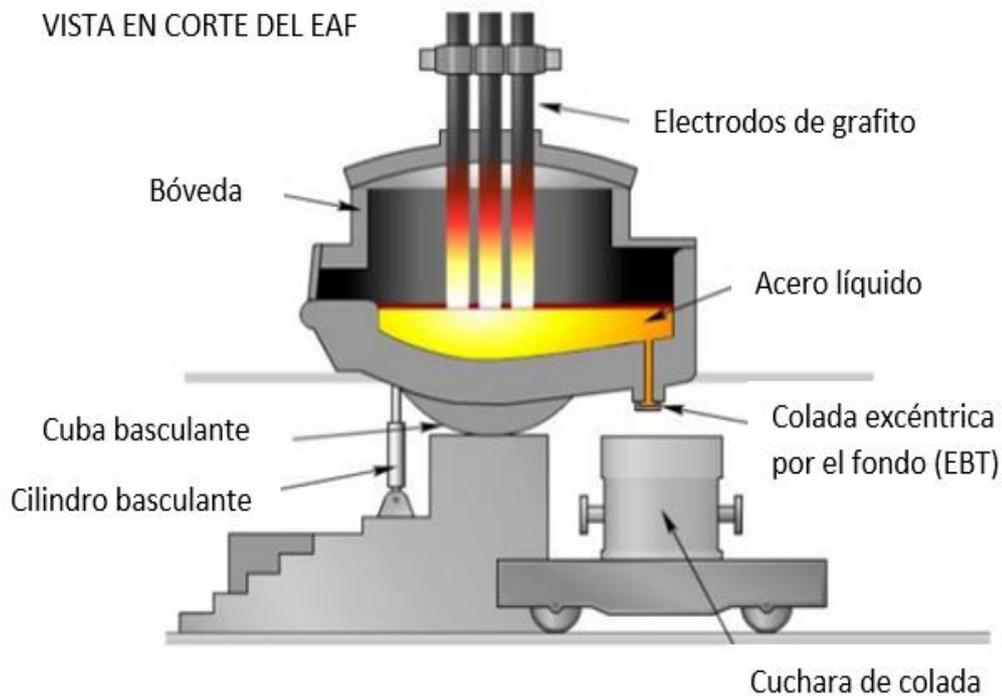
El horno eléctrico radica en un gran recipiente cilíndrico de chapa gruesa (15 a 30 mm de espesor) revestido de material refractario que forma la solera y alberga el baño de acero líquido y escoria. El resto del horno está hecho por paneles refrescados por agua. La bóveda es desplazable para permitir la carga de la chatarra a través de unas cestas adecuadas. La Figura 2 muestra una vista en corte del horno de arco eléctrico en la cual pueden diferenciarse sus distintas partes, donde cada una de ellas tendrá su finalidad en el proceso de producción del acero (Pérez Fernández, 2015).

La bóveda está dotada de una serie de agujeros por los que se introducen los electrodos, siendo estos tres, que son gruesas barras de grafito de hasta 700 mm de diámetro. Los electrodos se mueven de forma que se puede regular su distancia a medida que se van consumiendo. Los electrodos están conectados a una fuente de energía o transformador lo que le da unas condiciones de voltaje e intensidad

adecuadas para hacer saltar el arco, con intensidad variable, en función de la fase de operación del horno (2015, p. 13).

Figura 2

Partes Del Horno Eléctrico.



Nota: Obtenido de (Pérez Fernández, 2015)

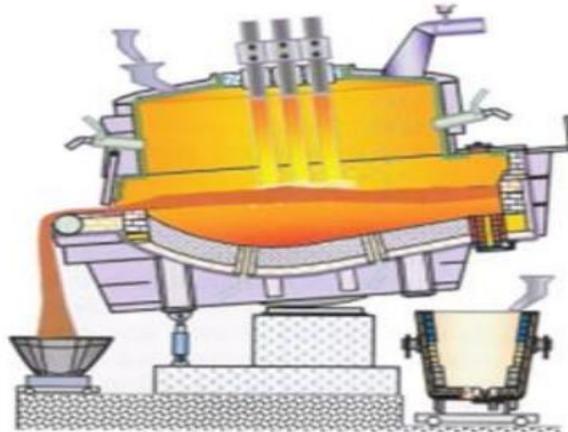
El acero se obtiene mediante un de horno eléctrico utilizando como materia prima chatarra de hierro, la cual se funde en un horno de arco eléctrico. Además de los residuos, se añade al horno calcio y cal dolomítica, que al fundirse forman escorias (EAF), ricas en óxidos de calcio, magnesio y silicio. Dado que el oxígeno y la antracita se agregan en el proceso como contribuyentes de energía química y generan la llamada escoria espumada para proteger los equipos de la radiación del arco, la escoria contiene una proporción de 20% a 40% de óxido de hierro. El óxido de hierro es el responsable del característico color negro y, por lo tanto, también se lo conoce como "escoria negra" (Suárez Hincapie, 2019, p. 17).

Después de sacar la escoria negra del horno (Figura 3), se la lleva al patio para que se enfríe usando agua (Figura 4) o para que se enfríe al aire libre (Figura 5). Las propiedades finales de la escoria en cuanto a composición química y mineral

dependerán del proceso metalúrgico realizado en el horno y de la velocidad de enfriamiento.

Figura 3

Vaciado de la Escoria del Horno Eléctrico.



Nota: Retirada de la escoria del horno eléctrico. Fuente:(Suárez Hincapie, 2019)

Figura 4

Escoria Enfriada con Agua.



Figura 5

Escoria Enfriada al Aire.



2.14 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA ESCORIA DE ARCO ELÉCTRICO.

En la Tabla 2, Tabla 3, Tabla 4, se muestra la composición química de la escoria por diferentes autores, en la Tabla 5, se denotan los valores de la escoria siderúrgica de la empresa ANDEC S.A en Ecuador establecidas por Vélez Guayasamín.

Tabla 2

Composición Química de la Escoria en Perú.

COMPOSICION QUIMICA	(Tirado Chavez)
Oxido de Calcio (CaO)	34,423
Dióxido de Silicio (SiO ₂)	31,528
Trióxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	21,82
Oxido de Magnesio (MgO)	5,371
Trióxido de Azufre (SO ₃)	2,745
Oxido de Titanio (TiO)	2,134
Oxido de Manganeseo (MnO)	1,261
Trióxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	0,718

Nota: Obtenido de: *Tirado Chávez, J. G. (2018)*. Resistencia de un concreto con agregado grueso sustituido en un 45% y 48% por escoria de horno de arco eléctrico.

Tabla 3

Composición Química de la Escoria en Colombia.

COMPOSICION QUIMICA	(Suárez Hincapié)
Óxido de Hierro (FeO)	24,48
Dióxido de Silicio (SiO ₂)	21,64
Oxido de Calcio (CaO)	28,7
Trióxido de Cromo (Cr ₂ O ₃)	1,62
Trióxido de Silicio (SiO ₃)	0,18
Trióxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	9,03
Oxido de Magnesio (MgO)	5,42
Oxido de Manganeseo (MnO)	6,85

Nota: Obtenido: *Suárez Hincapié, L. C. (2019)*. Evaluación de escorias siderúrgicas de horno de arco eléctrico en mezclas de concreto estructural.

Tabla 4*Composición Química de la Escoria en Diferentes Países.*

COMPOSICION QUIMICA	ESPAÑA			BRASIL	ALEMANIA
	(González Ortega)	(García)	(Villalaín)	(GEYER)	(Hernández Puy)
Oxido de Calcio (CaO)	30,2	32,52	30,35	30,0 - 35,0	32,0
Trióxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	25,8	30,80	37,44	25,0 - 35,0	31,0
Dióxido de Silicio (SiO ₂)	19,0	17,17	10,69	15,0 - 20,0	15,0
Trióxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	12,7	7,96	3,93	3,0 - 9,0	4,0
Oxido de Manganeso (MnO)	4,8	3,80	2,53	8,0 - 12,0	10,0
Oxido de Magnesio (MgO)	4,6	4,56	5,15		4,0
Trióxido de Cromo (Cr ₂ O ₃)	1,6		0,41		
Dióxido de Titanio (TiO ₂)	1,0	0,59	0,33		

Nota: Obtenido de: *González Ortega, M. A. (2015), García, I. A. (2011), J. M. M. (2001), Pérez Fernández, Y. (2015).*

Tabla 5*Composición Química de la Escoria en Ecuador.*

COMPOSICION QUIMICA	(Vélez Guayasamín)
Oxido de Calcio (CaO)	31,45
Trióxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	17,94
Dióxido de Silicio (SiO ₂)	48,65
Cal (Ca)	22,46
Hierro (Fe)	12,55
Silicio (Si)	22,73
Aluminio (Al)	3,78
Manganeso (Mn)	1,59

Nota: Composición química de la escoria de arco eléctrico de la empresa ANDEC S.A en Ecuador. Fuente: *Vélez Guayasamín, A. (2013).*

En la Tabla 6, podemos observar la composición química de varios elementos que conforman la escoria de acería establecidos por la CEDEX en España, la cual nos indica los porcentajes máximos para que la escoria pueda ser utilizada como agregado grueso.

Tabla 6*Composición química de la escoria de acería.*

	Porcentaje (%)
Ca O	22 – 60
Si O ₂	11 – 37
Fe O	0,5 – 4
Fe ₂ O ₃	38
Mg O	4 – 12
Cr ₂ O ₃	1 – 8
Ti O ₂	0,6 – 2
Mn O	1 – 4
Al ₂ O ₃	2 – 8
P ₂ O ₆	0 - 0,02

Nota: Porcentajes máximos establecidos por la CEDEX ubicada en España. Fuente: (CEDEX, 1957)

La Tabla 7, muestra la composición química de la escoria siderúrgica de la empresa ANDEC S.A tiene valores similares a comparación de las escorias de países como Perú, Colombia, España, estando dentro de los valores establecidos por la CEDEX en su apartado residuos utilizables en construcción (escorias negras).

Tabla 7*Composición Química de la Escoria de Acero. ANDEC S.A.*

COMPOSICION QUIMICA	ANDEC S. A
Oxido de Calcio (CaO)	34,46
Dióxido de Silicio (SiO ₂)	29,37
Trióxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	7,85
Oxido de Magnesio (MgO)	1,07
Oxido de Manganeso (MnO)	5,77
Trióxido de Cromo (Cr ₂ O ₃)	1,45
Trióxido de Azufre (SO ₃)	1,04
Trióxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	11,95

Nota: Composición química de la escoria de acero obtenidos de la empresa- ANDEC S.A durante Abril Mayo del 2022.

CAPITULO III: METODOLOGÍA

3.1 TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.

3.1.1 Tipo.

Se realizará una investigación del tipo experimental, en donde se ejecutará el diseño de hormigones como elemento estructural con relación al uso de la escoria de acero como agregado grueso sustituyéndolo al 100%. Las pruebas realizadas posteriormente a los cilindros y vigas están sujetas a normativas aplicadas en los ensayos de laboratorio, para determinar de esta forma si el acero reciclado es apto para ser utilizado como agregado grueso, y poder verificar si cumple con las resistencias de diseño.

3.1.2 Nivel.

Como niveles de investigación en el presente tema de estudio tenemos el explicativo y aplicativo. El explicativo porque debemos analizar los resultados obtenidos de los ensayos a compresión de los hormigones y aplicativo porque debemos realizar ensayos para luego determinar las dosificaciones para hacer los hormigones.

3.2 MÉTODO, ENFOQUE Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.

3.2.1 Método.

El método aplicado en la presente investigación es el hipotético deductivo porque particularmente al realizar los ensayos, podemos llegar a obtener la dosificación de los diseños de hormigones sustituyendo el agregado grueso con escoria de acero.

3.2.2 Enfoque.

La investigación cuantitativa es aquella que prioriza el uso de información cuantitativa o cuantificable (medible). (Cauas, 2015).

En este trabajo de investigación usaremos el enfoque cuantitativo debido a que se basa en diseños de hormigones la cual requiere de cantidades exactas para poder ejecutarse.

3.2.3 Diseño.

El presente tema se basa en el diseño experimental, en la cual se detalla el procedimiento que se llevó a cabo para el desarrollo del diseño de mezclas para las resistencias a compresión $f'c = 210, 240$ y 280 kg/cm^2 basándose en el método ACI 211.1 con el reemplazo total del agregado grueso por la escoria siderúrgica de la empresa ANDEC S.A.

En el diseño se explican los ensayos utilizados para la elaboración de las probetas de hormigón, la caracterización de los materiales utilizados, así como los ensayos realizados al hormigón en estado fresco y endurecido a los 3, 7, 14 y 28 días.

3.3 METODOLOGÍA DEL O.E.1.: DISEÑAR LAS DOSIFICACIONES DE HORMIGONES DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN $F'C = 210, 240$ Y 280 kg/cm^2 , REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR LA ESCORIA SIDERÚRGICA Y DETERMINAR LAS PROPIEDADES DEL HORMIGÓN EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO.

Los diseños de las mezclas para las 3 dosificaciones $F'c = 210, 240$ Y 280 kg/cm^2 , respectivas se realizan mediante en el método ACI 211.1 con el reemplazo total del agregado grueso por la escoria siderúrgica de la empresa ANDEC S.A, (Acerías

Nacionales Del Ecuador), a continuación, se detalla un breve resumen de la metodología que usamos para realizar los ensayos a los agregados tanto fino como grueso:

- a. Obtención del agregado grueso (escorias de acero) y agregado fino (arena negra).
- b. Ensayos realizados a los agregados: granulometría, contenido de humedad, porcentaje de absorción, peso volumétrico suelto y peso volumétrico varillado, composición química de la escoria así como el ensayo de abrasión de los Ángeles.
- c. Diseño de mezcla con el reemplazo del agregado grueso por la escoria de acero.
- d. Ensayo al hormigón en estado fresco y endurecido.
 - ✓ revenimiento mediante la norma NTE INEN 1578.
 - ✓ Resistencia a la compresión a los 3, 7, 14, 28 días.
 - ✓ Módulo de Elasticidad.
 - ✓ Resistencia a la flexión a los 28 días.
 - ✓ Cambio de volumen del concreto.

3.4 METODOLOGIA O.E2.: ANALIZAR LOS PRECIOS UNITARIOS DE LA ELABORACIÓN DEL HORMIGÓN CON ESCORIA DE ACERO.

El análisis de precio unitario consiste en desglosar el costo por unidad de medida de cada rubro, identificando los rendimientos, costos y cantidades de cada uno de los insumos o materiales a utilizarse, y así establecer dichos costos en los diferentes componentes del rubro como: materiales, mano de obra, equipos y costos indirectos.

3.5 POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO.

3.5.1 Población.

La población es un conjunto de elementos que son características o condiciones comunes del objeto de estudio (Lilia, 2015), se refiere al universo, conjunto o totalidad de elementos sobre los que se investiga o hacen estudios. En el presente estudio la elaboración de los hormigones con cemento portland tipo GU (uso general) realizados en el laboratorio de suelos de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, usamos como agregado grueso la escoria de acero extraída de la empresa ANDEC S.A ubicada en Guayaquil Sur, y el agregado fino proveniente de la cantera El Triunfo.

3.5.2 Muestra.

Lilia (2015) define a la muestra como parte del elemento o subconjunto de la población seleccionada. Se utiliza para estudiar a la población de una forma más factible, debido a que se puede contabilizar fácilmente. Cuando se va a realizar algún estudio sobre el comportamiento, propiedades o gustos del total de una población específica, se suelen extraer muestras.

Para el estudio del mismo rasgo o condición. Como muestra tenemos la elaboración de un total de 75 cilindros sustituyendo el agregado grueso por la escoria de acero en su totalidad, con las dimensiones de 15 cm de diámetro y 30cm de longitud; y un total de 9 vigas ensayadas a flexión con dimensiones de 15x15x50 de alto, ancho y largo respectivamente.

3.5.3 Muestreo.

“Es una herramienta esencial que permite comprender el comportamiento de una población infinita a partir de un subconjunto, para así obtener una mayor precisión de los resultados” (Lilia, 2015). Los factores más importantes a la hora de hacer un muestreo son la representatividad, para que los elementos posean

cualidades comunes según sea el propósito, y la aleatoriedad al momento de seleccionar los elementos para evitar una muestra viciada.

Los hormigones que elaboramos como son las probetas cilíndricas son ensayados a resistencias a compresión, y las vigas son ensayados a flexión de esa manera podemos determinar los comportamientos en estado fresco y endurecido del hormigón.

3.6 FUENTES DE INVESTIGACIÓN.

De acuerdo con Maranto y González (2015), Las fuentes de información son herramientas para el conocimiento, la búsqueda y el acceso a la información. Según el nivel de búsqueda que hagamos, encontraremos diferentes fuentes de información.

Las fuentes primarias de información primaria son libros, monografías, publicaciones en revistas, documentos oficiales o informes técnicos de instituciones públicas o privadas, tesis, trabajos presentados en congresos o seminarios, testimonios de expertos, artículos periodísticos, videos documentales, foros; son producto de una investigación o de una actividad eminentemente creativa. En este trabajo de investigación nos hemos basado de algunas de las fuentes antes mencionadas.

En la Tabla 8 encontramos información acerca de la Operacionalización de las variables descritas anteriormente en el capítulo 1, variable dependiente y variables independientes con sus respectivas definiciones conceptuales, definiciones operacionales, dimensiones, indicadores y escalas.

Tabla 8*Cuadro de Operacionalización de variables.*

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
Variable Dependiente					
Diseño de mezclas por el método ACI 211.1	Es el método para determinar las proporciones de los insumos en base a tablas (ACI 211.1), para obtener una mezcla adecuada.	El diseño de mezcla a realizar es para resistencia de $f'c = 210, 240$ y 280 kg/cm^2 , mediante los parámetros establecidos por el código ACI.	Concreto en estado fresco	Asentamiento	cm
			Concreto en estado endurecido	Resistencia a la compresión	kg/cm^2
				Resistencia a la Flexión	Mpa
				Modulo elástico	Gpa
Variables Independientes					
Escoria de acero de arco eléctrico	Subproducto de la industria de acero.	Se determina mediante NTE INEN 696, INEN 857, INEN 856, INEN 862, INEN 858 INEN 860	Propiedades físicas propiedades mecánicas	granulometría	%
				densidad específica	kg/m^3
				contenido de humedad	%
				composición química	%
				absorción	%
				Peso volumétrico varillado	kg/m^3
				Peso volumétrico suelto	kg/m^3
Abrasión de los Ángeles	%				
Agregados finos	Arena negra (cantera el Triunfo)	Se determina mediante NTE INEN 696, INEN 857, INEN 856, INEN 862, INEN 858	Propiedades físicas propiedades mecánicas	granulometría	%
				densidad específica	kg/m^3
				contenido de humedad	%
				absorción	%

A continuación, se presenta la obtención del árido grueso y fino, así como también los ensayos realizados a los agregados con los detalles respectivos de los procedimientos a seguir, equipos que se han sido utilizados y los resultados obtenidos de cada ensayo realizado, para luego con los resultados poder aplicarlos en el diseño de las dosificaciones de los hormigones de resistencias $f'c = 210, 240$ Y 280 kg/cm^2 .

3.7 OBTENCIÓN DEL ÁRIDO GRUESO Y FINO

3.7.1 Escoria De Acero (Árido Grueso).

El agregado grueso (residuos siderúrgicos) fue obtenido y proporcionado por la empresa de Acería Nacional Del Ecuador ANDEC S.A ubicada en la Av. Raúl Clemente Huerta en la ciudad de Guayaquil.

a. Transporte de la escoria siderúrgica.

La escoria de siderúrgica es sometida a un tiempo de enfriamiento natural, aproximadamente dos días a partir de su obtención de los hornos eléctricos, cabe mencionar que la escoria proporcionada fue sometida a un enfriamiento manual, donde se le aplico agua mediante una manguera a presión.

Inmediatamente, se procedió a cargar el material mediante un tractor de carga, el cual se encargó de depositar la escoria de acero en el camión modelo Cronos 3 para su transporte a la ciudad de Santa Elena la cual se llevó a cabo siguiendo el trayecto de la vía a la Costa constando con una distancia aproximada de 130 km.

Durante el estudio realizado en este proyecto, podemos decir que se efectuó una sola entrega del material, contando con un peso de 2.5 toneladas de escoria de acero cantidad suficiente para el desarrollo del tema, el día 4 de mayo del presente año fuimos a retirar la escoria de acero a la empresa ANDEC. S.A.

b. Descarga de la escoria siderúrgica material usado como agregado grueso.

El material fue descargado en el lugar de depósito, ubicado en la ciudad de Santa Elena entre las calles Aurelio Laínez y Félix Sarmiento. Una vez depositada la escoria se pudo evidenciar que el tamaño predominante era de (300 - 2.54 mm), el material fue sometido a un proceso de trituración y tamizado manual.

c. Trituración y Tamizado del agregado grueso (escoria de acero)

Para la respectiva trituración del material la realizamos manualmente para conseguir el tamaño máximo nominal deseado de 1" (25 mm), cuando el material estuvo triturado se procedió al tamizado donde se lo realizó haciendo uso de las mallas de 1 ½", 1", ¾" y ½". más adelante se realizó una nueva tamización en el laboratorio de la Universidad Estatal Península de Santa Elena referente a la granulometría del agregado grueso, donde se tomó el material pasante de 1 ½" (25 mm) y lo retenido en el tamiz #4 (4.75 mm).

3.7.2 Arena Negra (Árido Fino).

La arena usada para el respectivo estudio fue extraída de la cantera El Triunfo, la cual fue almacenada en sacos con un peso aproximado de 50 kg, en el laboratorio de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, para la realización de los respectivos ensayos.

