



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

TEMA:

“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA PERMEABILIDAD DE
HORMIGONES F’C 240 kg/cm² CON TRES ADITIVOS TIPO S,
PARA EL USO EN LA ZONA COSTERA DE LA PROVINCIA DE
SANTA ELENA”

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTORES:

MENESES FIGUEROA JONATHAN JOAQUÍN
SORIANO ROCA RICARDO JAVIER

TUTOR:

ING. RICHARD IVÁN RAMÍREZ PALMA, Mg.

LA LIBERTAD, ECUADOR

2022

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TEMA:

“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA PERMEABILIDAD DE
HORMIGONES F’C 240 kg/cm² CON TRES ADITIVOS TIPO S,
PARA EL USO EN LA ZONA COSTERA DE LA PROVINCIA DE
SANTA ELENA”

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTORES:

MENESES FIGUEROA JONATHAN JOAQUÍN
SORIANO ROCA RICARDO JAVIER

TUTOR:

ING. RICHARD IVÁN RAMÍREZ PALMA, Mg.

LA LIBERTAD, ECUADOR

2022

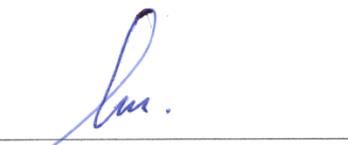
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. 
Ing. Jonny Villao Borbor, MSc.

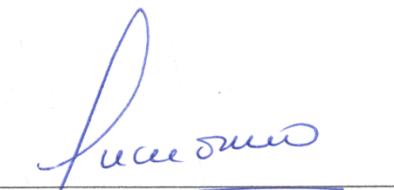
DIRECTOR DE CARRERA

f. 
Ing. Richard Ramírez Palma, Mg.

DOCENTE TUTOR

f. 
Ing. Alejandro Veliz Aguayo, PhD.

DOCENTE ESPECIALISTA

f. 
Ing. Lucrecia Moreno Alcívar, Mg.

DOCENTE UIC

DEDICATORIA

Dedico el siguiente trabajo primero que nada a Dios por darme la dicha de vivir cada día rodeado de la gente que aprecio con todo mi corazón, a quienes tengo presente con su cálida compañía durante mi periodo académico. De manera más personal hago esta dedicatoria a mi esposa Odalys Zamora y a mi hijo Gustavo Isaac por ser mi motivación y motor en estas instancias finales de mi formación profesional, otorgándome momentos gratos y felices en nuestras jóvenes vidas.

A mis padres Edison Meneses y Cecilia Figueroa por fomentar en mí la superación personal y el amor por mis estudios, por su constancia y dedicación para conmigo les dedico mi trabajo final. A mis amigos, personas de buen corazón que ocupan un espacio significativo en mi esencia y que sin su compañía no podría haber entendido el significado correcto de una amistad duradera.

A mis hermanos Gabriel y Robert por estar conmigo en mi formación y ser mis pares de juego, penas, alegrías y logros durante mi presente vida, sin su apoyo y ánimos de superarme no podría haber ganado ese impulso por realizarme con este logro, son parte primordial de mis deseos de éxito.

A la familia Gavilanes Robinson y Joel Casierra por darme esas acogidas tan cálidas y poderme sentir como en casa en varias oportunidades hasta que sin darnos cuenta el tiempo pasó y me volví parte de su familia, además un agradecimiento especial a mi mejor amigo Francisco Gavilanes por ser tan alegre y compartir nuestros años de colegio y aún conservar nuestra amistad incluso con rumbos distintos, a todos ustedes les dedico el siguiente trabajo.

Jonathan Meneses Figueroa.

Dedico el presente trabajo experimental a Dios, mi fuente de inspiración, sabiduría, conocimiento y entendimiento. Él ha sido la fuente de mi fuerza a lo largo de esta carrera por guiarme por el buen camino y brindarme el conocimiento necesario para culminar mis estudios.