3.8 GRANULOMETRÍA DE LOS ÁRIDOS.

De acuerdo con la NTE INEN 696 (2011). El ensayo granulométrico de los áridos tanto para el agregado grueso y fino, tiene la finalidad de establecer la graduación de las partículas para poder ser implementados en el diseño del hormigón. Los resultados obtenidos en los ensayos servirán para determinar el cumplimiento de

los límites de la curva de distribución granulométrica de los áridos usados, cumpliendo con los requisitos estipulados en la normativa, pudiendo proporcionar valores necesarios como el módulo de finura del agregado fino, siendo este un valor de importancia en el diseño de la mezcla del hormigón.

Consiste en medir el peso del material que pasa a través de un cedazo con una malla calibrada. Los tamices se superponen disminuyendo la malla y se mide el peso del material retenido en cada tamiz

Equipos.

a. Balanza industrial de plataforma. – El equipo que usamos para el respectivo ensayo tanto del árido grueso y árido fino debe contar con una excelente legibilidad y precisión como se recomienda a continuación:(2011, p. 2).

➤ La balanza usada para el árido fino, debe ser legible hasta 0,1 g y conservar una precisión de 0,1 g o del 0.1% de la carga de ensayo.

➤ La balanza usada para el árido grueso o mezclas de los agregados grueso y fino, debe ser legible y poseer una precisión de 0,5 g o 0,1% de la carga de ensayo.

b. Tamices. – Los tamices para el respectivo ensayo conviene ser montados sobre marcos donde su elaboración evite pérdidas de las partículas de los áridos durante el tamizado. La tela metálica y los marcos del tamiz normalizados corresponden con los requisitos de la NTE INEN 154 (2011, p. 2).

c. Tamizadora mecánica. – Dispositivo que se usa debe tener la capacidad de poder generar movimiento en los tamices, diseñada para tamizar cantidades considerables de material de cualquier tipo de granulometría. llegando a producir que las partículas del árido a ensayar

reboten y puedan descender a un tamiz inferior, u otra forma de desplazamiento que genere diferente orientación a la superficie del tamizado (2011, p. 2).

- d. Taras.** – Es un elemento metálico indispensable, sirviendo para el depósito de los áridos ya ensayados, para luego poder obtener el peso del material (2011, p. 2).
- e. Horno eléctrico de la marca Serproma.** – Este equipo debe constar con un tamaño adecuado, siendo capaz de alcanzar y mantener una temperatura estable de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (2011, p. 2).

Procedimiento. Anexo 11.

- a.** Separar la cantidad necesaria de la muestra a ensayar, luego se procede a su respectivo secado, luego colocamos la muestra en el horno a una temperatura constante de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas para luego seguir con el respectivo proceso, este proceso se debe realizar como mínimo con dos muestras del mismo material para luego proceder a obtener un promedio de los resultados (2011, p. 3).
- b.** Seleccionar los tamices de acuerdo con lo especificado en las normas ASTM C117 – 95 o NTE INEN – 872, que envuelvan los tamaños de los árido del material a ensayarse, con el objetivo de recibir la información necesaria estipuladas en las especificaciones. Se recomienda usar tamices adicionales para lograr obtener mayor información, tal como el módulo de finura o para no sobrecargar de material a los tamices (2011, p. 3)
- c.** Seleccionado los tamices, se procede a ordenarlos de forma descendente según el tamaño de abertura, de mayor a menor. Se coloca la muestra a ensayar en el tamiz superior de mayor abertura sin olvidar la tapa y el fondo de los tamices, inmediatamente colocamos los tamices en el tamizador mecánico, durante un periodo de 5 a 10 minutos de tal forma

que cumpla con los criterios de tamizado, este procedimiento se recomienda realizarlo dos veces como mínimo.

- d.** Se debe delimitar la cantidad de material vertido sobre el tamiz, de forma que permita que todas las partículas logren pasar a los tamices adecuados durante el periodo de tamizado. Se recomienda que para aberturas inferior al tamiz #4 (4,75 mm), la cantidad del material retenido no debe sobrepasar los 7 kg/m² de la superficie de tamizado (2011, p. 4).

- e.** No se debe sobrecargar de material a los tamices, debido a que luego no cumple con la función de realizar un buen tamizado, para evitar que esto ocurra se debe tener en cuenta las siguientes recomendaciones detalladas a continuación :(2011, p. 4).
 - De la muestra total a ensayar, dividirla en dos a tres porciones o más de ser necesario, realizando el respectivo tamizado a cada porción. Al finalizar el tamizado de todas las porciones se debe unir las masas de los tamices retenidos especifico antes de poder calcular el porcentaje retenido en cada tamiz.

 - Realizar el cernido con tamices adicionales, con tamaños intermedios de abertura entre el tamiz que pueda estar sobrecargado o utilizar tamices con un tamaño más amplio y que proporcione un área mayor de tamizado.

- f.** Una vez finalizado el tamizado realizado durante un periodo de 5 a 10 minutos en la tamizadora mecánica. Se debe realizar un tamizado manual durante 1 minuto del 1% de la masa retenido en cualquier tamiz individual, de la siguiente forma:
 - Luego se procede a golpear fuertemente a un lado del tamiz y con un movimiento hacia arriba contra la base de la otra mano, a razón de aproximadamente de 150 veces por minutos, continuo

se gira el tamiz, con una aproximación a una séptima parte de una revolución, en intervalos de alrededor de 25 golpes (2011, p. 5).

- g. Tener en cuenta que en el tamizado manual no se debe forzar el paso de las partículas sobre las aberturas de los tamices inferiores.
- h. Para finalizar se debe determinar las masas en una balanza que cumpla con los requisitos específicos en la norma NTE INEN C117 – 95, la masa total del árido después del tamizado debe ser igual o similar a la masa original, si la cantidad tiene una diferencia de una pérdida de más 0.3%, con respecto total a la masa de la muestra seca original, los resultados no deben ser utilizados con fines de aceptación (2011, p. 5).

Resultados.

Tabla 9

Análisis Granulométrico del Árido Grueso (Escoria de Acero).

TAMICES					ESPECIFICACION ASTM		
N.º	DIAMETRO (mm)	W PARCIAL	% RETENIDO	% ACUMULADO	% PASA	LIMITE SUPERIOR	LIMITE INFERIOR
1 1/2 "	37,50	0,00	0,00	0,00	100,00	100	100
1"	25,00	0,34	3,43	3,43	96,57	90	100
3/4"	19,00	4,64	46,87	50,30	49,70	40	85
1/2"	12,50	2,18	22,02	72,32	27,68	10	40
3/8 "	9,50	1,62	16,36	88,69	11,31	0	15
Nº 4	4,75	0,66	6,67	95,35	4,65	0	5
Nº 8	2,36	0,37	3,74	99,09	0,91		
	FONDO	0,09	0,91	100,00	0,00		
	TOTAL	9,90	100,00				

Podemos visualizar los resultados del ensayo de granulometría del árido grueso (escoria de acero) en la Tabla 9 y en la Tabla 10 observamos los resultados de la granulometría del árido fino; y a su vez observamos la respectiva Figura 6, donde se representa la curva de distribución granulométrica del árido grueso (escoria de acero) y en la

Figura 7, se muestra la curva de distribución granulométrica del agregado fino, fijándonos que la curva granulométrica realizada en la presente tesis cumple con los parámetros establecidos.

Figura 6

Curva Granulométrica del Árido Grueso (Escoria de Acero).

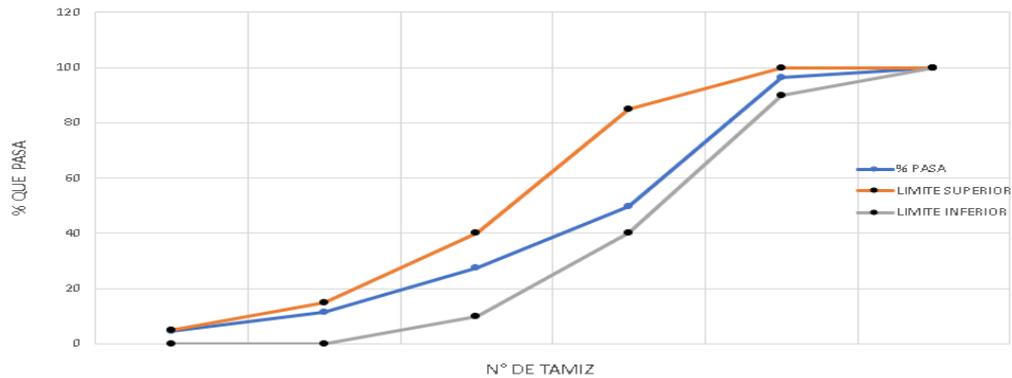


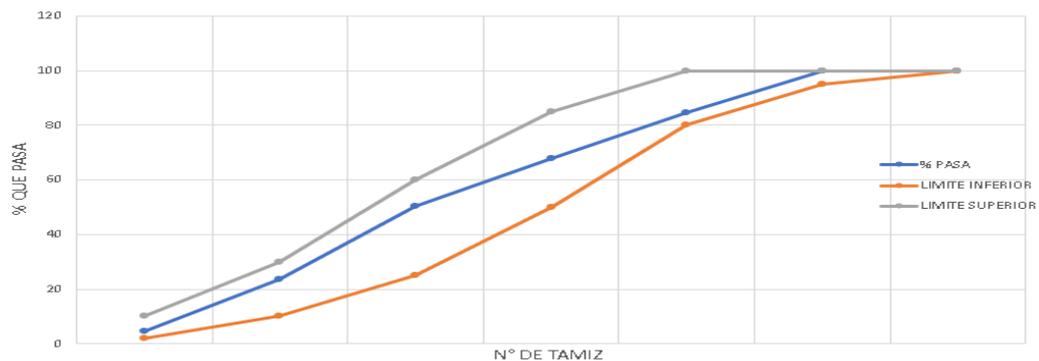
Tabla 10

Análisis Granulométrico del Árido Fino

TAMICES			ESPECIFICACION ASTM				
N.º	DIAMETRO (mm)	W PARCIAL	% RETENIDO	% ACUMULADO	% PASA	LIMITE SUPERIOR	LIMITE INFERIOR
3/8 "	9,50	0,00	0,00	0,00	100,0	100	100
N.º 4	4,75	0,00	0,00	0,00	100,0	95	100
N.º 8	2,36	0,18	15,49	15,49	84,51	80	100
N.º 16	1,18	0,19	16,52	32,01	67,99	50	85
N.º 30	0,60	0,20	17,47	49,48	50,52	25	60
N.º 50	0,30	0,32	27,11	76,59	23,41	10	30
N.º 100	0,15	0,22	18,98	95,52	4,48	2	10
FONDO		0,05	4,48	100,00	0,00	0	0
TOTAL		1,16	MF	2,69			

Figura 7

Curva Granulométrica del Árido Fino.



3.9 DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD Y ABSORCIÓN DEL ÁRIDO GRUESO Y FINO.

3.9.1 Árido Grueso.

LA NTE INEN 857 (2010). Nos muestra el ensayo que servirá para poder obtener la densidad promedio en una muestra del árido grueso, (esto sin la implementación del volumen de vacíos entre las partículas), la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del árido a ensayar.

Equipos.

- a. Báscula industrial.** – El instrumento que usamos para establecer la masa, debe ser sensible y contar con una buena legibilidad, con un margen de error de la medición de 0,05% de la masa de la muestra en cualquier tramo dentro del rango de uso para el ensayo. Además, el equipo debe contener un dispositivo apropiado para poder suspender el recipiente para la muestra en agua, esto debe ser ubicado en el centro de la báscula (2010, p. 3).
- b. Recipiente para la muestra (Canasta de alambre).** – El recipiente debe contener aberturas No. 6 (3.35 mm) o de mallas inferiores, o un cubo de ancho y altura similares e iguales, debe tener el aforo de 4 a 7 litros, para áridos con un tamaño de 1 ½” (37.5 mm) o de tamaños más pequeños. La canasta ah de estar construido de tal manera que no retenga aire cuando esta sea sumergida (2010, p. 3).
- c. Tanque de agua.** – Este tanque debe ser hermético, donde será sumergido el material más el recipiente, mientras este se suspende bajo la báscula.
- d. Tamices.** – Usar el tamiz de abertura No. 4 (4.75 mm) o de otros tamaños según sea conveniente, cumpliendo con los requisitos de la norma NTE INEN 154.

- i. **Horno Eléctrico.** – El equipo de ser capaz de mantener una temperatura constante siendo esta de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, y contar con un tamaño considerable que sea suficiente para almacenar las muestra.

Procedimiento.

- a. Como primer punto se debe secar la muestra en el horno eléctrico a temperatura constante a $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, hasta conseguir una masa uniforme.
- b. Luego se pone a enfriar a temperatura ambiente, entre un periodo de 1 a 3 horas, esto para muestras de ensayo de tamaño máximo nominal hasta $1\frac{1}{2}$ " (37.5 mm), seguidamente se procede a sumergir el material en agua a temperatura ambiente por un tiempo de $24\text{ h} \pm 4\text{ h}$ (2010, p. 4).
- c. Procedemos a secar el material con ayuda de una toalla absorbente frotándola con movimientos suaves hasta que se elimine el agua superficial visible del árido. Establecer la masa del ensayo realizado en condición saturada superficialmente seca (2010, p. 4).
- d. Una vez obtenido el peso de la masa superficialmente seca, se procede inmediatamente a colocar en el tanque contenido de agua, que debe estar a una temperatura de $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Debe tenerse en cuenta de quitar el aire atrapado antes de obtener la masa, esto se puede realizar mediante la agitación del recipiente mientras se lo sumerge (2010, p. 4).
- e. Para finalizar se debe colocar la muestra en el horno a temperatura constante de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ para su respectivo secado. Después se procese a sacar la muestra del horno para dejarlo enfriar a temperatura ambiente entre un periodo de 1 a 3 horas, para poder obtener su masa (2010, p. 5).

Observamos que en la Tabla 11 se encuentran los resultados del ensayo de determinación de densidades y porcentajes de absorción del árido grueso (escorias).

Tabla 11

Determinación de Densidades y Porcentaje de Absorción del Árido Grueso (Escoria de Acero).

DENSIDAD DEL ARIDO GRUESO	MUESTRA 1	MUESTRA 2
masa de la muestra en estado S.S.S (G): B	2000	2000
masa de la muestra sumergida en el agua (G): C	1260	1270
masa de la muestra seca en el horno (G): A	1880	1879
densidad relativa $D_{sss} = B/(B-C)$	2.70	2.74
		2.72
densidad relativa seca $D_s = A/(B-C)$	2.54	2.57
		2.56
densidad relativa aparente $D = A/(A-C)$	3.03	3.09
		3.06
Determinación del porcentaje de absorción del árido grueso $P_a = ((B-A/A) * 100)$	6,38	6,44
		6,41

3.9.2 Árido Fino.

Este ensayo servirá para la obtención de la densidad promedio en una muestra de árido fino (sin incluir el volumen de vacíos entre partículas), la densidad relativa (gravedad específica) y la determinación de la absorción del árido a ensayar (NTE INEN 856, 2010).

Equipos.

- a. **Báscula industrial.** – El instrumento debe tener la capacidad de carga de 1 kg o más, contando con una sensibilidad de 0,1 g o inferior y una excelente precisión de 0,1% de la carga de ensayo. La precisión de la lectura no debe variar dentro de 0,1 g en cualquier rango de 100 g de carga (2010, p. 3).
- b. **Picnómetro.**– Usado para el procedimiento gravimétrico, matraz u otro contenedor apropiado, en el cual se pueda observar con claridad la muestra del árido fino, para muestras con una masa de 500 g del árido, es necesario contar con un matraz o un recipiente de 500 cm³ de capacidad, adaptado con un picnómetro en la parte superior (2010, p. 3).

- c. Molde y compactador para el ensayo de humedad superficial.** – El molde debe poseer la forma de un cono truncado, teniendo las siguientes dimensiones: $40 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$ de diámetro interno superior, $90 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$ de diámetro interno en la base y $75 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$ de altura; el metal debe tener un espesor mínimo de 0,8 mm. El compactador metálico debe tener una masa de $340 \text{ g} \pm 15 \text{ g}$ y una cara compactadora circular y plana, de $25 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$ de diámetro (2010, p. 3).

Preparación de la muestra.

- a.** Primero Se deposita el material en una tara o recipiente adecuado para proceder a secarla en el horno eléctrico a temperatura constante de $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$, después del secado se procede a dejar que se enfríe a una temperatura apropiada para su manipulación, luego se cubre con agua, ya sea por adición o por inmersión, hasta alcanzar al menos 6% de humedad en el árido fino y dejar reposar por al menos $24 \text{ h} \pm 4 \text{ h}$ (2010, p. 3).
- b.** Pasada las 24 horas se desecha el exceso de agua, tratando de no perder el árido fino, se procede a extender la muestra en una superficie plana no absorbente, colocándola a una corriente suave de aire caliente y moverla seguidamente para asegurar un secado homogéneo. Continuar con este proceso hasta que la muestra se aproxime a una condición de flujo libre. Seguir el procedimiento en el numeral 3 para determinar si la humedad superficial todavía está presente en las partículas constituyentes del árido fino. Realizar el primer ensayo para esta determinación cuando todavía exista agua superficial en la muestra (2010, p. 4).
- c.** Ensayo para determinar la humedad superficial. Colocar el molde sobre una superficie lisa no absorbente, con el diámetro mayor hacia abajo, procediendo a colocar una porción del árido fino parcialmente seco, hasta llenarlo, compactando el árido fino con 25 golpes ligeros del compactador. Lleno el molde se debe remover el árido fino caído

alrededor de la base para proceder a levantar el molde verticalmente. Si la humedad superficial aún está presente el árido mantendrá la forma del molde, cuando el árido se desmorone ligeramente esto indicará que la muestra está en condición de superficie seca (2010, p. 4).

Resultados.

Los resultados del ensayo de determinación de densidades y porcentajes de absorción del árido fino, se presentan en la Tabla 12 ensayamos dos muestras la primera muestra para la densidad nos da un valor de 2,71 y la segunda muestra 2,66 para luego sacar un promedio la cual tenemos como resultado 2,68 de densidad para el agregado fino, y para determinar el porcentaje de absorción también tomamos dos muestras la primera con un valor de 1,63 y la segunda muestra un valor de 1,42, dándonos como resultado 1,52% de porcentaje de absorción.

Tabla 12

Determinación de densidad y porcentaje de absorción del agregado fino.

DENSIDAD DEL ARIDO FINO	MUESTRA 1	MUESTRA 2
Masa de la muestra en estado SSS (G): S	500	500
Masa de la muestra seca al horno (G): A	492	493
Lectura inicial frasco Le Chatelier (ml) R1	510	508
Lectura final frasco Le Chatelier (ml) R2	700	701
densidad relativa $D_{SSS} = S / 0,9975(R2-R1)$	2,64	2,60
		2,62
densidad relativa seca $S = 997,5 * S(A/S) / 0,9975(R2-R1)$	2,60	2,56
		2,58
densidad seca aparente	2,71	2,66
		2,68
Determinación del porcentaje de absorción del árido fino $\% = ((S-A) / A) * 100$	1,63	1,42
		1,52%

3.10 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD.

Mediante este ensayo podemos conocer el porcentaje de humedad, mediante la evaporación por el secado realizado a una pequeña cantidad de muestra del árido

grueso y árido fino, pudiendo conocer así la humedad correspondiente tanto a la superficial, como la humedad contenida en los poros del árido (INEN 862, 2011).

Equipos.

- a. Recipiente para la muestra (Tara).** – Debe usarse una tara que no le afecte el calor constante al que será sometido, de un volumen considerable para mantener con seguridad de que la muestra no tendrá ningún problema de derramarse (2011, p. 2).
- b. Báscula marca.** – Este instrumento, siendo la báscula digital por usar debe contar con una buena precisión, ser legible y contar con una sensibilidad de 0.1% de la carga de ensayo en cualquier sitio dentro del rango de uso. La medición de la carga debe poseer una precisión de 0.1% de la diferencia entre las masas (2011, p. 1).
- c. Horno Industrial de marca Serproma.** – El horno debe contar con la capacidad de alcanzar y mantener una temperatura constante de 110 °C \pm 5 °C.
- d. Agitador.** – Se considera un instrumento con forma de cuchara o espátula de metal del tamaño que sea necesario.

Procedimiento.

- a.** Obtener la masa, pesando en la balanza con una aproximación de 0.1% (2011, p. 2)
- b.** Proceder al secado total de la muestra, mediante la fuente de calor seleccionada (Horno Industrial) manteniendo una temperatura constante cuidando de no perder partículas. Este proceso suele dejarse el material a secar durante 24 horas a temperatura constante.
- c.** La muestra estará plenamente seca cuando un mayor lapso de tiempo de calor ocasione una pérdida adicional de la masa menor al 0.1%.

- d. Para finalizar se debe determinar la masa de la muestra, con la balanza con una aproximación de 0,1%, esto se debe realizar luego de que se haya enfriado lo necesario para no dañar el equipo.

Resultados.

Tabla 13

Determinación del contenido de humedad del agregado grueso (escoria)

ARIDO GRUESO		MUESTRA 1	MUESTRA 2
masa de la muestra humedad (G) A		2000	2000
masa de la muestra seca al horno (G) B		2000	2000
humedad	$H=(A-B) / B * 100$	0	0
Humedad total		0	

Los resultados de la determinación del contenido de humedad del agregado grueso (escoria de acero) se muestran en la Tabla 13, y los resultados del contenido de humedad del agregado fino (arena negra) se muestran en la Tabla 14.