A mi madre por los buenos ejemplos impartidos que me han enseñado a trabajar duro por las cosas que aspiro y quien ha estado brindándome en todo momento su apoyo incondicional, consejos y motivándome durante todos estos años a seguir adelante para alcanzar mis metas y no desfallecer en el proceso.

A mis hermanos quienes que me motivan y aconsejan para que sea una persona responsable y de bien.

A mis amigos que aportaron su ayuda directa o indirectamente durante mi formación académica universitaria.

Ricardo Soriano Roca.

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

Ing. Richard Ramírez Palma, Mg.

TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Universidad Estatal Península de Santa Elena

En calidad de tutor del trabajo de investigación para titulación del tema **“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA PERMEABILIDAD DE HORMIGONES F’C 240 kg/cm² CON TRES ADITIVOS TIPO S, PARA EL USO EN LA ZONA COSTERA DE LA PROVINCIA DE SANTA ELENA”** elaborado por los estudiantes **MENESES FIGUEROA JONATHAN JOAQUÍN** y **SORIANO ROCA RICARDO JAVIER** con C.I. 2450019522 y 0928385228 respectivamente, egresados de la carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, me permito declarar que una vez analizado en el sistema antiplagio **COMPILATIO**, luego de haber cumplido con los requerimientos exigidos de valoración, el presente proyecto ejecutado, se encuentra con un 4 % de la valoración permitida, por consiguiente se procede a emitir el siguiente informe..

Adjunto reporte de similitud.

TUTOR

f. 

Ing. Richard Ramírez Palma, Mg.

C.I.: 0912246451

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA PERMEABILIDAD DE HORMIGONES F'c 240 kg/cm² CON TRES ADITIVOS TIPO S, PARA EL USO EN LA ZONA COSTERA DE LA PROVINCIA DE SANTA ELENA

4% Similitudes
3% Texto entre comillas
< 1% similitudes entre comillas
< 1% Idioma no reconocido

Nombre del documento: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA PERMEABILIDAD DE HORMIGONES F'c 240 kg/cm² CON TRES ADITIVOS TIPO S, PARA EL USO EN LA ZONA COSTERA DE LA PROVINCIA DE SANTA ELENA.docx
ID del documento: 9e09f6bd97cfe3b95be964b0b4005cc0cb6ffc1
Tamaño del documento original: 27,33 Mo

Depositante: RICHARD IVAN RAMIREZ PALMA
Fecha de depósito: 13/2/2023
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 13/2/2023

Número de palabras: 33.861
Número de caracteres: 226.070

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.uta.edu.ec Estudio de hormigones de alta resistencia y su incidencia e... https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/11814/1/Tesis 897 - Salinas Núñez Edgar Isra... 39 fuentes similares	4%		Palabras idénticas : 4% (1460 palabras)
2	repositorio.upse.edu.ec Optimización de hormigón f'c = 350 kg/cm2 aplicando dife... https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/5367/1/AJPSE-TIC-2020-0011.pdf 47 fuentes similares	3%		Palabras idénticas : 3% (1372 palabras)
3	repositorio.upse.edu.ec Evaluación de la sensibilidad de los aditivos Sika, en hormi... https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/5313/1/AJPSE-TIC-2020-0008.pdf 38 fuentes similares	3%		Palabras idénticas : 3% (1348 palabras)
4	1library.co Determinación de la masa unitaria (peso volumétrico) NTE INEN https://1library.co/article/determinacion-masa-unitaria-peso-volumetrico-nte-inen-ydw17wrq#:~:text=... 24 fuentes similares	3%		Palabras idénticas : 3% (1353 palabras)
5	repositorio.upse.edu.ec Análisis comparativo de las propiedades fisicomecánicas d... https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/5305/1/AJPSE-TIC-2020-0006.pdf 30 fuentes similares	3%		Palabras idénticas : 3% (1182 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	1library.co Análisis Comparativo del Grado de Permeabilidad y Resistencia a los Su... https://1library.co/document/z3d1wmyy-analisis-comparativo-permeabilidad-resistencia-sulfatos-con...	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (31 palabras)
2	repositorio.uta.edu.ec Repositorio Universidad Técnica de Ambato: Estudio de hor... https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/23635	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (30 palabras)
3	med.se-todo.com Tercer paso: Calculo del agua de mezclado y el contenido de air... https://med.se-todo.com/pravo/44998/index.html?page=2	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (26 palabras)
4	doi.org Materials Free Full-Text Halloysite Nanotubes as Nano-Carriers of Corro... https://doi.org/10.3390/ma13143150	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (22 palabras)
5	www.slideshare.net Dosificación o diseño de mezclas del concreto https://www.slideshare.net/rogerjob/dosificacion-o-diseno-de-mezclas-del-concreto	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (23 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas) Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