Tabla 14

Determinación del contenido de humedad del agregado fino.

ARIDO FINO		MUESTRA 1	MUESTRA 2
masa de la muestra humedad (G) A		500	500
masa de la muestra seca al horno (G) B		487	486
humedad	$H=(A-B) / B * 100$	2,67	2,88
Humedad total		2,78	

3.11 DETERMINACIÓN DE LA MASA UNITARIA (PESO VOLUMÉTRICO).

Esta norma establece los parámetros para la obtención del cálculo de la masa unitaria (peso volumétrico) del árido, en condición compactada o suelta y poder

determinar los vacíos entre las partículas en los áridos tanto fino como grueso (NTE INEN 858, 2010).

Equipos.

- a. **Báscula.** – El instrumento debe constar con una precisión de medición de 0,1% de la carga de ensayo, con graduaciones de al menos 0,05 kg. Se debe considerar que el rango de uso se desarrolla desde la masa del molde vacío, hasta la masa del molde más su contenido el cual se considera que tiene una masa unitaria de 1920 kg/m^3 (2010, p. 2).
- b. **Varilla de compactación.** – la varilla a usar debe ser recta, lisa, de acero, teniendo 16 mm de diámetro y con una longitud de 600 mm aproximadamente, la varilla debe contar con los extremos redondeados cuyo diámetro es de 16 mm (2010, p. 2).
- c. **Molde.** – El molde que usaremos necesariamente debe ser un recipiente cilíndrico de metal, preferiblemente con asas a los lados, con la parte superior y el fondo rectos. Adecuadamente rígido para conservar su forma bajo situaciones agresivas de uso. El recipiente debe contar con una altura aproximadamente igual a su diámetro. Pero de ninguna forma la altura debe ser menor al 80% ni superior al 150% del diámetro (2010, p. 2).
- d. **Cucharón o pala.** – Estos materiales deben necesariamente contar con un tamaño adecuado para proceder con el llenado del molde con el árido a ensayar

3.11.1 *Peso Volumétrico Suelto (PVS).*

Procedimiento.

- a. Una vez obtenida la muestra, se coloca el molde en una superficie firme, se procede al llenado del molde haciendo uso del cucharón, el llenado

debe hacerse desde una altura no superior a 50 mm por encima de la parte superior del molde. Una vez lleno el molde se procede a nivelar la superficie del árido con la regleta, de tal forma que equilibren los vacíos mayores en la superficie, por debajo de la parte superior del molde (2010, p. 5).

- b. Se realiza la obtención de la masa del molde y la masa del molde con su contenido mediante el uso de la báscula con una precisión del 0.1% de la carga.

Los resultados de la determinación del peso volumétrico suelto del agregado grueso (escoria de acero) se muestran en la Tabla 15; y el peso volumétrico del agregado fino se muestran en la Tabla 16.

Tabla 15

Determinación del peso volumétrico suelto del árido grueso (escoria de acero).

Determinación del Peso Volumétrico Suelto Árido Grueso	MUESTRA 1	MUESTRA 2
volumen del recipiente (m ³): B	0,010	0,010
masa suelta del material contenido en el recipiente (kg): A	10,50	10,53
masa unitaria (densidad aparente) suelta (kg/m ³): Ms	1078,38	1081,46
Ms= A/B: kg/m ³	1079,92	

Tabla 16

Determinación del peso volumétrico suelto del árido fino.

Determinación del Peso Volumétrico Suelto Árido Fino	MUESTRA 1	MUESTRA 2
volumen del recipiente (m ³): B	0,003	0,003
masa suelta del material contenido en el recipiente (kg): A	3,736	3,730
masa unitaria (densidad aparente) suelta (kg/m ³): Ms	1329,54	1327,40
Ms= A/B: kg/m ³	1328,47	

3.11.2 *Peso Volumétrico Varillado (PVV).*

Procedimiento. Anexo 11.

- a. Se coloca el recipiente en una superficie firme, este ensayo se realiza mediante el llenado de 3 capas, se procede al llenado del molde su tercera parte mediante el uso del cucharón, luego se procede a compactar mediante el uso de la varilla realizando 25 golpes siendo estos uniformemente por toda la superficie. Siguiendo el mismo procedimiento para la capa dos y tres del molde con sus 25 golpes por capa. Como último proceso se procede a nivelar la superficie del árido con la regla (2010, p. 4).
- b. En el proceso de compactación de la primera capa, no se debe permitir que la varilla golpee fuertemente el fondo del molde, para la segunda y tercera capa la varilla al momento de compactar no debe sobrepasar la capa inferior del árido ya compactado.
- c. Mediante la báscula se procede a la obtención de la masa del molde y la masa del molde con su contenido.

Tabla 17

Determinación del peso volumétrico varillado del árido grueso (escoria de acero).

Peso Volumétrico Varillado	MUESTRA 1	MUESTRA 2
volumen del recipiente (m ³): B	0,010	0,0097
masa suelta del material contenido en el recipiente (kg): A	12,83	12,85
masa unitaria (densidad aparente) suelta (kg/m ³): Ms	1317,67	1319,73
Ms= A/B: kg/m ³	1318,70	

En la siguiente Tabla 17 se visualizan los resultados de dos muestras, las cuales fueron ensayados para obtener la determinación del peso volumétrico varillado del

árido grueso (escoria de acero), la primera muestra nos da un total de 1317,67 y la segunda 1319,73 luego sacamos un promedio de ambas muestras lo cual será nuestro resultado obtenido del peso volumétrico varillado expresado en kg/m^3 .

3.12 ENSAYO DE ABRASIÓN DE LOS ÁNGELES.

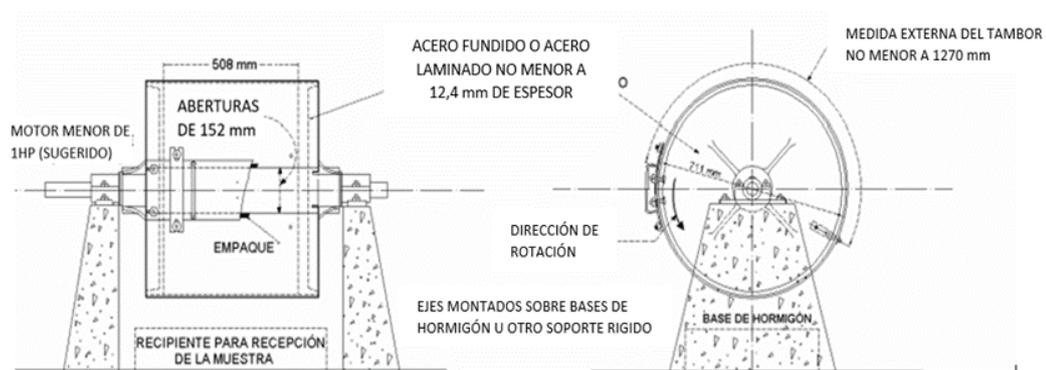
Mediante este ensayo podemos establecer el procedimiento a seguir para la obtención de los valores de la degradación del árido grueso de tamaños de partículas no mayores a $1\frac{1}{2}$ " (37,5 mm), mediante la pérdida de la masa del agregado por desgaste utilizando la máquina de Los Ángeles (NTE INEN 860, 2011).

Equipos.

- a. **Máquina de Los Ángeles.** – Este instrumento debe cumplir con las características primordiales de diseño mostrado en la Figura 8. La máquina debe contar con un cilindro de acero hueco, con un espesor de pared no menor a 12,4 mm, debe tener diámetros internos de $711\text{ mm} \pm 5\text{ mm}$ y la longitud interior de $508 \pm 5\text{ mm}$. El cilindro debe estar colocado sobre puntas de ejes acopados a los extremos del cilindro de tal manera que permita el giro del equipo. Debe contener una abertura en el cilindro para la introducción de la muestra y las esferas, para cubrir la abertura debe contar con una tapa que no permita escapar el polvo, con dispositivos para atornillar la tapa en su lugar (2011, p. 2).

Figura 8

Máquina de Los Ángeles.



Nota: Partes de la máquina de Los Ángeles. Fuente: NTE INEN 860

- b. Tamices.** – Se deben seleccionar los tamices necesarios para la correcta realización del ensayo, estos deben cumplir con la norma NTE INEN 154. Los tamices que usamos para realizar este ensayo fueron 1 ½”, 1”, ¾”, ½”, 3/8”, No 4 y No 8.
- c. Balanza.** – El instrumento debe contar con una precisión 0,1% de la carga de ensayo.
- d. Carga.** – Radica en la colocación de esferas de acero con un diámetro de 47 mm, donde cada esfera debe poseer una carga entre 390 g y 455 g (2011, p. 3).

Preparación de la muestra para el ensayo.

Como primer punto se debe lavar la muestra, luego procediendo a secarla al horno a temperatura constante de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas. Se inicia con la separación de los áridos por tamaños mediante el uso de los tamices indicado y luego combinarlas para obtener la gradación indicada en la Tabla 18, que mejor represente el rango de tamaños del árido para el ensayo (NTE INEN 860, 2011).

Tabla 18

Gradación de las Muestras de Ensayo.

Tamaño de las aberturas de tamiz (mm) (aberturas cuadradas)		Masa por tamaños indicada (g)			
Pasante de	Retenido en	Gradación			
		A	B	C	D
37,5	25	1250 ± 25	---	---	---
25	19	1250 ± 25	---	---	---
19	12,5	1250 ± 10	2500 ± 10	---	---
12,5	9,5	1250 ± 10	2500 ± 10	---	---
9,5	6,3	---	---	2500 ± 10	---
6,3	4,75	---	---	2500 ± 10	---
4,75	2,36	---	---	---	5000 ± 10
TOTAL		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

Nota: Gradación de las Muestras de Ensayo. Fuente: *Norma NTE INEN 860, 2011.*

Procedimiento. Anexo 17.

- a. Se procede a la colocación de la muestra y las cargas dentro de la máquina de Los Ángeles, la máquina debe girar o estar programada a 500 revoluciones teniendo una velocidad entre 30 r/min y 33 r/min. Una vez terminado el proceso se procede al retiro del material de la máquina, se tamice el material con un tamiz de abertura No 12 siendo esta de 1,70 mm (2011, p. 4).
- b. Se debe lavar el material obtenido del tamizado por la malla No 12 (1,70 mm), luego proceder a secarla en el horno, en caso de que el material no contenga recubrimiento adherente o polvo, el lavado pasa ser opcional para la muestra.
- c. Como último paso se procede al cálculo de la degradación del árido, siendo esta la diferencia entre la masa inicial y la masa final de la muestra expresada en porcentaje respecto a la masa inicial (2011, p. 4).

Resultados.

En la Tabla 19 se muestran los resultados de la determinación del valor de la degradación del árido grueso (escoria de acero) obteniendo un porcentaje de desgaste inferior al límite que establece la norma INEN.

Tabla 19

Determinación del valor de la degradación del árido grueso. (escoria de acero).

Degradación del Árido Grueso	MUESTRA 1	MUESTRA 2
Masa inicial de la muestra de ensayo (kg): B	5000	5000
Masa de la muestra retenida en el tamiz N.º 20 (1,70mm), tamizado después del ensayo (kg): C	2754	2749
Valor de degradación; en porcentaje: D	44,92	45,02
$D = (B - C/B) * 100$	44,97	

3.13 DISEÑO DE LA MEZCLA DE HORMIGÓN CONVENCIONAL POR EL MÉTODO ACI 211.1.

Los diseños de mezclas de hormigón a realizar son para las resistencias de $f'c = 210, 240$ y 280 kg/cm^2 , mediante los parámetros establecidos por el código ACI 211.1.

Procedimiento realizado para la dosificación de la mezcla. Anexo 2.

- a. Se procederá a diseñar primero la resistencia $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, como primer punto se procede a obtener la resistencia a compresión promedio por medio de la Tabla 20.

Tabla 20

Resistencia a la compresión promedio.

Resistencia a la Compresión Promedio.	
$f'c$	$f'cr$
menor de 210	$f'c + 70$
210 a 350	$f'c + 84$
sobre 350	$f'c + 98$

$$f'cr = f'c + 84 \quad \text{(Ecuación 1)}$$

$$f'cr = 280 + 84$$

$$f'cr = 364 \text{ kg/cm}^2$$

- b. Anotamos el tamaño máximo del agregado grueso obtenido en la granulometría del árido.

$$TM = 1" (25 \text{ mm})$$

- c. Procedemos a escoger el revenimiento a usar, escogido de la Tabla 21 el valor escogido es el requerido en el hormigón para columnas y vigas.

$$r = 2,5 \text{ a } 10 \text{ cm}$$

$$r = 10 \text{ cm}$$

Tabla 21*Revenimiento recomendado para diversos tipos de construcción.*

Revenimientos Recomendados Para Diversos Tipos De Construcción		
Tipos de Construcción	Revenimiento	
	Máximo	Mínimo
Muros de cimentación y zapatas, cajones de cimentación y muros de subestructuras sencillos	7,5	2,5
Vigas de muros reforzados	10	2,5
Columnas para edificios	10	2,5
Pavimentos y losas	7,5	2,5
Concreto masivo	7,5	2,5

Nota: Tomado de "Criterio general del diseño de Mezclas por el Método del ACI.

- a. Mediante la Tabla 22 y los datos obtenidos anteriormente procedemos a obtener la cantidad de agua.

Tabla 22*Requisitos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes revenimientos.*

Agua de mezclado y contenido de aire para diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales del agregado									
Revenimiento, cm	9,5	12,5	19	25	38	50	75	150	
Concreto sin aire incluido									
De 2,5 a 5	207	199	190	179	166	154	130	113	
De 7,5 a 10	228	216	205	193	181	169	145	124	
De 15 a 17,5	243	228	216	202	190	178	160	...	
Cantidad Aprox. Aire atrapado	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2	
Concreto con aire incluido									
De 2,5 a 5	181	175	168	160	150	142	122	107	
De 7,5 a 10	202	193	184	175	165	157	133	119	
De 15 a 17,5	216	205	197	174	174	166	154	...	
Promedio recomendado de aire por incluir por									
Exposición ligera	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	
Exposición moderada	6	5,5	5	4,5	4,5	4	3,5	3	
Exposición severa	7,5	7	6	6	5,5	5	4,5	4	

Nota: Tomado de "Criterio general del diseño de Mezclas por el Método del ACI.

$$TM = 1" (25 \text{ mm})$$

$$r = 10 \text{ cm}$$

cantidad de agua = 193 litros o kg

- b. Se procede a calcular la relación agua/cemento (a/c) teniendo en cuenta la resistencia de diseño e interpolando entre los valores obtenidos de la Tabla 23.

Tabla 23

Datos de interpolación. Obtenidos de la Tabla 24.

420	0,41
364	Y
350	0,48

$$y = y_0 + \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} (x - x_0) \quad \text{(Ecuación 2)}$$

$$\frac{a}{c} = 0,41 + \frac{0,48 - 0,41}{350 - 420} (364 - 420)$$

$$a/c = 0,466$$

Tabla 24

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

Relación agua / cemento por peso		
Resistencia a la compresión a los 28 días kg/cm ²	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
420	0,41	...
350	0,48	0,40
280	0,57	0,48
210	0,68	0,59
140	0,82	0,74

Nota: Tomado de "Criterio general del diseño de Mezclas por el Método del ACI.

- c. Determinamos la cantidad de cemento mediante el despeje de la fórmula de la relación a/c, sabiendo que la cantidad de agua determinada fue de 193 litros.

$$a/c = 0,466$$

$$c = \frac{0,466}{a}$$

$$c = \frac{0,466}{193}$$

$$c = 414,16 \text{ kg}$$

- d. Obtenemos el volumen del agregado grueso seco a partir de la Tabla 25 mediante los datos obtenidos en los ensayos realizados previamente.

$$TM = 1" (25 \text{ mm})$$

$$\text{Modulo de finura de la arena} = 2,69$$

$$\text{Volumen del agregado grueso} = 0,681$$

Tabla 25

Volumen de agregado grueso por volumen unitario del concreto.

Tamaño máximo de agregado, mm.	Volumen de agregado grueso varillado en seco, por volumen unitario de concreto para distintos módulos de finura de la arena			
	2,4	2,6	2,8	3,0
9,5 (3/8")	0,50	0,48	0,46	0,44
12,5 (1/2")	0,59	0,57	0,55	0,53
19 (3/4")	0,66	0,64	0,62	0,60
25 (1")	0,71	0,69	0,67	0,65
37,5 (1 1/2")	0,75	0,73	0,71	0,69
50 (2")	0,78	0,76	0,74	0,72
75 (3")	0,82	0,8	0,78	0,76
150 (6")	0,87	0,85	0,83	0,81

Nota: Tomado de "Criterio general del diseño de Mezclas por el Método del ACI.

- e. Obtenemos el peso del agregado grueso, que es determinado mediante la multiplicación del volumen del agregado grueso por el peso volumétrico varillado.

$$P = V \times \text{Peso volumetrico varillado} \quad \text{(Ecuación 3)}$$

$$P = 0,681 \times 1318,699$$

$$P = 897,90 \text{ kg.}$$

- f. Para conocer el valor del agregado fino se realiza la suma de todos los volúmenes conocidos para proceder a restarlo a 1m^3 . El volumen lo obtenemos mediante la siguiente expresión $V = \text{peso del material} / (\text{peso específico}) (1000)$, Tabla 26.

Tabla 26

Volumen de los agregados del concreto.

Materiales	Peso (kg)	Peso especifico	Volumen
Agua	193,000	1,000	0,193
Cemento	414,163	3,150	0,131
Grava (Escoria)	897,900	2,336	0,330
Aire	0	1,5	0,015
Arena	865,360	2,618	0,331
Total			1 m ³

- g. Valores de la corrección de los agregados por absorción y la humedad.

$$\text{Agua} = \text{peso seco} (\text{humedad} - \text{absorción}) \quad \text{(Ecuación 4)}$$

$$\text{Agua del agregado grueso} = 898,034 (0 - 6,41) = -57,57$$

$$\text{Agua del agregado fino} = 865,360 (2,78 - 1,52) = 10,84$$

$$\text{Agua efectiva} = \text{agua} - (\text{agua agregado fino} - \text{agua agregado grueso}) \quad \text{(Ecuación 5)}$$

$$\text{Agua efectiva} = 193 - (10,84 + (-57,57))$$

$$\text{Agua efectiva} = 193 + 46,73 = 239,79 \text{ kg}$$

- h. Corrección por humedad del agregado fino y grueso mostrado en la Tabla 27.

$$\text{Peso seco} \times \left(\frac{w\%}{100} + 1 \right) \quad \text{(Ecuación 6)}$$

Tabla 27

Corrección de humedad de los áridos.

Materiales	Peso (kg)	Humedad (w%)	Corrección (kg)
Arena	726,74	3,65	753,29
Escoria de acero	898,034	0,00	898,03

- i. Las porciones obtenidas de los materiales para 1m³ se muestran en la Tabla 28.

Tabla 28

Resultados para 1 m³ de Hormigón.

Materiales	1 m ³ (kg)
Cemento	414,16
Agua	239,73
Árido fino (arena)	889,37
Árido grueso (escoria de acero)	897,90

- j. En la Tabla 29 se muestra la cantidad de material para un saco de cemento.

Tabla 29

Peso de los agregados para un saco de cemento.

Un saco de cemento de 50 KG	
Materiales	(kg)
Cemento	50
Agua	28,95
Árido fino (arena)	107,41
Árido grueso (escoria de acero)	108,4

- k. En la Tabla 30 y
- l. Tabla 31 se muestra las cantidades para 1m^3 de hormigón de resistencias $f'c = 240$ y 210 kg/cm^2 respectivamente. Anexo 3, Anexo 4.

Tabla 30

Diseño de hormigón $F'c= 240 \text{ kg/cm}^2$

DISEÑO DE HORMIGON PARA RESISTENCIA $F'c= 240 \text{ KG/CM}^2$	
Materiales	(kg)
Cemento	375,90
Agua	239,33
Árido fino (arena)	922,05
Árido grueso (escoria de acero)	897,90

Tabla 31

Diseño de hormigón $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$.

DISEÑO DE HORMIGON PARA RESISTENCIA $F'c= 210 \text{ KG/CM}^2$	
Materiales	(kg)
Cemento	349,64
Agua	239,06
árido fino (arena)	944,49
árido grueso (escoria de acero)	897,90

3.14 ELABORACIÓN DE LAS PROBETAS Y VIGAS.

Una vez realizada la mezcla, se muestrea el hormigón fresco. Como señala NTE INEN 1576 (2011). Los requisitos normalizados para la elaboración de los especímenes, el curado de los cilindros y vigas a ensayar.

Equipos.

- a. **Moldes para cilindros.** – Los moldes para la fabricación de las probetas, así como las bisagras y cierres que entren en contacto con el hormigón, deberán ser de acero, hierro fundido u otro material no absorbente. El molde debe mantener su tamaño y forma bajo cualquier condición de uso (2011, p. 2).

- b. Moldes para vigas.** – Los moldes utilizados para fabricar las vigas deben tener la forma y el tamaño necesarios para producir las muestras. La superficie interior del molde debe ser lisa, los lados, el fondo y los bordes deben ser perpendiculares, rectos y libres de deformaciones (2011, p. 2).

- c. Varilla de compactación.** – Se debe contar con una varilla de acero, recta, lisa y de sección circular. La longitud de la barra de compactación debe ser al menos 100 mm mayor que la profundidad de la matriz en la que se realiza la compactación, pero la longitud total no debe exceder los 600 mm. Las varillas deben tener bordes redondeados, con una punta semiesférica del mismo diámetro que la varilla (2011, p. 2).

- d. Mazo.** – Se debe hacer uso de un mazo con cabeza de caucho, con una maza de $0,6 \text{ kg} \pm 0,2 \text{ kg}$ (2011, p. 3).

- e. Herramienta de colocación.** – El uso de un cucharón lo suficientemente grande para el vertido adecuado del hormigón a los moldes cilíndricos

- f. Herramienta para el terminado.** – para terminar de realizar las probetas cilíndricas necesitamos de una llana o una paleta.

Procedimiento. Anexo 13, Anexo 14.

- a.** Como primer paso se seleccionas los moldes a usar, para el caso de los cilindros de hormigón se usó un molde cilíndrico de acero de 150 mm de diámetro por 300 mm de altura, seguido se procese al pesado del material mediante el uso de la báscula, los porcentajes usados para cada agregado fueron obtenido en el diseño de la mezcla.

- b.** A continuación, se realiza la colocación de los agregados en la concreteira, primero se agregó el árido grueso (escoria de acero), luego se adiciona una porción del agua en conjunto al árido fino (arena) para

que se valla mezclando, como último punto se adiciona el cemento con la cantidad restante del agua, este proceso puede demorar de 10 a 15 minutos hasta obtener un correcto mezclado de los agregados.

- c. Obtenida una mezcla homogénea se procede al vaciado de la mezcla de hormigón contenida en la concreteira, la mezcla se coloca en un recipiente adecuado (carreta).
- d. Se realiza el llenado de los moldes cilindritos mediante el cucharón, el llenado se lo debe hacer por tres capas, siendo cada capa compactada por el método de varillado de 25 golpes, luego de que cada capa ha sido compactada se golpea en el exterior del molde de 10 a 15 veces con el mazo, estos golpes tienen el objetivo de cerrar cualquier agujero dejado por la varilla y eliminar cualquier burbuja grande de aire, tener en cuenta que la última capa varillada debe de quedar el molde completamente lleno.
- e. Con el molde lleno se procede a enrasar mediante una regla o con la propia varilla, para luego mediante la llana poder darle el acabado adecuado.
- f. Para el llenado de la viga, se lo puede hacer realizar mediante el uso de una pala o cucharón, el llenado se lo realiza a través de dos capas, siendo compactadas por el varillado de 60 golpes, procediendo a realizar pequeños golpes con el maso en la parte exterior del molde entre 15 a 10 golpes de cada lado de la viga.
- g. Curado de los cilindros y vigas, pasadas las 24 horas de que se vertió la mezcla en los moldes respectivos, se procede con el desencofrado, para luego ser llevados y ser sumergidos en una piscina para su respectivo curado. En los cilindros estos permanecerán en un curado constante durante 3, 7, 14, y 28 días donde ser retirado para su respectivo ensayo a compresión, para las vigas se espera un lapso de 28 días para la obtención de la resistencia a la flexión.

3.15 PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO DEL HORMIGÓN.

3.15.1 Cálculo del asentamiento (Cono de Abraham).

La norma NTE INEN 1578 (2010). establece los parámetros a seguir para para la correcta realización del ensayo de asentamiento al hormigón en estado fresco.

Equipos.

- a. Molde.** – El molde debe ser de una forma de cono, con las siguientes dimensiones, 200 mm de diámetro en su base mayor, 100 mm de diámetro en su base menor con una altura de 300 mm. El interior del molde debe ser liso y libre de imperfecciones, (2010, p. 3).
- b. Varilla de compactación.** – Debe ser una varilla recta, lisa, de acero de 16 mm de diámetro y aproximadamente 600 mm de longitud, teniendo los extremos de compactación redondeados con puntas semiesféricas (2010, p. 3).
- c. Instrumento de medida.** – Puede usarse una regla o una cinta de medir enrollada de metal. La longitud del instrumento de medida debe de ser de al menos 300 mm.
- d. Cucharón.** – Debe de ser lo suficientemente grande para poder verter la muestra en el molde y lo suficientemente pequeña para que no se desperdicie tanto material durante el llenado.

Procedimiento. Anexo 12.

- a.** Como primer paso se debe de humedecer el molde, se lo coloca en una superficie rígida y plana no absorbente. Se debe sostener firmemente el molde durante el llenado, esto parándose sobre los dos estribos.

- b. Se procede al llenado del molde haciendo uso del cucharón, el llenado del molde se realiza a través de 3 capas, cada una de aproximadamente un tercio del volumen del molde.
- c. Compactar cada capa con 25 golpes usando la varilla de compactación, procurando distribuir de manera uniforme los golpes sobre la sección transversal de cada capa. De la misma manera compactar las capas siguientes tratando de que la varilla no penetre las capas ya compactadas.
- d. Al llenar la última capa, se debe mantener un excedente de hormigón, una vez compactado la capa superior se procede a enrasar la superficie del hormigón rodando la varilla de compactación sobre el borde superior.
- e. Se procede a retirar el molde en dirección vertical, procediendo a medir el asentamiento, siendo este la diferencia vertical entre la parte superior del molde y la superficie superior del hormigón. Este ensayo debe realizarse en aproximadamente 3 min, desde que se inicia con el llenado hasta el retiro del molde.

3.15.2 Resistencia a la compresión.

El ensayo se realizó siguiendo la NTE INEN 1573 (2010), donde menciona los parámetros para la determinación de la resistencia a compresión de los cilindros de hormigón. El ensayo consiste en la aplicación de carga axial sobre el espécimen cilíndrico a razón de que este dentro del rango prescrito ante de que ocurra la falla. Para el respectivo ensayo se realizaron 4 probetas cilíndricas de hormigón con dimensiones 150 mm de diámetro por 300 mm de altura para cada diseño de mezcla diseñadas para ensayarse a las edades de 3, 7, 14 y 28 días.

Estos deben ser ensayados tan pronto como sea posible después de ser removido de su cuarto de curado. en la Tabla 32 podemos ver la tolerancia de tiempo admisible para el ensayo de especímenes. El ensayo se realizó mediante la

prensa hidráulica semiautomática ubicada en el laboratorio de suelos de la Universidad Estatal Península de Santa Elena

Se procede a la aplicación de carga de forma continua hasta que finalmente el espécimen llegue a la rotura, los resultados obtenidos se utilizan como base para control de la dosificación del hormigón, calidad y determinación del cumplimiento con las especificaciones de la norma. Anexo 15, Anexo 16.

Tabla 32

Tolerancia de tiempo admisible para el ensayo de especímenes.

Edad de ensayo	Tolerancia admisible
24 horas	0,5 h
3 días	2 horas
7 días	6 horas
28 días	20 horas
90 días	2 días

3.15.3 *Módulo de Elasticidad.*

En La norma ASTM C469-94 , podemos visualizar los parámetros necesarios para la obtención del módulo de elasticidad y la relación de Poisson en las probetas cilíndricas de concreto que son sometidas a la máquina de esfuerzo a compresión.

El ensayo proporciona valores de la relación esfuerzo de deformación lateral a longitudinal para el concreto endurecido a cualquier edad y condiciones de curado. Uno de los parámetros para la obtención del módulo de elasticidad y la relación de Poisson, es que se debe aplicar dentro de un rango de esfuerzo de trabajo del 0 a 40% de la resistencia última del concreto.

El ensayo de módulo de elasticidad se llevó a cabo en la planta Holcim San Eduardo en Guayaquil. Una vez obtenido los resultados de la resistencia ultima y multiplicado por el 40% establecido en la norma ASTM 469, procedemos a tomar

lectura de los valores para la curva esfuerzo-deformación. Anexo 18 Anexo 19, Anexo 20.

Formulas usadas:

$$E = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - 0,000050} \quad \text{(Ecuación 7)}$$

Donde:

E = módulo de elasticidad. Gpa.

S_2 = esfuerzo correspondiente al 40% de la carga ultima.

S_1 = esfuerzo correspondiente a la deformación unitaria en ϵ_1 .

ϵ_2 = deformación unitaria longitudinal.

3.15.4 Modulo elástico Teórico.

El módulo elástico teórico fue calculado usando la formula establecida por la Norma Ecuatoriana de la Construcción- sección NEC-SE-HM, la cual se muestra a continuación:

$$E = 4,7\sqrt{fc} \quad \text{(Ecuación 8)}$$

Donde:

E = módulo de elasticidad. Gpa.

fc = Resistencia a la compresión Gpa

3.15.5 Resistencia a la flexión.

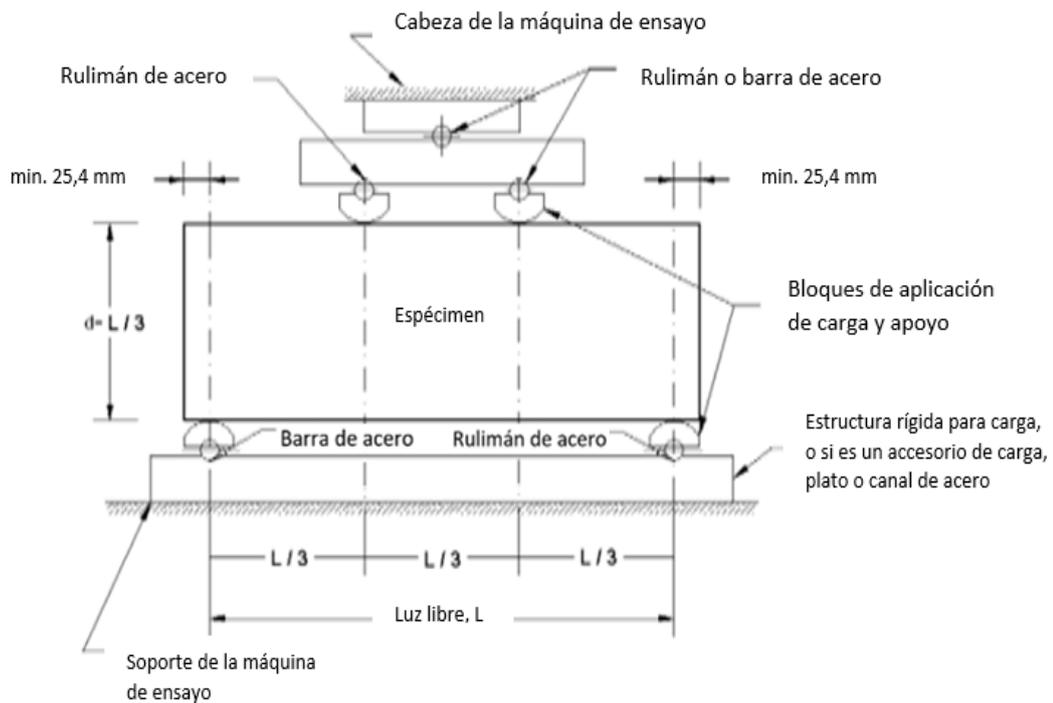
La norma NTE INEN 2554 (2011) establece los parámetros para determinar la resistencia a flexión del hormigón haciendo uso de vigas simplemente apoyada en los extremos y cargada en los tercios de la luz libre.

Procedimiento. Anexo 17.

- a. El ensayo debe realizarse tan rápido como sea posible luego de extraerlos del almacenamiento húmedo(2011, p. 3).
- b. Se procede a marcar la viga, dividiendo en tres partes iguales de la luz libre antes de ser ensayada.

Figura 9

Esquema para el Ensayo de Flexión en el Hormigón, por el Método de la Carga en los Tercios de Luz Libre.



Nota: Tomado de la norma *NTE INEN 2554*

- c. Colocar el espécimen en la máquina donde se realizará el ensayo, se centra el sistema de carga con respecto a la fuerza aplicada. La aplicación de carga debe ser a velocidad constante hasta el punto de rotura (2011, p. 3).
- d. Una vez alcanzada la rotura procedemos a la medición, para determinar las dimensiones de la sección transversal de la muestra y calcular el módulo de ruptura, se realiza una medición a través de una de las

superficies de fractura después del ensayo. El ancho y la altura dependen de la orientación del espécimen bajo prueba. Para cada medida, se debe medir uno en cada borde y uno en el centro de la sección transversal. Se utilizan tres medidas en cada dirección para determinar los valores promedio de ancho y alto.

- e. Utilizamos la siguiente fórmula si al momento de realizar el ensayo de flexión, la fractura se produce en la superficie del tercio medio de la luz libre.

$$R = \frac{P.L}{bd^2} \quad \text{(Ecuación 9)}$$

Donde:

R = Módulo de rotura (MPa)

P = Carga máxima aplicada

L = Luz libre.

b = Ancho del espécimen.

d = Altura del espécimen, en la fractura.

3.15.6 *Cambio de Volumen del Hormigón.*

La norma NTE INEN 2504 (2009), estableció un método de ensayo para determinar los cambios de longitud en especímenes de mortero y concreto de cemento hidráulico endurecido fabricados en laboratorio. La medición del cambio de longitud permite evaluar la probabilidad de expansión o contracción del volumen del mortero u hormigón debido a varias causas distintas.

Procedimiento:

- a. Se realiza la mezcla para ser vertidos en los moldes del prisma rectangular cuyas dimensiones son: 2” x 2” x 10” (51 x 51 x 254 mm), el llenado se lo realiza en dos capas.

- b. Se compacta cada capa mediante la varilla compactadora, esta debe ser de acero, recta; con un diámetro de 10 mm y una longitud no menor a 250 mm y debe contar por lo menos con un extremo redondeado.
- c. El desencofrado se lo realiza pasada las 24 horas, luego se procede a medir el prisma haciendo uso de la herramienta llamada calibre Vernier.
- d. Tomada la medida inicial del prisma se procede al curado del mismo, hasta que alcancen la edad de 28 días para proceder a tomar una segunda lectura con el calibre Vernier.
- e. Fórmula para el cálculo del cambio de longitud.

$$\Delta L_x = \frac{CRD - CRD \text{ inicial}}{CRD \text{ inicial}} \times 100 \quad \text{(Ecuación 10)}$$

Donde:

ΔL_x = Cambio de longitud del espécimen a cualquier edad.

CRD inicial = lectura del espécimen pasadas las 24 horas.

CRD = segunda lectura del espécimen.

En la Tabla 33 se muestran los resultados del ensayo de cambio volumétrico del hormigón a la edad de 28 días.

Tabla 33
Cambio Volumétrico del Hormigón a los 28 días.

CAMBIO VOLUMETRICO DEL HORMIGON						
DESCIPCION	MUESTRA	AREA (mm)	PESO (kg)	LONGITUD INICIAL	LONGITUD FINAL	EXPANSIÓN O CONTRACCION
ESCORIA + ARENA	1	660,65	1,4	25,50	25,51	0,04
NEGRA + CEMENTO GU	2	660,65	1,4	25,50	25,50	0,00
ESCORIA + CEMENTO GU	1	660,65	1,6	26,70	26,69	-0,04
	2	660,65	1,5	26,70	26,70	0,00

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

4.1 GENERALIDADES.

En este capítulo se detallan los resultados del diseño experimental de especímenes de concreto obtenidos a los 28 días utilizando escoria de acero como sustituto total del agregado grueso, cuyas resistencias a compresión son $f'c = 210, 240$ y 280 kg/cm^2 , a los 28 días.

El objetivo principal de este capítulo es analizar el proceso de diseño convencional versus las propiedades mecánicas a compresión del cemento Portland (GU) de uso general utilizando escoria de acero como agregado grueso. Los resultados de resistencia se presentaron a los 3, 7, 14 y 28 días. Anexo 5, Anexo 6, Anexo 7.

En la presente investigación sustituyendo el agregado grueso por la escoria de acero al 100% para tres resistencias de diseño $f'c = 210, 240$ y 280 kg/cm^2 . Los resultados demuestran que se obtiene una mayor resistencia en el hormigón de diseño de 210 kg/cm^2 , con una resistencia a la compresión de $262,99 \text{ kg/cm}^2$ generando una eficiencia de 25,2%, mientras que para los hormigones de diseño siguientes 240 y 280 kg/cm^2 tenemos resistencias de $281,44$ y $315,04 \text{ kg/cm}^2$ con eficiencias de 17,3 y 12,5%, podemos notar que en los resultados obtenidos están por encima de las resistencias de diseño, lo que nos muestra que la escoria de acero si puede ser implementada como agregado grueso reemplazando el árido convencional.

En el estudio de la tesis de Tirado Chávez (2018) en el ámbito internacional, con el tema “Resistencia de un concreto con agregado grueso sustitución en un 45% y 48% por escoria de horno de arco eléctrico” Los resultados obtenidos demuestran que el concreto experimental con 45 % y 48% de sustitución del agregado grueso por escoria de horno de arco eléctrico superan la resistencia del concreto patrón, sin embargo, presenta mejores resultados el concreto experimental con 45% de escoria.

4.2 DOSIFICACIÓN $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. ESCORIA DE ACERO.

En la Tabla 34 se presentan los resultados de la dosificación $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a la edad de 3, 7, 14 y 28 días, en la Figura 10, Figura 11 podemos visualizar una representación gráfica de los resultados de la resistencia a compresión versus las edades del hormigón.

Tabla 34

Dosificación $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, Escoria de Acero.

Identificación del cilindro		Escoria de Acero $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$		
Rotura				
Fecha de	Fecha de	Edad	Resistencia	Eficiencia %
14/6/2022	17/6/2022	3	120,28	17,3
14/6/2022	21/6/2022	7	155,61	9,1
15/6/2022	29/6/2022	14	206,14	8,2
16/6/2022	14/6/2022	28	262,99	25,2

Figura 10

Representación gráfica, Hormigón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, Escoria de Acero.

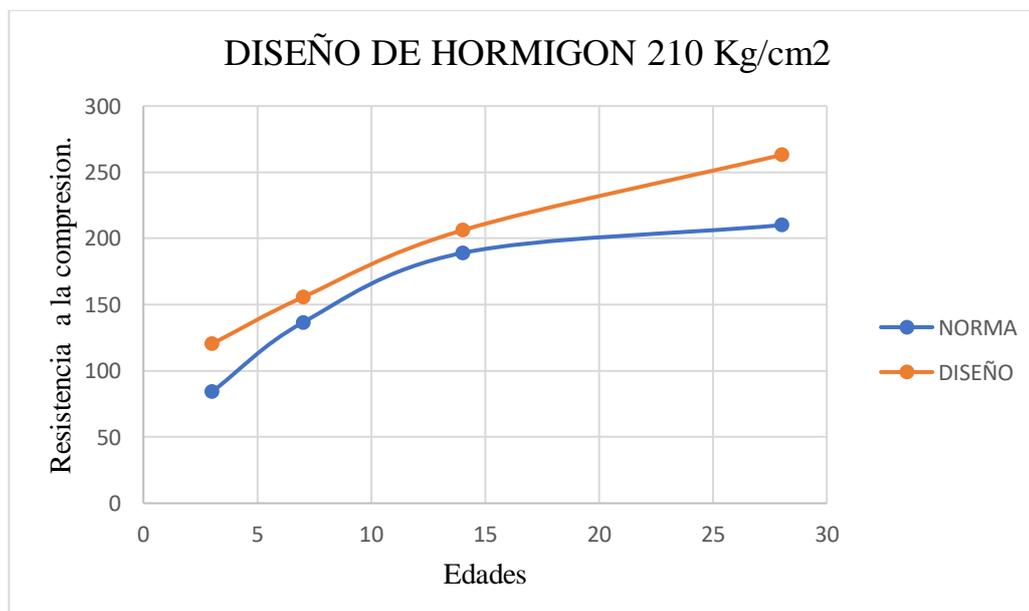
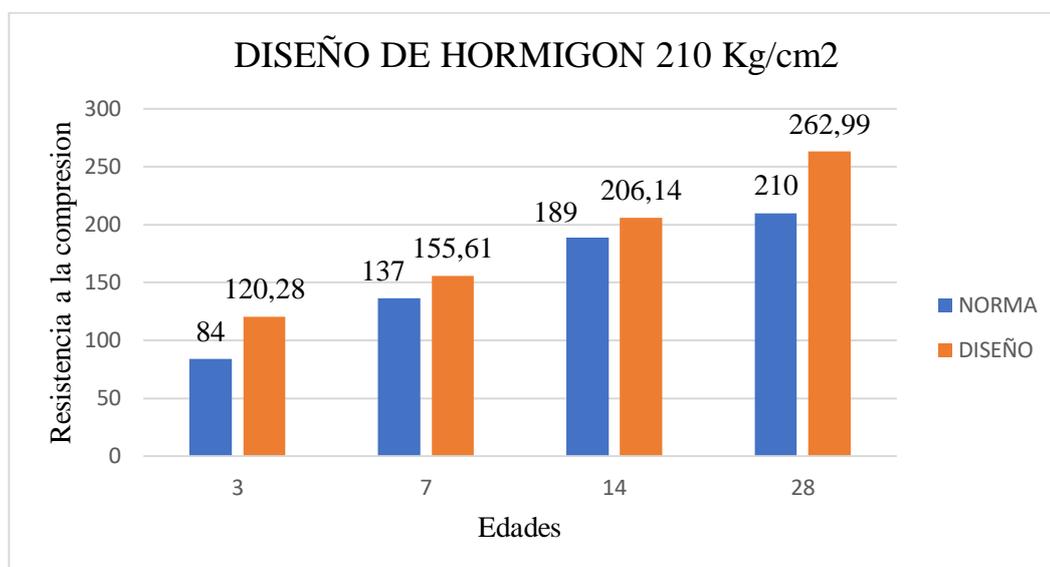


Figura 11

Representación gráfica, Hormigón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, Escoria de Acero



4.3 ANÁLISIS DE LA DOSIFICACIÓN $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

De acuerdo con los datos obtenidos de los cálculos realizados en la Tabla 34, se muestran los valores a las edades de 3, 7, 14 y 28 días. Notamos que para la resistencia a la edad de 3 días debe alcanzar una eficiencia del 40% de la resistencia de diseño, siendo esta de 84 kg/cm^2 al tercer día, en la parte experimental se alcanzó una resistencia de $120,28 \text{ kg/cm}^2$ teniendo una eficiencia del 57,3%, obteniendo un aumento en la resistencia a la compresión del 17,3%.