1	https://blog.master-builders-solutions.com/es/aditivos-superplastificantes
2	https://es.scribd.com/document/563035484/Committee-ACI-211-ACI-211-1-91-2009-Standard-Practice-for-Selecting-Proportions-for-Normal-Heavyweight-and-Mass-Concr...
3	https://www.concrete.org/publications/internationalconcreteabstractsportal.aspx?m=details&id=51688972
4	https://www.concrete.org/publications/internationalconcreteabstractsportal.aspx?m=details&id=51720183
5	https://www.concrete.org/publications/internationalconcreteabstractsportal.aspx?m=details&i=14461

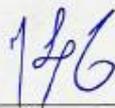
DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, **Jonathan Joaquín Meneses Figueroa** y **Ricardo Javier Soriano Roca** declaramos bajo juramento que el presente trabajo de titulación denominado “**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA PERMEABILIDAD DE HORMIGONES F’C 240 kg/cm² CON TRES ADITIVOS TIPO S, PARA EL USO EN LA ZONA COSTERA DE LA PROVINCIA DE SANTA ELENA**”, no tiene antecedentes de haber sido elaborado en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Carrera de Ingeniería Civil, lo cual es es un trabajo exclusivamente inédito y perteneciente de nuestra 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,

AUTORES

f.  _____

Meneses Figueroa Jonathan Joaquín.

C.I. 2450019522

f.  _____

Soriano Roca Ricardo Javier.

C.I. 0928385228

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Ing. Richard Ramírez Palma, Mg.

TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Universidad Estatal Península de Santa Elena

En mi calidad de Tutor del presente trabajo “ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA PERMEABILIDAD DE HORMIGONES F’C 240 kg/cm² CON TRES ADITIVOS TIPO S, PARA EL USO EN LA ZONA COSTERA DE LA PROVINCIA DE SANTA ELENA”, previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil, elaborado por el Sr. **MENESES FIGUEROA JONATHAN JOAQUÍN** y el Sr. **SORIANO ROCA RICARDO JAVIER**, egresados 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.

TUTOR

f. 
Ing. Richard Ramírez Palma, Mg.

Tutor

CERTIFICACIÓN DE GRAMATOLOGÍA

Lcdo. Dennys Mauricio Panchana Yagual, Mgtr.

Celular: 0939211033

Correo: dennys.panchana@educacion.gob.ec

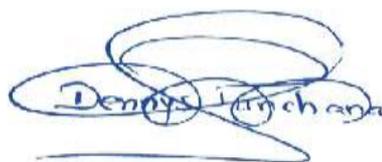
CERTIFICACIÓN GRAMATICAL Y ORTOGRÁFICA

Yo, **DENNYS MAURICIO PANCHANA YAGUAL**, en mi calidad de **LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN Y MAGÍSTER EN ADMINISTRACIÓN Y LIDERAZGO EDUCACIONAL**, por medio de la presente tengo a bien indicar que he leído y corregido el trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil, denominado **“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA PERMEABILIDAD DE HORMIGONES F’C 240 kg/cm² CON TRES ADITIVOS TIPO S, PARA EL USO EN LA ZONA COSTERA DE LA PROVINCIA DE SANTA ELENA”** de los estudiantes: **MENESES FIGUEROA JONATHAN JOAQUÍN** y **SORIANO ROCA RICARDO JAVIER**.