A la edad de 7 días, la resistencia a compresión requerida es del 65% de la resistencia de diseño, siendo esta de 137 kg/cm^2 , en la parte experimental se alcanzó una resistencia de $155,61 \text{ kg/cm}^2$ alcanzando una eficiencia del 74,1%, obteniendo un aumento en la resistencia a la compresion del 9,1%.

A la edad de 14 días, la resistencia a compresión requerida es del 90% de la resistencia de diseño, siendo esta de 189 kg/cm^2 , en la parte experimental se alcanzó una resistencia de $206,14 \text{ kg/cm}^2$ alcanzando una eficiencia del 98,2%, obteniendo un aumento en la resistencia a la compresión del 8,2%.

A la edad de 28 días, la resistencia a compresión requerida es del 100% de la resistencia de diseño, siendo esta de 210 kg/cm^2 , en la parte experimental se alcanzó

una resistencia de 262,99 kg/cm² alcanzando una eficiencia del 125,2%, obteniendo un aumento en la resistencia a la compresion del 25,2%.

4.4 DOSIFICACIÓN $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$. ESCORIA DE ACERO.

Tabla 35

Dosificación $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$, Escoria de Acero.

Identificación del cilindro		Escoria de Acero $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$		
Rotura				
Fecha de	Fecha de	Edad	Resistencia	Eficiencia %
30/5/2022	2/6/2022	3	127,72	60,8
30/5/2022	6/6/2022	7	189,57	79,0
2/6/2022	16/6/2022	14	228,06	95,0
2/6/2022	30/6/2022	28	281,44	117,3

En la Tabla 35 se presentan los resultados de la dosificación $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$ a la edad de 3, 7, 14 y 28 días, en la Figura 12,

Figura 13 podemos visualizar una representación gráfica de los resultados de la resistencia a compresión versus las edades del hormigón.

Figura 12

Representación gráfica, Hormigón $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$, Escoria de Acero.

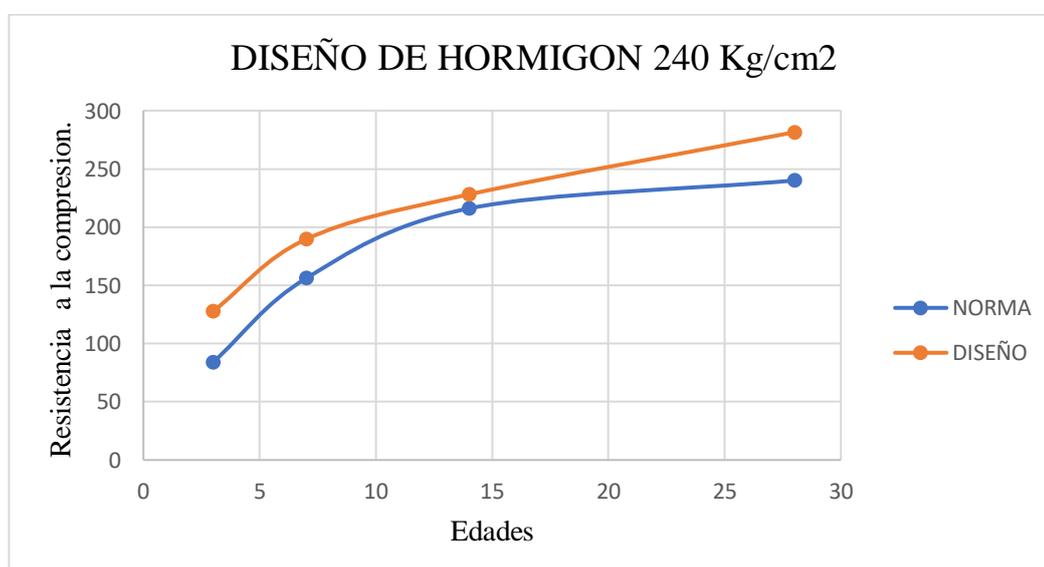
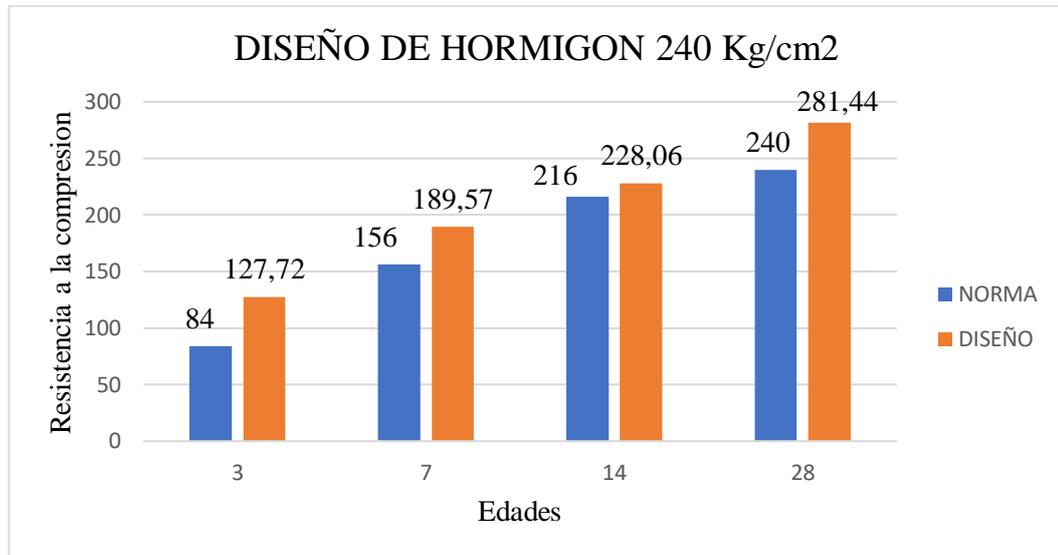


Figura 13

Representación gráfica, Hormigón $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$, Escoria de Acero



4.5 ANÁLISIS DE LA DOSIFICACIÓN $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$.

De acuerdo con los datos obtenidos de los cálculos realizados en la Tabla 35, se muestran los valores a las edades de 3, 7, 14 y 28 días. Notamos que para la resistencia a la edad de 3 días debe alcanzar una eficiencia del 40% de la resistencia de diseño, siendo esta de 96 kg/cm^2 al tercer día, en la parte experimental se alcanzó una resistencia de $127,72 \text{ kg/cm}^2$ teniendo una eficiencia del 60,8%, obteniendo un aumento en la resistencia a la compresión del 20,8%.

A la edad de 7 días, la resistencia a compresión requerida es del 65% de la resistencia de diseño, siendo esta de 156 kg/cm^2 , en la parte experimental se alcanzó una resistencia de $189,57 \text{ kg/cm}^2$ alcanzando una eficiencia del 79,0%, obteniendo un aumento en la resistencia a la compresión del 14,0%.

A la edad de 14 días, la resistencia a compresión requerida es del 90% de la resistencia de diseño, siendo esta de 216 kg/cm^2 , en la parte experimental se alcanzó una resistencia de $228,06 \text{ kg/cm}^2$ alcanzando una eficiencia del 95,0%, obteniendo un aumento en la resistencia a la compresión del 5,0%.

A la edad de 28 días, la resistencia a compresión requerida es del 100% de la resistencia de diseño, siendo esta de 240 kg/cm^2 , en la parte experimental se alcanzó

una resistencia de 281,44 kg/cm² alcanzando una eficiencia del 117,3%, obteniendo un aumento en la resistencia a la compresión del 17,3%.

4.6 DOSIFICACIÓN $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$. ESCORIA DE ACERO.

En la Tabla 36 se presentan los resultados de la dosificación $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ a la edad de 3, 7, 14 y 28 días, en la Figura 14,

Figura 15 podemos visualizar una representación gráfica de los resultados de la resistencia a compresión versus las edades del hormigón.

Tabla 36

Dosificación $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, Escoria de Acero.

Identificación del cilindro		Escoria de Acero $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$		
Rotura				
Fecha de	Fecha de	Edad	Resistencia	Eficiencia %
24/5/2022	27/5/2022	3	160,55	57,3
24/5/2022	31/5/2022	7	201,04	71,8
24/5/2022	7/6/2022	14	263,19	94,0
24/5/2022	21/6/2022	28	315,04	112,5

Figura 14

Representación gráfica, Hormigón $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, Escoria de Acero

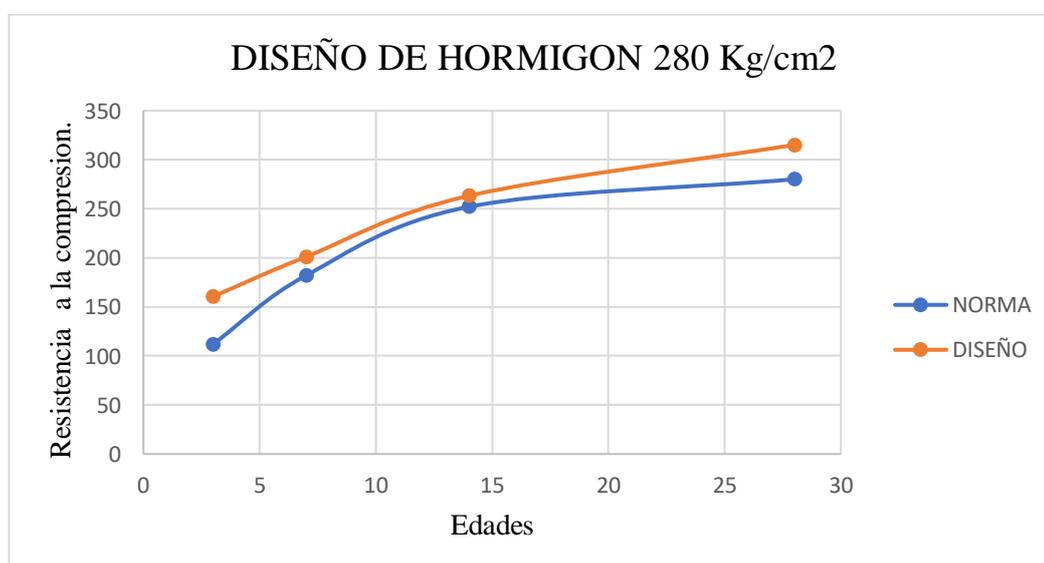
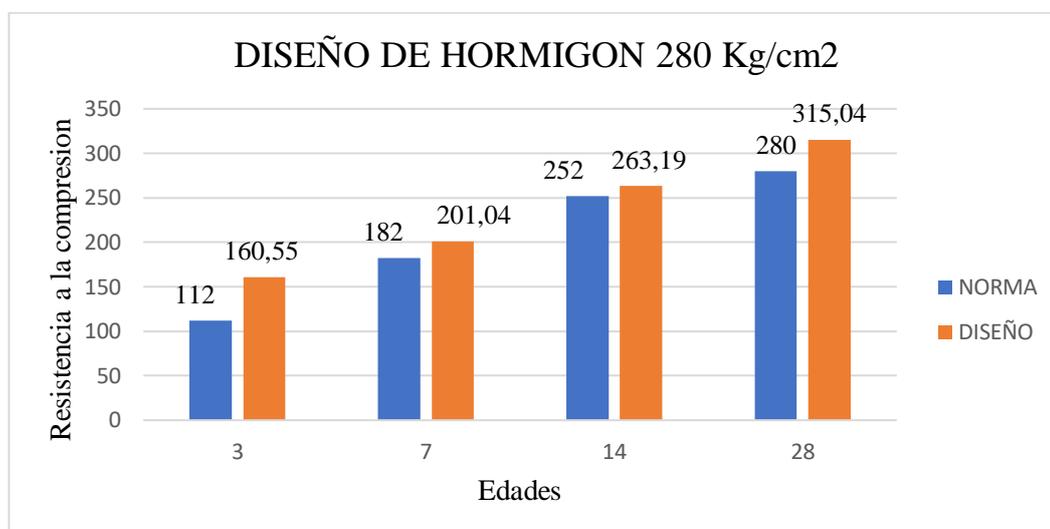


Figura 15

Representación gráfica, Hormigón $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$.



4.7 ANÁLISIS DE LA DOSIFICACIÓN $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$.

De acuerdo con los datos obtenidos de los cálculos realizados en la Tabla 36, se muestran los valores a las edades de 3, 7, 14 y 28 días. Notamos que para la resistencia a la edad de 3 días, debe alcanzar una eficiencia del 40% de la resistencia de diseño, siendo esta de 112 kg/cm^2 al tercer día, en la parte experimental se alcanzó una resistencia de $160,55 \text{ kg/cm}^2$ teniendo una eficiencia del 57,3%, obteniendo un aumento en la resistencia a la compresión del 17,3%.

A la edad de 7 días, la resistencia a compresión requerida es del 65% de la resistencia de diseño, siendo esta de 182 kg/cm^2 , en la parte experimental se alcanzó una resistencia de $201,04 \text{ kg/cm}^2$ alcanzando una eficiencia del 71,8%, obteniendo un aumento de la resistencia a la compresión del 6,8%.

A la edad de 14 días, la resistencia a compresión requerida es del 90% de la resistencia de diseño, siendo esta de 252 kg/cm^2 , en la parte experimental se alcanzó una resistencia de $263,19 \text{ kg/cm}^2$ alcanzando una eficiencia del 94,0%, obteniendo un aumento de la resistencia a la compresión del 4,0%.

A la edad de 28 días, la resistencia a compresión requerida es del 100% de la resistencia de diseño, siendo esta de 280 kg/cm^2 , en la parte experimental se alcanzó

una resistencia de 315,04 kg/cm² consiguiendo una eficiencia del 112,5%, obteniendo un aumento de la resistencia a la compresión del 12,5%.

4.8 ENSAYO A FLEXIÓN.

Tabla 37

Resistencia a la Flexión.

DESCRIPCION	MÓDULO DE ROTURA (MPa)
Diseño de 280 kg/cm ²	5,32
Diseño de 240 kg/cm ²	5,43
Diseño de 210 kg/cm ²	5,52

El módulo de rotura por flexión es aproximadamente entre el 10 % al 20 % de la resistencia a la compresión, este porcentaje varía dependiendo el tipo, tamaño y volumen del agregado grueso utilizado en la mezcla de hormigón. La Tabla 37 nos presenta los resultados de la resistencia a la flexión. Para el diseño de 280 kg/cm² se obtuvo un módulo de rotura de 5,32 Mpa siendo el 17,22 % de la resistencia obtenida a la edad de 28 días. Para el diseño de 240 kg/cm² se obtuvo un valor de 5,43 Mpa siendo el 19,65 % de la resistencia obtenida a la edad de 28 días. Para el diseño de 210 kg/cm² se obtuvo un valor de 5,52 Mpa siendo el 21,40 % de la resistencia obtenida a la edad de 28 días. Anexo 8 Anexo 9 Anexo 10.

4.9 MÓDULO DE ELASTICIDAD.

Tabla 38

Módulo de Elasticidad.

DESCRIPCION	Experimental (Gpa)	Teórico (Gpa)
Diseño de 210 kg/cm ²	26,7	24,4
Diseño de 240 kg/cm ²	28,0	25,0
Diseño de 280 kg/cm ²	28,9	26,3

El módulo estático de elasticidad para las resistencias de 210, 240 y 280 kg/cm², fueron determinados a través de dos métodos, el primer fue obtenido en laboratorio siguiendo los parámetros establecidos por la norma ASTM-C469, y el segundo método aplicado fue por la fórmula teórica establecido por la Norma Ecuatoriana de la Construcción en su capítulo NEC_SE_HM, donde se evidencio que los valores obtenidos en laboratorio fueron mayores a los calculados a través de la fórmula teórica; resultados en la Tabla 38.

A continuación, podemos observar en la Tabla 39 un resumen de resultados de los ensayos realizados al hormigón en estado fresco y endurecido, tenemos resultados de revenimiento, peso específico, resistencia a la compresión, módulo de rotura, módulo de elasticidad y relación de poisson de las diferentes resistencias de diseño como son $f'c = 210, 240$ y 280 kg/cm^2 .

Tabla 39

Resumen de los ensayos al hormigón.

Descripción	Revenimiento	Peso Especifico	Resistencia a la Compresión	Módulo de Rotura	Módulo de Elasticidad	Relación de Poisson
kg/cm ²	cm	kg/cm ³	kg/cm ²	Mpa	Gpa	u
210	7	2457,05	262,99	5,52	26,7	0,22
240	6,5	2450,09	281,44	5,43	28,0	0,23
280	6,5	2445,80	315,04	5,32	28,9	0,25

4.10 ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO.

El análisis de precio unitario (APUS) es el examen detallado que se hace a una unidad de obra con la finalidad de conocer por separado, sus características constructivas y los elementos de costos que lo componen para sacar conclusiones y establecer su precio previo a la construcción y demostrar lógicamente su valor monetario. En las Figura 16, Figura 17 y Figura 18 se muestran los precios unitarios de los hormigones de resistencias a la compresión $f'c = 210, 240$ y 280 kg/cm^2 , elaborados con escorias de acero. En los Anexo 21, Anexo 22, Anexo 23 se presentan los precios unitarios de los hormigones convencionales.

Figura 16

Análisis de Precio Unitario del Hormigón de 280 kg/cm², Escoria.

		UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA CARRERA INGENIERIA CIVIL			
ANALISIS DE PRECIO UNITARIO					
Rubro:	Hormigon simple de 280 Mps con Escoria de Acero.	Unidad		m3	
Fecha:	13/7/2022	Rendimiento		0,4	
MAQUINARIA Y EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTOS HORARIOS	COSTO UNITARIO	
	A	B	C=A*B	D=C*R	
HERRAMIENTAS MENORES (5%)				0,62	
CONCRETERA DE 1 SACO	1	5,00	5,00	2,00	
VIBRADOR DE MANGUERA	1	3,75	3,75	1,50	
SUBTOTAL				4,12	
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTOS HORARIOS	COSTO UNITARIO	
	A	B	C=A*B	D=C*R	
PEON	6	3,62	21,72	8,69	
ALBAÑIL	2	3,66	7,32	2,93	
MAESTRO	0,5	4,06	2,03	0,81	
SUBTOTAL				12,43	
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO UNITARIO	
		A	B	C=A*B	
CEMENTO GU (50kg)	SACO	8,28	8,2	67,896	
ARENA	m3	0,331	18	5,958	
ESCORIA DE ACERO	m3	0,330	16	5,28	
AGUA	m3	0,24	1	0,24	
SUBTOTAL				79,374	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO UNITARIO	
		A	B	C=A*B	
COSTO DIRECTO				95,92	
COSTO INDERECTO (25%)				23,98	
COSTO TOTAL				119,90	

Figura 17

Análisis de Precio Unitario del Hormigón de 240 kg/cm², Escoria.

		UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA CARRERA INGENIERIA CIVIL			
ANALISIS DE PRECIO UNITARIO					
Rubro:	Hormigon simple de 240 Mps con Escoria de Acero.	Unidad		m3	
Fecha:	13/7/2022	Rendimiento		0,4	
MAQUINARIA Y EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTOS HORARIOS	COSTO UNITARIO	
	A	B	C=A*B	D=C*R	
HERRAMIENTAS MENORES (5%)				0,66	
CONCRETERA DE 1 SACO	1	5,00	5	2,00	
VIBRADOR DE MANGUERA	1	3,75	3,75	1,50	
SUBTOTAL				4,16	
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTOS HORARIOS	COSTO UNITARIO	
	A	B	C=A*B	D=C*R	
PEON	6	3,83	22,98	9,19	
ALBAÑIL	2	3,87	7,74	3,10	
MAESTRO	0,5	4,09	2,045	0,82	
SUBTOTAL				13,11	
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO UNITARIO	
		A	B	C=A*B	
CEMENTO GU (50kg)	SACO	7,52	8,2	61,6476	
ARENA	m3	0,343	18	6,174	
ESCORIA DE ACERO	m3	0,330	16	5,28	
AGUA	m3	0,24	1	0,24	
SUBTOTAL				73,3416	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO UNITARIO	
		A	B	C=A*B	
			COSTO DIRECTO	90,60	
			COSTO INDERECTO (25%)	22,65	
			COSTO TOTAL	113,25	

Figura 18*Análisis de Precio Unitario del Hormigón de 210 kg/cm², Escoria.*

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA CARRERA INGENIERIA CIVIL			
ANALISIS DE PRECIO UNITARIO				
Rubro:	Hormigon simple de 210 Mps con Escoria de Acero.	Unidad	m3	
Fecha:	13/7/2022	Rendimiento	0,4	
MAQUINARIA Y EQUIPOS				
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTOS HORARIOS	COSTO UNITARIO
	A	B	C=A*B	D=C*R
HERRAMIENTAS MENORES (5%)				0,66
CONCRETERA DE 1 SACO	1	5,00	5	2,00
VIBRADOR DE MANGUERA	1	3,75	3,75	1,50
SUBTOTAL				4,16
MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTOS HORARIOS	COSTO UNITARIO
	A	B	C=A*B	D=C*R
PEON	6	3,83	22,98	9,19
ALBAÑIL	2	3,87	7,74	3,10
MAESTRO	0,5	4,09	2,045	0,82
SUBTOTAL				13,11
MATERIALES				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO UNITARIO
		A	B	C=A*B
CEMENTO GU (50kg)	SACO	6,99	8,2	57,318
ARENA	m3	0,351	18	6,318
ESCORIA DE ACERO	m3	0,33	16	5,28
AGUA	m3	0,24	1	0,24
SUBTOTAL				69,156
TRANSPORTE				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO UNITARIO
		A	B	C=A*B
		COSTO DIRECTO		86,42
		COSTO INDERECTO (25%)		21,60
		COSTO TOTAL		108,02

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

La escoria de acero proveniente de la empresa ANDEC S.A, cumple los parámetros de diseño establecidos por la norma ACI 211,1 para ser implementado como material granular en la elaboración de hormigones convencionales, obteniendo una ganancia en promedio de 18 % más con respecto al hormigón de diseño. También se analizó la composición química de la escoria de ANDEC S.A, Oxido de Calcio (CaO) 34 %, Dióxido de Silicio (SiO₂) 29%, Trióxido de Aluminio (Al₂O₃) 8 %, Oxido de Magnesio (MgO) 1%, Oxido de Manganeso (MnO) 6%, Trióxido de Cromo (Cr₂O₃) 1%, Trióxido de Azufre (SO₃) 1% y Trióxido de Hierro (Fe₂O₃) 12%, verificando el contenido de cal libre y el óxido de magnesio están dentro de los límites establecidos por la organización CEDEX en España. Con las hipótesis planteadas se estima que la escoria de acero si puede ser implementada como agregado grueso; alcanzando mayor resistencia a la compresión.

- a. Se bosquejaron tres diseños de mezclas con diferentes resistencias $f'_c = 210$ kg/cm², 240 kg/cm² y 280 kg/cm², haciendo uso del cemento GU, arena negra proveniente de la cantera el Triunfo con el agregado grueso de escoria de acero, donde se evidencio que las tres dosificaciones alcanzaron la resistencia de diseño, a la edad de 28 días para la resistencia de 210 kg/cm² se obtuvo una eficiencia de 125,2% obteniendo una ganancia del 25,2 %, para la resistencia 240 kg/cm² la eficiencia alcanzada a comparación a la eficiencia de diseño fue de 117,3 % reflejando una ganancia del 17,3 % en cuanto al diseño de 280 kg/cm² la eficiencia es de 112,5 %.

La escoria de acero proveniente de la empresa ANDEC S.A tiene una resistencia al desgaste aceptable del 45% siendo menor al límite establecido por la norma

INEN, en la sección 860, concluimos que la escoria siderúrgica puede ser usada como agregado grueso cumpliendo con la propiedad del desgaste.

El hormigón en estado fresco se obtuvo un asentamiento similar para las tres dosificaciones, siendo de 6,5 cm para la resistencia de 240 y 280 kg/cm² a excepción de la mezcla de 210 kg/cm² que obtuvo un asentamiento de 7 cm.

Referente a la resistencia a compresión obtenido en las probetas fabricadas con cemento Portland GU, arena negra (El Triunfo) y como agregado grueso la escoria siderúrgica en los diseños $f'c = 210, 240$ y 280 kg/cm^2 a una edad de 28 días, obtuvimos valores de $262,99 \text{ kg/cm}^2$, $281,44 \text{ kg/cm}^2$ y $315,04 \text{ kg/cm}^2$ respectivamente.

La densidad obtenida para los diseños de hormigón supera los 2400 kg/m^3 siendo esta la densidad de un hormigón normal, en la presente investigación se obtuvo un promedio entre las tres dosificaciones una densidad de $2450,98 \text{ kg/m}^3$.

En correspondencia al módulo de rotura se obtuvo $5,52 \text{ Mpa}$ para la resistencia de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, para la resistencia de $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$ se denoto el valor de $5,43 \text{ Mpa}$, por último, para la resistencia de 280 kg/cm^2 se alcanzó el valor de $5,32 \text{ Mpa}$.

Referente al módulo elástico obtenidos en las probetas cilíndricas, para las tres dosificaciones $f'c = 210, 240$ y 280 kg/cm^2 , se obtuvieron los siguientes valores siendo de $26,5 \text{ Gpa}$, $27,4 \text{ Gpa}$ y $28,8 \text{ Gpa}$ respectivamente.

- b.** Para el análisis costo-beneficio para los diseños $f'c = 210, 240$ y 280 kg/cm^2 con el reemplazo del 100% en el agregado grueso por escoria siderúrgica, en comparación al precio de los hormigones convencionales, se obtuvieron costos menores debido a que la escoria actualmente no se comercializa, para el respectivo análisis se consideró un precio competitivo incluso menor que los áridos convencional. El precio unitario obtenido para cada diseño fue de $\$108,02$; $\$113,25$; y $\$119,90$ dólares americanos respectivamente.

5.2 RECOMENDACIONES

- a.** Para el diseño de las diferentes resistencias se recomienda seguir los procedimientos establecidos por la norma ACI 211.1, en cuanto al agregado grueso siendo esta escoria de acero se debe saturar el material antes del respectivo mezclado de los materiales debido a su alto porcentaje de absorción.

- b.** El Decreto 64/2019 recomienda la maduración y envejecimiento del árido siderúrgico (escoria) mediante el constante regado de agua y volteo del material, para evitar así la expansión que puede llegar a tener debido al óxido de calcio y óxido de magnesio, este proceso puede oscilar entre 3 y 120 días.

- c.** En investigaciones futuras, realizar un diseño específico, aumentando la cantidad de árido fino hasta alcanzar el porcentaje en donde la resistencia empiece a decrecer, debido que el aumento de árido fino mejora la adherencia con la escoria de acero disminuyendo la segregación y aumentando la resistencia.

- d.** Realizar ensayos de durabilidad a mayores edades del concreto.

- e.** Realizar ensayos a la escoria de acero a sustancias químicas destructivas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDEC SA (Producer). (Noviembre de 2021). ANDEC INSTITUCIONAL 2021. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=t14uNUjJemc&t=24s>
- Arce Pezo, X. (1997). *Hormigones livianos*. Retrieved from <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/3311>
- ASTM C469-94. MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y RELACIÓN DE POISSON DEL CONCRETO EN COMPRESIÓN.
- Bermudez Andrade, D. J., & Cadena Perugachi, H. A. (2015). *Correlación entre la resistencia al esfuerzo de compresión y tracción del hormigón, utilizando agregados de las canteras de Pifo y San Antonio, cemento holcim tipo gu*. Quito: UCE,
- Botto Lugo, R. I., & Santacruz Pachón, P. A. (2017). Evaluación de las propiedades en estado fresco y endurecido de un concreto para uso en pavimento rígido, adicionado con nanocompuestos de carbono.
- Cárdenas Pulido, J., Lizarazo-Marriaga, J., & Aperador Chaparro, W. (2016). Comportamiento mecánico de sistemas cementantes binarios (cemento Portland - ceniza volante - escoria de alto horno) %J Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales. 36, 78-98.
- Cauas, D. J. B. b. e. d. l. u. N. d. C. (2015). Definición de las variables, enfoque y tipo de investigación. 2, 1-11.
- CEDEX, C. D. E. Y. E. D. O. P. (1957). Escorias de Aceria de Horno de Arco Electrico. Retrieved from <http://www.cedexmateriales.es/catalogo-de-residuos/25/escorias-de-aceria-de-horno-de-arco-electrico/valorizacion/propiedades-/45/escorias-negras.html>
- Chirif Rivera, L. H., & Molina Barentzen, H. B. (2010). Conceptos petrológicos aplicados al estudio del concreto.
- Conrado Díaz, M. B., & Rojas Santiago, J. A. (2012). Diseño de hormigones con fibras de polipropileno para resistencias a la compresión de 21 y 28 MPa con agregados de la cantera de Guayllabamba.

- Corcuera Sigüenza, A. E., & Vela Fernandez, J. R. (2018). Impacto en la resistencia a la compresión y permeabilidad del concreto a partir de la sustitución de la piedra por ecogravilla de escoria de acero, Trujillo-2018.
- de Guzmán, D. S. (2001). *Tecnología del concreto y del mortero*: Pontificia Universidad Javeriana.
- Del Viso, J., Carmona, J., & Ruiz, G. (2007). *Influencia de la forma y del tamaño de la probeta en la resistencia a compresión de hormigones de alta resistencia*. Paper presented at the Anales de la Mecánica de Fractura.
- Frías Muñoz, G. G., & Salazar Amagua, R. F. (2019). *Diseño de hormigón de alta resistencia con escoria de acero reciclado como sustitución parcial de agregados*. Quito: UCE,
- García, I. A. (2011). *Estudio y diseño de hormigones estructurales basados en la incorporación de subproductos siderúrgicos: viabilidad tecnológica*. Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea,
- Giraldo Bolívar, O. J. E. d. I. C. (1987). Guía práctica para el diseño de mezclas de hormigón.
- González Ortega, M. A. (2015). Comportamiento y diseño de hormigones estructurales con áridos siderúrgicos EAF.
- Gutiérrez de López, L. J. D. d. I. C. (2003). El concreto y otros materiales para la construcción.
- Hernández, J. R. N. (2010). *Tecnología del Concreto. Materiales, Propiedades y Diseño de Mezcla*. (TERCERA EDICION ed. Vol. TOMO I).
- Hernández Puy, J. (2007). Estudio de la estabilidad volumétrica, propiedades físicas y químicas de la escoria negra de acero de horno de arco eléctrico.
- Holcim Ecuador S.A. (2019). Holcim Fuerte. Cemento hidraulico Tipo GU para la construccion en general.
- INECYC. (2007). INTITUTO ECUATORIANO DEL CEMENTO Y DEL HORMIGON.
- Lilia, C. F. A. (2015). *Población y muestra*.
- Maranto, M., & González, M. (2015). *Fuentes de Información*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. In: Recuperado de <http://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle>
- Moreira., W. Z. (2022). comunicacion personal.

- NEC-SE-HM, N. E. D. L. C.-. (2015). ESTRUCTURA DE HORMIGON ARMADO. 1-119.
- Novoa Mendivelso, A. D. (2018). *Implementación de escoria negra de horno de arco eléctrico (ENHAE) como agregado grueso en la mezcla asfáltica.*
- NTE INEN 151. (2010). CEMENTO HIDRAULICO. DEFINICION DE TERMINO. In (pp. 3).
- NTE INEN 696. (2011). ARIDOS. ANALISIS GRANULOMETRICO EN LOS ARIDOS, FINO Y GRUESO.
- NTE INEN 856. (2010). ARIDOS. DETERMINACION DE LA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECIFICA) Y ABSORCION DEL ARIDO FINO., 1-15.
- NTE INEN 857. (2010). ARIDOS, DETERMINACION DE LA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECIFICA) Y ABSORCION DEL ARIDO GRUESO., 1-14.
- NTE INEN 858. (2010). ARIDOS. DETERMINACION DE LA MASA UNITARIA (PESO VOLUMETRICO) Y EL PORCENTAJE DE VACIOS., 1-13.
- NTE INEN 860. (2011). ARIDOS, DETERMINACION DEL VALOR DE LA DEGRADACION DEL ARIDO GRUESO DE PARTICULAS MENORES A 37,5 mm MEDIANTE EL USO DE LA MAQUINA DE LOS ANGELES., 1-10.
- NTE INEN 862. (2011). ARIDOS PARA HORMIGON. DETERMINACION DEL CONTENIDO TOTAL DE HUMEDAD., 1-8.
- NTE INEN 1573. (2010). HORMIGON DE CEMENTO HIDRAULICO. DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE ESPECIMENES CILINDRICOS DE HORMIGON DE CEMENTO HIDRAULICO., 1-14.
- NTE INEN 1576. (2011). HORMIGON DE CEMENTO HIDRAULICO. ELABORACION Y CURADO EN OBRA DE ESPECIMENES PARA ENSAYO., 3-14.
- NTE INEN 1578. (2010). HORMIGON DE CEMENTO HIDRAULICO. DETERMINACION DEL ASENTAMIENTO., 1-9.
- NTE INEN 1762. (2015). HORMIGON. DEFINICIONES Y TERMINOLOGIA., 4.

- NTE INEN 2380. (2011). CEMENTO HIDRAULICO. REQUISITOS DE DESEMPEÑO PARA CEMENTOS HIDRAULICOS., 1-11.
- NTE INEN 2504. (2009). MORTERO Y HORMIGON. DETERMINACION DEL CAMBIO DE LONGITUD DEL MORTERO Y DEL HORMIGON ENDURECIDOS., 1-14.
- NTE INEN 2554. (2011). HORMIGON DE CEMENTO HIDRAULICO. DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA FLEXION DEL HORMIGON. (UTILIZANDO UNA VIGA SIMPLE CON CARGA EN LOS TERCIOS). 1-8.
- PCA. (2019). *America`s Cement Manufactures*. Retrieved from <https://www.cement.org/cement-concrete/how-cement-is-made>
- Pérez Fernández, Y. (2015). *Estudio de durabilidad del hormigón con áridos siderúrgicos de horno de arco eléctrico*. Universitat Politècnica de Catalunya,
- Romea, C. J. O. M. (2014). *El hormigón: Breve reseña histórica de un material milenario*.
- Sánchez, F. J. A. (2002). *Historia, caracterización y restauración de morteros*: Universidad de Sevilla.
- Sanjuán Barbudo, M. Á., & ChinChón yepes, S. (2014). *Introducción a la fabricación y normalización del cemento portland*: Universidad de Alicante.
- Speranza, S. (2019). *Evaluación de hormigones conductores con áridos siderúrgicos*. Universitat Politècnica de Catalunya,
- Suárez Hincapie, L. C. (2019). *Evaluación de escorias siderúrgicas de horno de arco eléctrico en mezclas de concreto estructural*.
- Tirado Chavez, J. G. (2018). *Resistencia de un concreto con agregado grueso sustituido en un 45% y 48% por escoria de horno de arco eléctrico*.
- Tirado Gutiérrez, C. E. (2020). *Análisis comparativo del uso de escoria de siderurgia para la estabilización de suelo*. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica ...,
- Torres-Carrasco, M., del Mar Alonso, M., Guarner, P., Zamora, A., & Puertas, F. J. H. y. A. (2018). *Hormigones de escorias activadas alcalinamente. Comportamiento mecánico y durable*. 69(285), 163-168.

- Valcuende Payá, M. O., Marco Serrano, E., Jardón Giner, R., & Gil Andrés, A. (2011). *Evolución de la resistencia del hormigón con la edad y la temperatura*.
- Vélez Guayasamín, A. (2013). *Hormigones con escoria de acero de horno eléctrico: prestaciones mecánicas, físicas y químicas*. In: Universidad de Cuenca.
- Villalaín, J. M. M. (2001). *Fabricación de hormigón hidráulico con escorias de horno eléctrico de arco*. Universidad de Burgos,
- Villaverde Adri. (2009). *Procesos de obtención del acero y otros productos*. Retrieved from <http://adriantecnologia2.blogspot.com/2009/02/procesos-de-obtencion-del-acero-y-otros.html>

ANEXOS

Anexo 1

Composición química de la escoria.

FECHA DE COLADA	# COLADAS	Tipo de Acero	Proceso	T°	%CaO	%SiO2	%Al2O3	%MgO	%MnO	%TiO2	%P2O5
1/4/2022	FU-50089		HC	1642	51,03	23,47	5,13	10,85	0,3	0,46	0
1/4/2022	FU-50088		HC	1650	53,34	21,59	4,76	7,87	0,24	0,49	0
1/4/2022	FU-50089		HE	1624	27,77	19,14	10,39	11,07	5,23	0,76	0,16
1/4/2022	FU-50098		HE	1587	25,82	15,74	8,61	5,42	5,58	0,84	0,15
4/4/2022	FU-50103		HE	1654	27,32	17,99	10,68	11,78	5,38	0,78	0,13
4/4/2022	FU-50113		HE	1615	32,32	12,88	7,5	6,35	4,57	0,68	0,24
6/4/2022	FU-50086		HE	1623	34,48	18,06	12,41	10,27	5,77	1,04	0,18
6/4/2022	FU-50115		HE	1670	48,96	13,48	10,4	6,34	3,54	0,39	0,73
11/4/2022	FU-50178		HC	1621	57,46	21,67	3,91	10,96	0,45	0,45	0,05
11/4/2022	FU-50157		HC	1630	54,99	24,58	3,8	10,85	0,48	0,42	0
11/4/2022	FU-50169		HE	1628	27,81	20,61	11,82	9,48	6,08	1,19	0,08
11/4/2022	FU-50191		HE	1641	36,93	18,95	12,34	11,21	4,23	0,92	0,27
11/4/2022	FU-50178		HE	1631	31,13	20	15,82	10,15	5,35	1,13	0,15
11/4/2022	FU-50147		HE	1612	32,44	19,7	13,98	10,31	5,05	1,17	0,17
11/4/2022	FU-50148		HE	1598	30,47	19,07	12,61	7,79	5,43	1,16	0,25
12/4/2022	FU-50207		HE	1641	35,79	18,62	13,29	10,59	5,09	1,07	0,18
19/4/2022	FU-50222		HE	1630	26,37	10,56	8,01	4,19	5	-	0
19/4/2022	FU-50220		HE	1658	28,02	9,06	6,44	5,24	5,01	-	0
25/4/2022	FU-50221		HE	1590	25,75	11,52	8,45	3,11	-	-	0
25/4/2022	FU-50246		HE	1585	33,5	12,91	12,18	7,93	-	-	0
25/4/2022	FU-50232		HC	1653	41,33	13,19	2,06	6,56	-	-	0
25/4/2022	FU-50260		HE	1636	32,88	10,64	8,05	5,86	-	-	0
25/4/2022	FU-50235		HC	1616	52,8	9,35	2,21	3,15	-	-	0
25/4/2022	FU-50247		HE	1653	29,08	10,78	8	4,79	-	-	0
25/4/2022	FU-50298		HE	1642	25,8	9,04	6,17	3,62	-	-	0
3/5/2022	FU-50329		HE	1646	32,94	12,73	9,35	6,92	-	-	0
3/5/2022	FU-50559		HE	1570	31,24	10,37	6,62	5,59	-	-	0
3/5/2022	FU-50343		HE	1634	36,51	9,35	6,62	6,6	-	-	0
6/5/2022	FU-50385		HE	1595	33,3	11,54	8,83	5,67	-	-	0
6/5/2022	FU-50399		HE	1621	39,3	11,66	6,9	5,62	-	-	0
6/5/2022	FU-50390		HE	1601	33,46	11,12	8,81	6,03	-	-	0
12/5/2022	FU-50423		HE	1613	29,37	13,16	9,12	7,23	-	-	0,002
12/5/2022	FU-50406		HE	1626	32,4	13,52	9,29	8,02	-	-	0,002
12/5/2022	FU-50433		HC	1631	43,23	15,33	3,54	12,55	-	-	0,002
12/5/2022	FU-50406		HC	1627	50,18	15,01	3,03	3,94	-	-	0,002
12/5/2022	FU-50399		HC	1605	54,35	14,23	3,94	5,14	-	-	0,002
12/5/2022	FU-50433		HE	1613	29,28	10,88	7,13	6,27	-	-	0,002

**CONTROL DE CALIDAD - LABORATORIO QUIMICO
ANALISIS DE ESCORIAS SIDERURGICAS**

%P2O5	%SO3	%Fe2O3	%FeO	%BaO	%V2O5	%ZrO2	%Cl	%MnO3	%SrO	%WO3	%ZnO	%CuO	%Cr2O3
0	3,69	0,56	0	0	0	0,02	0,03	0	0,06	0	0,09	0	0,04
0	3,69	0,62	0	0	0	0,02	0,01	0	0,06	0	0,05	0	0
0,16	0,15	15,34	0	0,22	0,11	0,03	0	0,09	0,09	0,03	0,05	0	1,28
0,15	0,14	15,98	0	0,24	0,18	0,03	0	0,1	0,1	0,06	0,06	0,01	1,58
0,13	0,09	13,67	0	0,25	0,16	0,03	0,02	0,16	0,1	0,03	0,13	0,01	1,42
0,24	0,22	15,1	0	0,25	0,14	0,03	0,08	0	0,1	0,02	0,61	0,01	1,35
0,18	0,17	15,32	0	0,24	0,14	0,03	0	0,15	0,15	0,02	0,06	0,01	1,45
0,73	0,43	14,28	0	0,15	0,12	0,02	0,01	0	0,09	0,05	0	0,01	0,97
0,05	3,18	1,51	0	0	0	0,02	0,03	0	0,06	0	0,14	0	0,02
0	3,42	1,25	0	0,07	0	0,02	0	0,06	0,06	0	0,03	0	0,02
0,08	0,15	9,46	0	0,33	0,16	0,04	0,02	0	0,12	0,01	0,04	0	1,16
0,27	0,18	13,05	0	0,27	0,13	0,04	0	0,12	0,12	0,03	0,03	0,01	1,25
0,15	0,11	13,67	0	0,33	0,12	0,04	0	0,14	0,14	0,03	0,02	0	1,66
0,17	0,18	14,04	0	0,31	0,15	0,03	0	0,14	0,14	0,02	0,02	0	2,11
0,25	0,13	19,06	0	0,3	0,14	0,03	0,02	0	0,13	0,03	0,05	0,01	3,11
0,18	0,19	12,65	0	0,33	0,17	0,04	0	0,13	0,13	0,04	0,03	0,01	1,72
0	0,128	12,96	0	0	0	0	0,027	0	0	0	0,034	0	0
0	0,103	10,96	0	0	0	0	0	0	0	0	0,013	0	0
0	0,155	15,61	0	0	0	0	0	0	0	0	0,035	0	0
0	0,34	25,65	0	0,34	25,65	0	0	0	0	0	0,12	0	0
0	2,3	1,09	0	0	0	0	0	0	0	0	0,011	0	0
0	0,209	14,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0,048	0	0
0	6,51	0,515	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02	0	0
0	0,239	12	0	0,239	12	0	0	0	0	0	0,053	0	0
0	0,082	7,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0,011	0	0
0	0,204	6,61	0	0	0	0	0	0	0	0	0,016	0	0
0	0,143	7,47	0	0	0	0	0	0	0	0	0,017	0	0
0	0,19	10,71	0	0	0	0	0	0	0	0	0,006	0	0
0	0,264	9,63	0	0,264	9,63	0	0	0	0	0	0,075	0	0
0	0,251	8,53	0	0,251	8,53	0	0	0	0	0	0,029	0	0
0	0,165	10,77	0	0,165	10,77	0	0	0	0	0	0,019	0	0
0,002	0,234	13,81	0	0	0	0	0	0	0	0	0,026	0	0
0,002	0,172	13,35	0	0	0	0	0	0	0	0	0,027	0	0
0,002	3,99	0,995	0	0	0	0	0	0	0	0	0,009	0	0
0,002	7,51	0,429	0	0	0	0	0	0	0	0	0,005	0	0
0,002	7,09	2,11	0	0	0	0	0	0	0	0	0,004	0	0
0,002	0,227	10,59	0	0	0	0	0	0	0	0	0,029	0	0

Anexo 2

Diseño de Hormigón de Resistencia $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$.

		UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA CARRERA INGENIERIA CIVIL						
TEMA		DISEÑO DE HORMIGON CON AGREGADO GRUESO DE ESCORIA SIDERURGICA						
FECHA DE ELAVORACION			17 DE MAYO DEL 2022					
AGREGADO GRUESO			Escoria De Acero		AGREGADO FINO		Arena Negra	
ESPECIFICACIONES TECNICAS								
fc =	280	kg/cm ²	Tipo de cemento			Tipo GU (de uso general)		
fcr =	364	kg/cm ²	Elementos de aplicación			Zapatas Lisas, columnas, vigas, losas		
Revenimiento	2,5-10	cm	Tamaño maximo nominal del agregado grueso				25 mm	
DATOS DE LOS AGREGADOS								
AGREGADO GRUESO			AGREGADO FINO			DENSIDAD DE LOS		
D.S.S.S	2721,21	kg/cm ³	M.F	2,69		Cemento	3150	kg/cm ³
P.V.V	1318,70	kg/cm ³	D.S.S.S	2617,87	kg/cm ³	Agua	1000	kg/cm ³
P.V.S	1079,92	kg/cm ³	P.V.S	1328,47	kg/cm ³	A. Fino	2618	kg/cm ³
% de Absorcion	6,41%	%	% de Absorcion	1,52%	%	A. Grueso	2721	kg/cm ³
Cont. Humedad	0%	%	Cont. Humedad	1,52%	%	Aditivo	0	kg/l
CALCULO DE CANTIDAD DE AGUA Y CEMENTO								
CANTIDAD DE AGUA		193	lt - kg	A/C		0,466		% de
VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO		0,681		CEMENTO		414,16	kg	aditivo
								0
VOLUMEN DE COMPONENTES PARA 1M3 DE HORMIGON								
DOSIFICACION POR PESO					DOSIFICACION CORREGIDA POR PESO			
Componentes		vol. (m ³)	Peso (kg)		Componentes		Peso (kg)	
Agregado Grueso		0,330	897,90		Agregado Grueso		897,90	
Agregado Fino		0,331	865,36		Agregado Fino		889,37	
Cemento		0,131	414,16		Cemento		414,16	
Agua		0,193	193		Agua		239,73	
Aire		0,015			Aire		0	
Total		1,00	2370,42		Aditivo		0	kg/l
CANTIDAD EN PESO (KG) PARA CILINDROS Y VIGAS								
CILINDROS			VIGAS			CANTIDAD TOTAL		
volumen de cilindro		0,0053	volumen de viga		0,011	Comp	Cantidad	U
# de cilindros		20	# de vigas		3	A. Grueso	138,06	kg
desperdicio			10%			A. Fino	136,75	kg
						Cemento	63,68	kg
						Agua	36,86	lrs
						Aditivo	0	lrs
REVISADO POR:				ELABORADO POR:				
ING. RICHARD RAMIREZ PALMA				POZO REYES JAZMIN YADIRA TOMALA PALMA OSCAR JOEL				

Anexo 3

Diseño de Hormigón de Resistencia $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$.

		UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA CARRERA INGENIERIA CIVIL						
TEMA		DISEÑO DE HORMIGON CON AGREGADO GRUESO DE ESCORIA SIDERURGICA						
FECHA DE ELAVORACION			17 DE MAYO DEL 2022					
AGREGADO GRUESO			Escoria De Acero		AGREGADO FINO		Arena Negra	
ESPECIFICACIONES TECNICAS								
fc =		240	kg/cm2	Tipo de cemento		Tipo GU (de uso general)		
fcr =		324	kg/cm2	Elementos de aplicación		Zapatas Lisas, columnas, vigas, losas		
Revenimiento		2,5-10	cm	Tamaño maximo nominal del agregado grueso			25 mm	
DATOS DE LOS AGREGADOS								
AGREGADO GRUESO			AGREGADO FINO			DENSIDAD DE LOS		
D.S.S.S	2721,21	kg/cm3	M.F	2,69		Cemento	3150	kg/cm3
P.V.V	1318,70	kg/cm3	D.S.S.S	2617,87	kg/cm3	Agua	1000	kg/cm3
P.V.S	1079,92	kg/cm3	P.V.S	1328,47	kg/cm3	A. Fino	2618	kg/cm3
% de Absorción	6,41%	%	% de Absorción	1,52%	%	A. Grueso	2721	kg/cm3
Cont. Humedad	0%	%	Cont. Humedad	2,78%	%	Aditivo	0	kg/l
CALCULO DE CANTIDAD DE AGUA Y CEMENTO								
CANTIDAD DE AGUA		193	lt - kg	A/C		0,513		% de aditivo
VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO		0,681		CEMENTO		375,90	kg	0
VOLUMEN DE COMPONENTES PARA 1M3 DE HORMIGON								
DOSIFICACION POR PESO				DOSIFICACION CORREGIDA POR PESO				
Componentes		vol. (m3)	Peso (kg)	Componentes		Peso (kg)		
Agregado Grueso		0,330	897,90	Agregado Grueso		897,90		
Agregado Fino		0,343	897,16	Agregado Fino		922,05		
Cemento		0,119	375,90	Cemento		375,90		
Agua		0,193	193	Agua		239,33		
Aire		0,015		Aire		0		
Total		1,00	2363,96	Aditivo		0	kg/l	
CANTIDAD EN PESO (KG) PARA CILINDROS Y VIGAS								
CILINDROS			VIGAS		CANTIDAD TOTAL			
volumen de cilindro		0,0053	volumen de viga		0,011	Comp	Cantidad	U
# de cilindros		20	# de vigas		3	A. Grueso	138,06	kg
desperdicio			10%			A. Fino	141,77	kg
						Cemento	57,80	kg
						Agua	36,80	ltrs
						Aditivo	0	ltrs
REVISADO POR:				ELABORADO POR:				
ING. RICHARD RAMIREZ PALMA				POZO REYES JAZMIN YADIRA TOMALA PALMA OSCAR JOEL				

Anexo 4

Diseño de Hormigón de Resistencia $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

		UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA CARRERA INGENIERIA CIVIL					
TEMA		DISEÑO DE HORMIGON CON AGREGADO GRUESO DE ESCORIA SIDERURGICA					
FECHA DE ELAVORACION		17 DE MAYO DEL 2022					
AGREGADO GRUESO		Escoria De Acero		AGREGADO FINO		Arena Negra	
ESPECIFICACIONES TECNICAS							
fc =	210	kg/cm2	Tipo de cemento			Tipo GU (de uso general)	
fcr =	294	kg/cm2	Elementos de aplicación			Zapatas Lisas, columnas, vigas, losas	
Revenimiento	2,5-10	cm	Tamaño maximo nominal del agregado grueso			25 mm	
DATOS DE LOS AGREGADOS							
AGREGADO GRUESO			AGREGADO FINO			DENSIDAD DE LOS	
D.S.S.S	2721,21	kg/cm3	M.F	2,69		Cemento	3150 kg/cm3
P.V.V	1318,70	kg/cm3	D.S.S.S	2617,87	kg/cm3	Agua	1000 kg/cm3
P.V.S	1079,92	kg/cm3	P.V.S	1328,47	kg/cm3	A. Fino	2618 kg/cm3
% de Absorción	6,41%	%	% de Absorción	1,52%	%	A. Grueso	2721 kg/cm3
Cont. Humedad	0%	%	Cont. Humedad	2,78%	%	Aditivo	0 kg/l
CALCULO DE CANTIDAD DE AGUA Y CEMENTO							
CANTIDAD DE AGUA		193	lt - kg	A/C		0,552	% de aditivo
VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO		0,681		CEMENTO		349,64	kg
						0	
VOLUMEN DE COMPONENTES PARA 1M3 DE HORMIGON							
DOSIFICACION POR PESO				DOSIFICACION CORREGIDA POR PESO			
Componentes	vol. (m3)	Peso (kg)		Componentes	Peso (kg)		
Agregado Grueso	0,330	897,90		Agregado Grueso	897,90		
Agregado Fino	0,351	918,98		Agregado Fino	944,49		
Cemento	0,111	349,64		Cemento	349,64		
Agua	0,193	193		Agua	239,06		
Aire	0,015			Aire	0		
Total	1,00	2359,52		Aditivo	0	kg/l	
CANTIDAD EN PESO (KG) PARA CILINDROS Y VIGAS							
CILINDROS		VIGAS		CANTIDAD TOTAL			
volumen de cilindro	0,0053	volumen de viga	0,011	Comp	Cantidad	U	
# de cilindros	20	# de vigas	3	A. Grueso	138,06	kg	
desperdicio		10%		A. Fino	145,22	kg	
				Cemento	53,76	kg	
				Agua	36,76	ltrs	
				Aditivo	0	ltrs	
REVISADO POR:				ELABORADO POR:			
ING. RICHARD RAMIREZ PALMA				POZO REYES JAZMIN YADIRA TOMALA PALMA OSCAR JOEL			

Anexo 5

Esfuerzo a la Compresión, Resistencia de Diseño $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$.

Identificación del cilindro	N°	Fecha de Vaciado	Diámetro Cilindro		Altura	Area	Peso	Fecha de Rotura	Rotura			Diseño		Rotura		Eficiencia %	
			D1	D2					Resistencia (Mpa)	Resistencia (Kg/cm2)	%	Promedio	%	Promedio			
	1	24/5/2022	15,20	15,20	30,08	1799,30	12,92	27/5/2022	3	281,3	15,92	162,34	40	112	57,3	160,55	17,3
	2	24/5/2022	15,12	15,10	30,22	1793,16	13,02	27/5/2022	3	275,1	15,57	158,77					
	1	24/5/2022	15,05	15,06	30,08	1778,71	13,04	31/5/2022	7	348,5	19,72	201,09	65	182	71,8	201,04	6,8
	2	24/5/2022	15,02	15,01	30,04	1770,96	12,89	31/5/2022	7	348,3	19,71	200,99					
Escoria de Acero $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$	1	24/5/2022	15,16	15,22	30,14	1800,22	12,96	7/6/2022	14	455,7	25,78	262,88	90	252	94,0	263,19	4,0
	2	24/5/2022	15,15	15,20	30,02	1792,89	12,99	7/6/2022	14	456,7	25,84	263,50					
Esfuerzo de Diseño $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$	1	24/5/2022	15,12	15,04	30,15	1785,57	12,82	21/6/2022	28	549,2	31,08	316,93	100	280	112,5	315,04	12,5
	2	24/5/2022	15,22	15,17	30,14	1801,46	13,07	21/6/2022	28	542,6	30,71	313,16					



INFORME DE RESULTADOS: RESISTENCIA A LA FLEXION DE VIGAS DE HORMIGON (CARGADA EN LOS PUNTOS TERCIOS) NORMA ASTM C-39

TEMA: DISEÑO DE HORMIGON CON AGREGADO GRUESO DE ESCORIA SIDERURGICA

ESTUDIANTES: POZO REYEZ JAZMIN YADIRA --- TOMALA PALMA OSCAR JOEL

TUTOR: ING. RICHARD RAMIREZ PALMA

TIPO: HORMIGON CON CEMENTO GU

CONTIENE: RESISTENCIA A FLEXION DE LA DOSIFICACION DE 280 kg/cm2

Anexo 6

Esfuerzo a la Compresión, Resistencia de Diseño $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$

Identificación del cilindro		Nº	Fecha de Vaciado		Diametro Cilindro		Altura	Area	Peso	Fecha de Rotura	Rotura			Diseño		Rotura		Eficiencia %		
			D1	D2	Promedio	Edad					Carga (KN)	Resistencia (Mpa)	Resistencia (kg/cm2)	%	Promedio	%	Promedio			
			1	30/5/2022	15,12	15,18	15,15	30,38	1806,47	13,02	2/6/2022	3	218,0	12,34	125,83	40	84	60,8	127,72	20,8
			2	30/5/2022	15,03	15,03	15,03	30,32	1786,36	12,86	2/6/2022	3	225,3	12,71	129,61	65	156	79,0	189,57	14,0
Escoria de Acero $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$			1	30/5/2022	15,02	15,02	15,02	30,12	1775,57	12,98	6/6/2022	7	316,1	17,89	182,43	90	216	95,0	228,06	5,0
			2	30/5/2022	15,15	15,14	15,15	30,25	1799,57	13,00	6/6/2022	7	340,9	19,29	196,70	100	240	117,3	281,44	17,3
Esfuerzo de Diseño $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$			1	2/6/2022	15,02	15,01	15,02	30,04	1771,30	12,88	16/6/2022	14	402,1	22,74	231,88	90	216	95,0	228,06	5,0
			2	2/6/2022	15,03	15,03	15,03	30,01	1771,67	13,00	16/6/2022	14	388,7	21,99	224,24	100	240	117,3	281,44	17,3
			1	2/6/2022	15,06	15,09	15,08	30,11	1782,97	12,89	30/6/2022	28	489,7	27,71	282,56	100	240	117,3	281,44	17,3
			2	2/6/2022	15,21	15,22	15,21	30,08	1801,30	13,25	30/6/2022	28	485,8	27,49	280,32	100	240	117,3	281,44	17,3



INFORME DE RESULTADOS: RESISTENCIA A LA FLEXION DE VIGAS DE HORMIGON CON AGREGADO GRUESO DE ESCORIA SIDERURGICA (TERCIOS) NORMA ASTM C-39

TEMA: DISEÑO DE HORMIGON CON AGREGADO GRUESO DE ESCORIA SIDERURGICA

ESTUDIANTES: POZO REYEZ JAZMIN YADIRA --- TOMALA PALMA OSCAR JOEL

TUTOR: ING. RICHARD RAMIREZ PALMA

TIPO: HORMIGON CON CEMENTO GU

CONTIENE: RESISTENCIA A FLEXION DE LA DOSIFICACION DE 240 kg/cm2

Anexo 7

Esfuerzo a la Compresión, Resistencia de Diseño $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

Identificación del cilindro	Nº	Fecha de Vaciado	Diámetro Cilindro		Altura	Area	Peso	Fecha de Rotura	Rotura			Diseño		Rotura		Eficiencia %		
			D1	D2					Promedio	Edad	Carga (KN)	Resistencia (Mpa)	Resistencia (Kg/cm2)	%	Promedio		%	
Escoria de Acero $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	1	14/6/2022	15,14	15,15	15,15	30,17	1795,91	13,09	17/6/2022	3	211,5	11,97	122,06	40	84	57,3	120,28	17,3
	2	14/6/2022	15,04	15,10	15,07	30,74	1812,08	13,14	17/6/2022	3	205,3	11,62	118,49	65	137	74,1	155,61	9,1
	1	14/6/2022	15,05	15,04	15,05	30,07	1776,82	12,99	21/6/2022	7	272,4	15,42	157,24	90	189	98,2	206,14	8,2
	2	14/6/2022	15,03	15,03	15,03	30,32	1786,36	12,99	21/6/2022	7	266,9	15,10	153,98	100	210	125,2	262,99	25,2
Esfuerzo de Diseño $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	1	15/6/2022	15,26	15,23	15,25	30,13	1808,10	13,02	29/6/2022	14	358,2	20,27	206,70					
	2	15/6/2022	15,01	15,01	15,01	30,01	1769,17	13,00	29/6/2022	14	356,3	20,16	205,58					
	1	16/6/2022	15,01	15,01	15,01	30,08	1772,26	12,98	14/6/2022	29	452,3	25,59	260,95					
	2	16/6/2022	15,23	15,20	15,21	30,05	1799,72	12,97	14/6/2022	28	459,3	25,99	265,03					



INFORME DE RESULTADOS: RESISTENCIA A LA FLEXION DE VIGAS DE HORMIGON (CARGADA EN LOS PUNTOS TERCIOS) NORMA ASTM C-39

TEMA: DISEÑO DE HORMIGON CON AGREGADO GRUESO DE ESCORIA SIDERURGICA

ESTUDIANTES POZO REYEZ JAZMIN YADIRA --- TOMALA PALMA OSCAR JOEL

TUTOR ING. RICHARD RAMIREZ PALMA

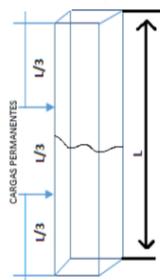
TIPO: HORMIGON CON CEMENTO GU

CONTIENE: RESISTENCIA A FLEXION DE LA DOSIFICACION DE 210 kg/cm2

Anexo 8

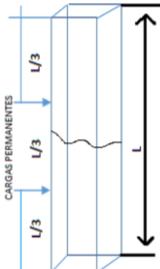
Esfuerzo a la Flexión, Resistencia de Diseño $f_c=280 \text{ kg/cm}^2$.

INFORME DE RESULTADOS: RESISTENCIA A LA FLEXION DE VIGAS DE HORMIGON (CARGADA EN LOS PUNTOS TERCIOS) NORMA ASTM C-78		INGENIERIA CIVIL UPSE										
TEMA:	DISEÑO DE HORMIGON CON AGREGADO GRUESO DE ESCORIA SIDERURGICA											
ESTUDIANTES	POZO REYEZ JAZMIN YADIRA --- TOMALA PALMA OSCAR JOEL											
TUTOR	ING. RICHARD RAMIREZ PALMA											
TIPO:	HORMIGON CON CEMENTO GU											
CONTIENE:	RESISTENCIA A FLEXION DE LA DOSIFICACION DE 280 kg/cm2											
DESCRIPCION	FECHA DE VACIADO	LONGITUD	FECHA DE ROTURA	EDAD	ANCHO EN AREA DE FRACTURA (mm)		ALTO EN AREA DE FRACTURA (mm)					
	VIGA	450	7/7/2022	28	156	153	152	154	151	151	150	151
		9/6/2022	450	7/7/2022	28	151	153	152	152	153	154	153
		9/6/2022	450	7/7/2022	28	153	152	152	152	153	152	153
$MR = \frac{P.L}{b.d^2}$	CARGA MAXIMA P (KN)		MODULO DE ROTURA (Mpa)		MODULO DE ROTURA A LOS 28 DIAS (MPa)							
	42,49		5,48		5,32							
	41,26		5,20									
41,58		5,27										



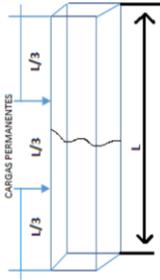
Anexo 9

Esfuerzo a la Flexión, Resistencia de Diseño $f_c=240 \text{ kg/cm}^2$.

INFORME DE RESULTADOS: RESISTENCIA A LA FLEXION DE VIGAS DE HORMIGON (CARGADA EN LOS PUNTOS TERCIOS) NORMA ASTM C-78		INGENIERIA CIVIL UPSE											
TEMA:	DISEÑO DE HORMIGON CON AGREGADO GRUESO DE ESCORIA SIDERURGICA												
ESTUDIANTES	POZO REYEZ JAZMIN YADIRA --- TOMALA PALMA OSCAR JOEL												
TUTOR	ING. RICHARD RAMIREZ PALMA												
TIPO:	HORMIGON CON CEMENTO GU												
CONTIENE:	RESISTENCIA A FLEXION DE LA DOSIFICACION DE 240 kg/cm2												
DESCRIPCION	FECHA DE VACIADO	LONGITUD	FECHA DE ROTURA	EDAD	ANCHO EN AREA DE FRACTURA (mm)		ALTO EN AREA DE FRACTURA (mm)						
	14/6/2022	450	12/7/2022	28	151	149	150	150	152	151	151	151	
	14/6/2022	450	12/7/2022	28	153	150	151	151	150	151	153	151	
$MR = \frac{P.L}{b.d^2}$	CARGA MAXIMA P (KN)		MODULO DE ROTURA (Mpa)										
	41,54		5,44										
	41,77		5,42										
		42,22		5,42		MODULO DE ROTURAA LOS 28 DIAS (MPa)						5,43	
													

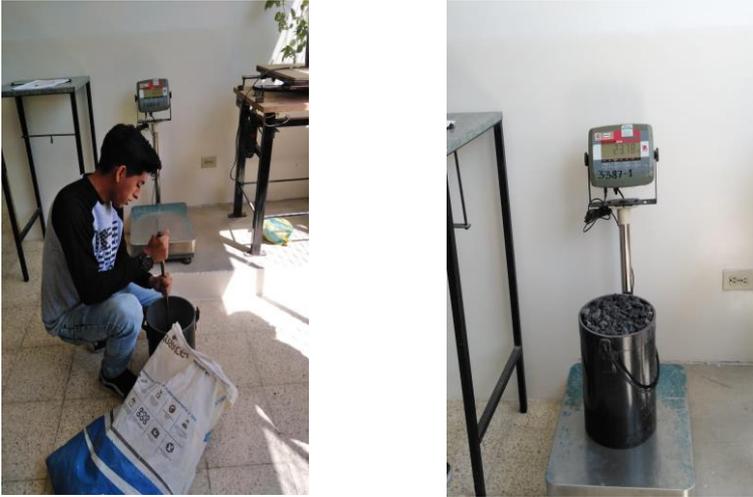
Anexo 10

Esfuerzo a la Flexión, Resistencia de Diseño $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$.