Certifico que está redactado con el correcto manejo del lenguaje, claridad en las expresiones, coherencia en los conceptos e interpretaciones, adecuado empleo en la sinonimia. Además de haber sido escrito de acuerdo a las normas de ortografía y sintaxis vigentes.

Es cuanto puedo decir en honor a la verdad y autorizo a los interesados hacer uso del presente como estime conveniente.

Santa Elena, 07 de febrero del 2023



Lcdo. Dennys Panchana Yagual, Mgtr.

CI. 0919400176

LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
MAGISTER EN GERENCIA Y LIDERAZGO EDUCACIONAL
N° DE REGISTRO DE SENEYCYT 1031-2018-1947613

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios por darnos la dicha de poder estar un día más con vida y otorgarnos las fuerzas necesarias para culminar un sueño anhelado por varios años de esfuerzo y dedicación como lo es nuestro crecimiento profesional.

A nuestros padres por estar en todo momento durante nuestra carrera universitaria, impulsándonos a superarnos y alcanzar nuestras metas a corto y largo plazo.

Al Ing. Richard Ramírez docente tutor, quien nos guio con sus conocimientos para poder realizar nuestro trabajo de titulación.

A la Ing. Lucrecia Moreno docente UIC, por estar guiándonos en los últimos compases de nuestra formación universitaria.

Al laboratorista Roger Magallanes por su disposición y guía para poder realizar de manera acertada los ensayos necesarios en nuestro trabajo de titulación,

A nuestros amigos y compañeros quienes nos ayudaron en varias ocasiones: Edwing Parrales, Jonathan Caiche, Carlos Orrala, Jean Carlos Tigero, Carlos Reyes, Miguel Hernández, Bryan Ortega.

Un agradecimiento especial a la Universidad Estatal Península de Santa Elena y a todos los Docentes de la Carrera de Ingeniería Civil que nos enriquecieron del conocimiento necesario para dar fin a nuestra etapa universitaria.

Jonathan Meneses Figueroa

Ricardo Soriano Roca

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	i
DEDICATORIA	ii
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO	iv
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	vi
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	vii
CERTIFICACIÓN DE GRAMATOLOGÍA	viii
AGRADECIMIENTOS	ix
TABLA DE CONTENIDO	x
LISTA DE FIGURAS	xv
LISTA DE TABLAS	xviii
RESUMEN	xxi
ABSTRACT	xxii
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	4
1.2. ANTECEDENTES	6
1.2.1. Antecedentes Internacionales.....	6
1.2.2. Antecedentes Nacionales.	7
1.2.3. Antecedentes Internacionales.....	9
1.3. HIPÓTESIS.....	9
1.3.1. Hipótesis General.	9
1.3.2. Hipótesis Específicas.	9
1.4. OBJETIVOS	10
1.4.1. Objetivo General.	10
1.4.2. Objetivos Específicos.....	10
1.5. ALCANCE.....	10
1.6. VARIABLES	12
1.6.1. Variables Dependientes.....	12

1.6.2. Variables Independientes.....	12
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	13
2.1. MATERIALES	13
2.2. HORMIGÓN.....	13
2.3. HORMIGÓN DE PESO NORMAL	14
2.4. HORMIGÓN DE ALTA RESISTENCIA	14
2.5. HORMIGÓN DE BAJA PERMEABILIDAD.....	15
2.6. COMPONENTES DEL CONCRETO.....	15
2.6.1. Cemento.	15
2.6.2. Cemento Portland.....	16
2.6.3. Cemento Hidráulico.	18
2.6.4. Agua.	22
2.6.5. Agregados o Áridos.....	22
2.6.6. Aditivos.....	27
2.6.7. Impermeabilizante liquido con base en Lignosulfonatos.....	35
2.6.8. Impermeabilizante por cristalización Xypex.	36
2.7. DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO ACI.....	38
2.7.1. Secuencia de diseño Método ACI 211.1.....	39
2.8. PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO	43
2.8.1. Trabajabilidad.	43
2.8.2. Consistencia.	44
2.8.3. Sangrado.....	44
2.8.4. Segregación.....	44
2.9. PROPIEDADES DEL CONCRETO ENDURECIDO	44
2.9.1. Resistencia.....	44
2.9.2. Durabilidad.....	45
2.9.3. Permeabilidad.....	45
2.10. ENSAYO DE PROFUNDIDAD DE PENETRACIÓN DE AGUA BAJO PRESIÓN (NORMA ESPAÑOLA UNE-EN-12390-8).	45
2.10.1. Preparación de la probeta de ensayo	46
2.10.2. Aplicación de agua a presión.	46
2.10.3. Examinación de la probeta.....	46
2.10.4. Resultados del ensayo.	47