	<p align="center">INFORME DE RESULTADOS: RESISTENCIA A LA FLEXION DE VIGAS DE HORMIGON (CARGADA EN LOS PUNTOS TERCIOS) NORMA ASTM C-78</p> <p>TEMA: DISEÑO DE HORMIGON CON AGREGADO GRUESO DE ESCORIA SIDERURGICA</p> <p>ESTUDIANTES: POZO REYEZ JAZMIN YADIRA --- TOMALA PALMA OSCAR JOEL</p> <p>TUTOR: ING. RICHARD RAMIREZ PALMA</p> <p>TIPO: HORMIGON CONCEMENTO GU</p> <p>CONTIENE: RESISTENCIA A FLEXION DE LA DOSIFICACION DE 210 kg/cm2</p>							
	<p align="center">DESCRIPCION</p> <p align="center">VIGA</p>	<p align="center">FECHA DE VACIADO</p> <p>16/6/2022</p> <p>16/6/2022</p> <p>16/6/2022</p>	<p align="center">LONGITUD</p> <p>450</p> <p>450</p> <p>450</p>	<p align="center">FECHA DE ROTURA</p> <p>14/7/2022</p> <p>14/7/2022</p> <p>14/7/2022</p>	<p align="center">EDAD</p> <p>28</p> <p>28</p> <p>28</p>	<p align="center">ANCHO EN AREA DE FRACTURA (mm)</p> <p>153</p> <p>152</p> <p>153</p>	<p align="center">ALTO EN AREA DE FRACTURA (mm)</p> <p>151</p> <p>150</p> <p>151</p>	<p align="center">ALTO EN AREA DE FRACTURA (mm)</p> <p>151</p> <p>151</p> <p>151</p>
<p align="center">$MR = \frac{P.L}{b.d^2}$</p>	<p align="center">CARGA MAXIMA P (KN)</p> <p>43,57</p> <p>42,18</p> <p>42,22</p>	<p align="center">MODULO DE ROTURA (Mpa)</p> <p>5,64</p> <p>5,51</p> <p>5,40</p>	<p align="center">MODULO DE ROTURAA LOS 28 DIAS (MPa)</p> <p>5,52</p>					

Anexo 11

Reporte Fotográfico.

	<p>UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA CARRERA INGENIERIA CIVIL</p>	
TEMA	Diseño de Hormigon con Agregado Gueso de Escoria de Acero.	
TUTOR: ING. RICHARD RAMIREZ PALMA	TESISTAS: POZO REYES JAZMIN YADIRA TOMALA PALMA OSCAR JOEL	
ANALISIS GRANULOMETRICO		
		
PESO VOLUMETRICO VARILLADO		
		

Anexo 12

Reporte Fotográfico.

	<p>UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA CARRERA INGENIERIA CIVIL</p>	
TEMA	Diseño de Hormigon con Agregado Grueso de Escoria de Acero.	
TUTOR: ING. RICHARD RAMIREZ PALMA		TESISTAS: POZO REYES JAZMIN YADIRA TOMALA PALMA OSCAR JOEL
CONCRETERA	MEZCLA DE HORMIGON	
		
ASENTAMIENTO DE LA MEZCLA		
		

Anexo 13

Reporte Fotográfico.

	<p>UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA CARRERA INGENIERIA CIVIL</p>	
TEMA	Diseño de Hormigon con Agregado Grueso de Escoria de Acero.	
TUTOR:	TESISTAS:	
ING. RICHARD RAMIREZ PALMA	POZO REYES JAZMIN YADIRA TOMALA PALMA OSCAR JOEL	
LLENADO DE LOS CILINDROS		
		
DESENCOFRADO DE LOS CILINDROS		
		

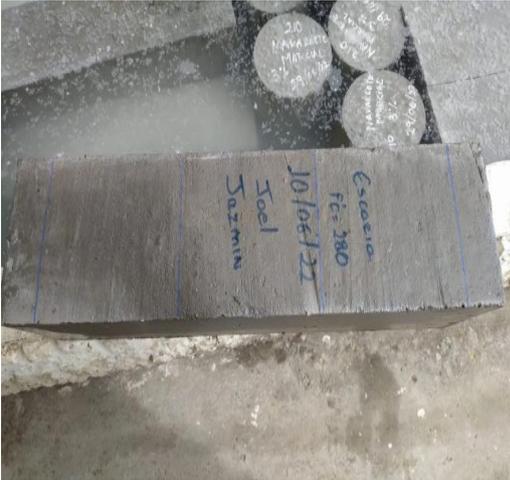
Anexo 14

Reporte Fotográfico.

	<p>UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA CARRERA INGENIERIA CIVIL</p>	
TEMA	Diseño de Hormigon con Agregado Grueso de Escoria de Acero.	
TUTOR: ING. RICHARD RAMIREZ PALMA	TESISTAS: POZO REYES JAZMIN YADIRA TOMALA PALMA OSCAR JOEL	
LLENADO DE LAS VIGAS		
 		
DESENCOFRADO DE LAS VIGAS		
 		

Anexo 15

Reporte Fotográfico.

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA CARRERA INGENIERIA CIVIL	
TEMA	Diseño de Hormigon con Agregado Grueso de Escoria de Acero.	
TUTOR: ING. RICHARD RAMIREZ PALMA		TESISTAS: POZO REYES JAZMIN YADIRA TOMALA PALMA OSCAR JOEL
DETERMINACION DE MASA	MEDIDAS DEL CILINDRO	
		
MEDIDAS DE LA VIGAS		
		

Anexo 16

Reporte Fotográfico.

	<p>UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA CARRERA INGENIERIA CIVIL</p>	
TEMA	Diseño de Hormigon con Agregado Grueso de Escoria de Acero.	
TUTOR: ING. RICHARD RAMIREZ PALMA	TESISTAS: POZO REYES JAZMIN YADIRA TOMALA PALMA OSCAR JOEL	
ENSAYO A COMPRESION		
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"></div>		
ENSAYO A COMPRESION		
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"></div>		

Anexo 17

Reporte Fotográfico.

	<p>UNIVERSIDAD ESTADAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA CARRERA INGENIERIA CIVIL</p>	
TEMA	Diseño de Hormigon con Agregado Grueso de Escoria de Acero.	
TUTOR: ING. RICHARD RAMIREZ PALMA		TESISTAS: POZO REYES JAZMIN YADIRA TOMALA PALMA OSCAR JOEL
ENSAYO A FLEXION		
  		
ENSAYO DE ABRACION DE LOS ANGELES		
    		

Anexo 18

Ensayo del módulo de elasticidad $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

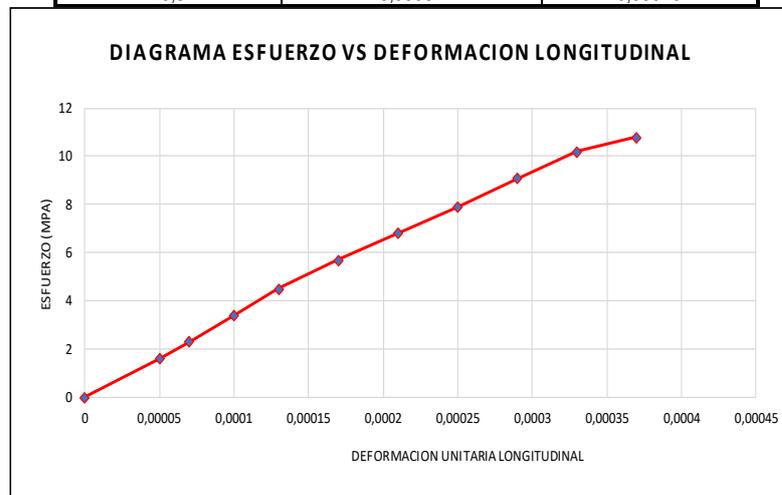
CENTRO DE INNOVACION HOLCIM

Av. Barcelona Y Calle Jose Rodriguez Bonin, Telf. :3709000, Guayaquil

DETERMINACION DEL MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO Y LA RELACION DE POISSON DEL CONCRETO A COMPRESION. ASTM C 469

Diseño: GU Normal
Laboratorista: Vinicio Peralta
Diametro: 150 mm
Longitud: 300 mm
Resistencia max: 26,9 Mpa
Carga 40 % : 190,3 Kn
Resistencia (fc) 10,8 MPa

Esfuerzo Mpa	Deformacion Unitaria Longitudinal	Deformacion Unitaria Transversal
1,6	0,00005	0,00002
2,3	0,00007	0,00002
3,4	0,00010	0,00003
4,5	0,00013	0,00004
5,7	0,00017	0,00005
6,8	0,00021	0,00006
7,9	0,00025	0,00008
9,1	0,00029	0,00009
10,2	0,00033	0,00009
10,8	0,00037	0,00010



Donde:
 E = módulo de elasticidad cuerda, MPa (psi).
 S_2 = esfuerzo correspondiente al 40% de la carga última MPa (psi)
 S_1 = esfuerzo correspondiente a la deformación unitaria longitudinal, ϵ_1 , de 50 milonésimas, en MPa (psi)
 ϵ_2 = deformación unitaria longitudinal producida por el esfuerzo S_2 , en milonésimas: μm (pulg.)
 μ = relación de Poisson
 t_0 = deformación unitaria transversal en la altura media del espécimen producida por S_1 en milonésimas: μm (pulg.)
 t_1 = deformación unitaria transversal en la altura media del espécimen producida por el esfuerzo S_1 , en milonésimas: μm (pulg.)

$$E = \frac{(\epsilon_2 - \epsilon_1)}{\epsilon_2 - 0.000050} \quad E = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.000050}$$

$$\mu = 0,22$$

$$\begin{matrix} E = 26718 & \text{Mpa} \\ E = 26,7 & \text{GPa} \end{matrix}$$



Anexo 19

Ensayo del módulo de elasticidad $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$.

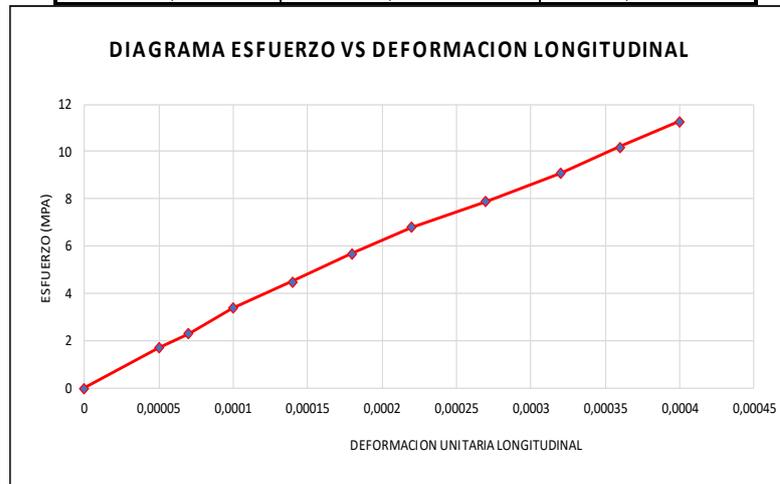
CENTRO DE INNOVACION HOLCIM

Av. Barcelona Y Calle Jose Rodriguez Bonin, Telf. :3709000, Guayaquil

DETERMINACION DEL MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO Y LA RELACION DE POISSON DEL CONCRETO A COMPRESION. ASTM C 469

Diseño: GU Normal
Laboratorista: Vinicio Peralta
Diámetro: 150 mm
Longitud: 300 mm
Resistencia max: 28,3 Mpa
Carga 40 % : 200,1 Kn
Resistencia (fc) 11,3 MPa

Esfuerzo Mpa	Deformacion Unitaria Longitudinal	Deformacion Unitaria Transversal
1,7	0,00005	0,00002
2,3	0,00007	0,00002
3,4	0,00010	0,00003
4,5	0,00014	0,00004
5,7	0,00018	0,00005
6,8	0,00022	0,00006
7,9	0,00027	0,00008
9,1	0,00032	0,00009
10,2	0,00036	0,00010
11,3	0,00040	0,00010



Donde:
 E = módulo de elasticidad cuerda, MPa (psi).
 S_2 = esfuerzo correspondiente al 40% de la carga última MPa (psi)
 S_1 = esfuerzo correspondiente a la deformación unitaria longitudinal, ϵ_1 , de 50 milonésimas, en MPa (psi)
 ϵ_2 = deformación unitaria longitudinal producida por el esfuerzo S_2 en milonésimas: μm (pulg.)
 μ = relación de Poisson
 ϵ_0 = deformación unitaria transversal en la altura media del espécimen producida por S_1 en milonésimas: μm (pulg.)
 ϵ_1 = deformación unitaria transversal en la altura media del espécimen producida por el esfuerzo S_1 en milonésimas: μm (pulg.)

$$E = \frac{(\epsilon_2 - \epsilon_1)}{\epsilon_2 - 0.000050} \quad E = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.000050}$$

$$\mu = 0,23$$

$$E = 28032 \text{ Mpa}$$

$$E = 28,0 \text{ GPa}$$



Anexo 20

Ensayo del módulo de elasticidad $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$.

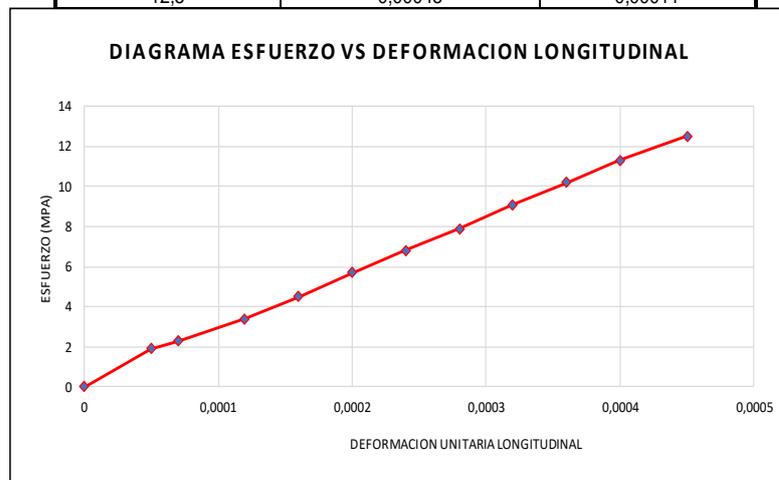
CENTRO DE INNOVACION HOLCIM

Av. Barcelona Y Calle Jose Rodriguez Bonin, Telf. :3709000, Guayaquil

DETERMINACION DEL MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO Y LA RELACION DE POISSON DEL CONCRETO A COMPRESION. ASTM C 469

Diseño: GU Normal
Laboratorista: Vinicio Peralta
Diametro: 150 mm
Longitud: 300 mm
Resistencia max: 31,3 Mpa
Carga 40 % : 221,4 Kn
Resistencia (fc) 12,5 MPa

Esfuerzo Mpa	Deformacion Unitaria Longitudinal	Deformacion Unitaria Transversal
1,9	0,00005	0,00001
2,3	0,00007	0,00002
3,4	0,00012	0,00003
4,5	0,00016	0,00004
5,7	0,00020	0,00005
6,8	0,00024	0,00006
7,9	0,00028	0,00008
9,1	0,00032	0,00009
10,2	0,00036	0,00010
11,3	0,00040	0,00011
12,5	0,00045	0,00011



Donde:
 E = módulo de elasticidad cuerda, MPa (psi).
 S_2 = esfuerzo correspondiente al 40% de la carga última MPa (psi)
 S_1 = esfuerzo correspondiente a la deformación unitaria longitudinal, ϵ_1 , de 50 milonésimas, en MPa (psi)
 ϵ_2 = deformación unitaria longitudinal producida por el esfuerzo S_2 en milonésimas: μm ($\mu\text{pulg.}$)
 μ = relación de Poisson
 ϵ_2 = deformación unitaria transversal en la altura media del espécimen producida por S_2 en milonésimas: μm ($\mu\text{pulg.}$)
 ϵ_1 = deformación unitaria transversal en la altura media del espécimen producida por el esfuerzo S_1 en milonésimas: μm ($\mu\text{pulg.}$)

$$E = \frac{(\epsilon_2 - \epsilon_1)}{\epsilon_2 - 0.000050} \quad E = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.000050}$$

$$\mu = 0,25$$

$$\begin{matrix} E = 28864 & \text{Mpa} \\ E = 28,9 & \text{GPa} \end{matrix}$$



Anexo 21

Precio unitario de un hormigón convencional de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$.

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA CARRERA INGENIERIA CIVIL			
ANALISIS DE PRECIO UNITARIO				
Rubro:	Hormigon convencional de 280 Mps.	Unidad	m3	
Fecha:	13/7/2022	Rendimiento	0,4	
MAQUINARIA Y EQUIPOS				
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTOS HORARIOS	COSTO UNITARIO
	A	B	C=A*B	D=C*R
HERRAMIENTAS MENORES (5%)				0,62
CONCRETERA DE 1 SACO	1	5,00	5,00	2,00
VIBRADOR DE MANGUERA	1	3,75	3,75	1,50
SUBTOTAL				4,12
MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTOS HORARIOS	COSTO UNITARIO
	A	B	C=A*B	D=C*R
PEON	6	3,62	21,72	8,69
ALBAÑIL	2	3,66	7,32	2,93
MAESTRO	0,5	4,06	2,03	0,81
SUBTOTAL				12,43
MATERIALES				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO UNITARIO
		A	B	C=A*B
CEMENTO GU (50kg)	SACO	8,28	8,2	67,896
ARENA	m3	0,331	18	5,958
PIEDRA 3/4	m3	0,330	22	7,26
AGUA	m3	0,24	1	0,24
SUBTOTAL				81,354
TRANSPORTE				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO UNITARIO
		A	B	C=A*B
		COSTO DIRECTO		97,90
		COSTO INDERECTO (25%)		24,48
		COSTO TOTAL		122,38

Anexo 22

Precio unitario de un hormigón convencional de $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$.

		UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA CARRERA INGENIERIA CIVIL			
ANALISIS DE PRECIO UNITARIO					
Rubro:	Hormigon conveccional de 240 Mps.	Unidad		m3	
Fecha:	13/7/2022	Rendimiento		0,4	
MAQUINARIA Y EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTOS HORARIOS	COSTO UNITARIO	
	A	B	C=A*B	D=C*R	
HERRAMIENTAS MENORES (5%)				0,66	
CONCRETERA DE 1 SACO	1	5,00	5	2,00	
VIBRADOR DE MANGUERA	1	3,75	3,75	1,50	
SUBTOTAL				4,16	
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTOS HORARIOS	COSTO UNITARIO	
	A	B	C=A*B	D=C*R	
PEON	6	3,83	22,98	9,19	
ALBAÑIL	2	3,87	7,74	3,10	
MAESTRO	0,5	4,09	2,045	0,82	
SUBTOTAL				13,11	
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO UNITARIO	
		A	B	C=A*B	
CEMENTO GU (50kg)	SACO	7,52	8,2	61,6476	
ARENA	m3	0,343	18	6,174	
PIEDRA 3/4	m3	0,330	22	7,26	
AGUA	m3	0,24	1	0,24	
SUBTOTAL				75,3216	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO UNITARIO	
		A	B	C=A*B	
			COSTO DIRECTO	92,58	
			COSTO INDERECTO (25%)	23,15	
			COSTO TOTAL	115,73	

Anexo 23

Precio unitario de un hormigón convencional de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA CARRERA INGENIERIA CIVIL			
ANALISIS DE PRECIO UNITARIO				
Rubro:	Hormigón convencional de 210 Mps.	Unidad	m3	
Fecha:	13/7/2022	Rendimiento	0,4	
MAQUINARIA Y EQUIPOS				
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTOS HORARIOS	COSTO UNITARIO
	A	B	C=A*B	D=C*R
HERRAMIENTAS MENORES (5%)				0,66
CONCRETERA DE 1 SACO	1	5,00	5	2,00
VIBRADOR DE MANGUERA	1	3,75	3,75	1,50
SUBTOTAL				4,16
MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTOS HORARIOS	COSTO UNITARIO
	A	B	C=A*B	D=C*R
PEON	6	3,83	22,98	9,19
ALBAÑIL	2	3,87	7,74	3,10
MAESTRO	0,5	4,09	2,045	0,82
SUBTOTAL				13,11
MATERIALES				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO UNITARIO
		A	B	C=A*B
CEMENTO GU (50kg)	SACO	6,99	8,2	57,318
ARENA	m3	0,351	18	6,318
PIEDRA 3/4	m3	0,33	22	7,26
AGUA	m3	0,24	1	0,24
SUBTOTAL				71,136
TRANSPORTE				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO UNITARIO
		A	B	C=A*B
			COSTO DIRECTO	88,40
			COSTO INDERECTO (25%)	22,10
			COSTO TOTAL	110,50