2.10.5. Informe del ensayo.....	47
CAPITULO III: METODOLOGÍA	48
3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN	48
3.1.1. Tipo.....	48
3.1.2. Nivel.....	49
3.2. MÉTODO, ENFOQUE Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	49
3.2.1. Método.....	49
3.2.2. Enfoque.....	49
3.2.3. Diseño.....	49
3.3. METODOLOGÍA DEL O. E1: CARACTERIZAR LOS MATERIALES QUE SE EMPLEARÁN MEDIANTE ENSAYOS NORMADOS PARA EL CEMENTO HIDRÁULICO, AGREGADO GRUESO (CALIZA), AGREGADO FINO (ARENA NEGRA).	51
3.4. METODOLOGÍA DEL O. E2: DISEÑAR UNA MEZCLA DE HORMIGÓN DE BAJA PERMEABILIDAD QUE ALCANCE UNA RESISTENCIA F'C 240 kg/cm ² A LOS 28 DÍAS CON LA INCLUSIÓN DE ADITIVO TIPO S REDUCTORES DE PERMEABILIDAD.	52
3.5. METODOLOGÍA DEL O. E3: EVALUAR LA PERMEABILIDAD DEL HORMIGÓN, APLICANDO EL ENSAYO NORMALIZADO DE PERMEABILIDAD DE ACUERDO A LA NORMA ESPAÑOLA UNE-EN 12390-8.8.....	53
3.6. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO.....	54
3.6.1. Población.....	54
3.6.2. Muestra.....	54
3.6.3. Muestreo.....	54
3.7. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	55
3.8. EJECUCIÓN, ELABORACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LAS MATERIAS PRIMAS.....	57
3.8.1. Agregados gruesos y finos.....	57
3.8.2. Cemento.....	70
3.8.3. Agua para mezcla.....	71
3.8.4. Aditivos impermeabilizantes Tipo S.....	71
3.9. DISEÑO DE MEZCLA PARA HORMIGÓN. PROPORCIONAMIENTO DE COMPONENTES PARA 1M ³ DE HORMIGÓN (MÉTODO ACI 211.1)	72

3.10. DOSIFICACIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE LAS PROBETAS CON LOS DIFERENTES DISEÑOS DE MEZCLA PARA HORMIGÓN Y LA INCLUSIÓN DE ADITIVOS TIPOS S	75
3.11. ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL ASENTAMIENTO DEL HORMIGÓN	80
3.12. ELABORACIÓN DE LAS PROBETAS DE HORMIGÓN	81
3.13. ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS	83
3.14. ENSAYO DE PROFUNDIDAD DE PENETRACIÓN DE AGUA BAJO PRESIÓN	84
CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	88
4.1. RESULTADOS DE ENSAYOS PARA LA DETERMINACIÓN DE PESO VOLUMÉTRICO, DENSIDAD Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS	88
4.1.1. Peso Volumétrico Suelto y Varillado de los agregados.	88
4.1.2. Determinación de la Densidad Saturada Superficialmente Seca (D.S.S.S) y % Absorción del agregado grueso.	90
4.1.3. Determinación de la Densidad Saturada Superficialmente Seca (D.S.S.S) y % Absorción del agregado fino.	91
4.1.4. Determinación del contenido total de Humedad (%) de los agregados.	92
4.1.5. Análisis de resultados de Densidad, Absorción y Humedad de los agregados.	93
4.2. RESULTADOS DE ENSAYOS DE GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS	93
4.2.1. Granulometría de agregado grueso.	93
4.2.2. Granulometría de agregado fino.....	95
4.2.3. Análisis de resultados de granulometría de los agregados.....	96
4.3. RESULTADOS DE ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	96
4.3.1. Dosificación $f'c$ 240 kg/cm ² , muestras patrón de los hormigones elaborados con diferente cemento Tipo GU.	97
4.3.2. Dosificación $f'c$ 240 kg/cm ² , muestras patrón de los hormigones elaborados con diferente cemento Tipo GU y la adición del 0.5% de solución de lignosulfonato “A”.	100
4.3.3. Dosificación $f'c$ 240 kg/cm ² , muestras patrón de los hormigones elaborados con diferente cemento Tipo GU más la adición del 0.5% de solución de lignosulfonato “B”.	104

4.3.4.	Dosificación $f'c$ 240 kg/cm ² , muestras patrón de los hormigones elaborados con diferente cemento Tipo GU más el 2.5% de aditivo impermeabilizante por cristalización.....	107
4.3.5.	Análisis de resultados de resistencia a la compresión de los hormigones elaborados con la inclusión de diferentes aditivos Tipo S.....	111
4.4.	RESULTADOS DE ENSAYOS DE PERMEABILIDAD	115
4.4.1.	Diseño patrón de los hormigones elaborados con diferente cemento Tipo GU sin la inclusión de aditivo impermeabilizante.	116
4.4.2.	Diseño patrón de los hormigones elaborados con diferente cemento Tipo GU y la inclusión de aditivo impermeabilizante “A”.	117
4.4.3.	Diseño patrón de los hormigones elaborados con diferente cemento Tipo GU y la inclusión de aditivo impermeabilizante “B”.....	118
4.4.4.	Diseño patrón de los hormigones elaborados con diferente cemento Tipo GU y la inclusión de aditivo impermeabilizante por cristalización. ...	119
4.4.5.	Análisis de los resultados de ensayos de permeabilidad.....	120
4.5.	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS	122
	CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	124
5.1.	CONCLUSIONES	124
5.2.	RECOMENDACIONES	125
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	127
	ANEXOS	132

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Curva granulométrica para agregados finos.	25
Figura 2. Curva granulométrica para agregados gruesos	27
Figura 3. Capacidad de reducción de agua efectiva de los aditivos en condiciones reales de trabajo.....	28
Figura 4. Ejemplo de dispositivo de ensayo.	54
Figura 5. Proceso para determinar la masa unitaria de los agregados.	60
Figura 6. Proceso de tamizado de los agregados.	62
Figura 7. Ensayos del agregado grueso para determinar la absorción y la densidad.....	65
Figura 8. Ensayos del agregado fino para determinar la humedad superficial. ...	67
Figura 9. Proporcionamiento del material para la mezcla de hormigón.	76
Figura 10. Toma de medidas de aditivo liquido solución de lignosulfonato y aditivo impermeabilizante por cristalización.	76
Figura 11. Toma de lectura del revenimiento obtenido en la mezcla.	81
Figura 12. Vertido y varillado de la mezcla de hormigón en los moldes de las probetas.	82
Figura 13. Elaboración de las probetas de hormigón.....	82
Figura 14. Probetas de hormigón en la piscina de curado.	82
Figura 15. Toma de medidas en los cilindros de hormigón, colocación de los neoprenos de rotura, colocación de las probetas en la prensa hidráulica.....	83
Figura 16. Ensayo de rotura finalizado.	84
Figura 17. Toma de lecturas de carga y resistencia máxima alcanzada, retiro de las probetas ensayadas.....	84
Figura 18. Pulido de las probetas a ensayar.	85
Figura 19. Colocación de las probetas en el equipo para ensayos de permeabilidad.....	85
Figura 20. Bombeo hidráulico manual para alcanzar la presión de agua requerida para cada probeta en el equipo de ensayo de permeabilidad.	86
Figura 21. Retiro de las probetas del equipo de ensayo de permeabilidad.	87

Figura 22. Ensayo de tracción indirecta para medir la penetración de agua en los cilindros sometidos al ensayo de permeabilidad.....	87
Figura 23. Toma de medidas para verificar la profundidad de penetración del agua en los cilindros.....	87
Figura 24. Curva granulométrica del agregado grueso (Calizas Huayco, piedra 3/4").....	94
Figura 25. Curva granulométrica del agregado fino (Cantera Villingota, arena gruesa).....	95
Figura 26. Curva Resistencia vs Edad (diseño patrón "ATS").....	98
Figura 27. Curva Resistencia vs Edad (diseño patrón "HLCM").....	99
Figura 28. Curva Resistencia vs Edad (diseño patrón "CHBM").....	100
Figura 29. Curva Resistencia vs Edad (patrón "ATS" + 0.5% solución de lignosulfonato "A").....	101
Figura 30. Curva Resistencia vs Edad (patrón "HLCM" + 0.5% solución de lignosulfonato "A").....	102
Figura 31. Curva Resistencia vs Edad (patrón "CHMB" + 0.5% solución de lignosulfonato "A").....	103
Figura 32. Curva Resistencia vs Edad (patrón "ATS" + 0.5% solución de lignosulfonato "B").....	105
Figura 33. Curva Resistencia vs Edad (patrón "HLCM" + 0.5% solución de lignosulfonato "B").....	106
Figura 34. Curva Resistencia vs Edad (patrón "CHMB" + 0.5% solución de lignosulfonato "B").....	107
Figura 35. Curva Resistencia vs Edad (patrón "ATS" + 2.5% de aditivo impermeabilizante por cristalización).....	108
Figura 36. Curva Resistencia vs Edad (patrón "HLCM" + 2.5% de aditivo impermeabilizante por cristalización).....	109
Figura 37. Curva Resistencia vs Edad (patrón "CHMB" + 2.5% de aditivo impermeabilizante por cristalización).....	110
Figura 38. Curva Resistencia vs Edad (Hormigón "ATS" con la inclusión de diferentes aditivos Tipos S).....	111

Figura 39. Consolidado comparativo de eficiencias del Hormigón “ATS” con la inclusión de diferentes aditivos Tipos S.	111
Figura 40. Curva Resistencia vs Edad (Hormigón “HLCM” con la inclusión de diferentes aditivos Tipos S).....	112
Figura 41. Consolidado comparativo de eficiencias del Hormigón “HLCM” con la inclusión de diferentes aditivos Tipos S.....	113
Figura 42. Curva Resistencia vs Edad (Hormigón “CHMB” con la inclusión de diferentes aditivos Tipos S).....	114
Figura 43. Consolidado comparativo de eficiencias del Hormigón “CHMB” con la inclusión de diferentes aditivos Tipos S.....	114
Figura 44. Consolidado comparativo de penetración de agua bajo presión (Diseños patrón).	116
Figura 45. Consolidado comparativo de penetración de agua bajo presión (Diseños patrón más el 0.5% de solución de lignosulfonato “A”).....	117
Figura 46. Consolidado comparativo de penetración de agua bajo presión (Diseños patrón más el 0.5% de solución de lignosulfonato “B”).....	118
Figura 47. Consolidado comparativo de penetración de agua bajo presión (Diseños patrón más el 2.5% de aditivo impermeabilizante por cristalización).	119
Figura 48. Consolidado comparativo de penetración de agua bajo presión, hormigones elaborados con diferentes tipos de cemento GU y la inclusión de aditivos Tipo S.	121

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Tipos de Cementos Portland	17
Tabla 2. Datos Técnicos del cemento Holcim Fuerte Tipo GU	19
Tabla 3. Información Técnica del Cemento Chimborazo Hidráulico Tipo GU... ..	20
Tabla 4. Requisitos Físicos del Cemento Atenas	21
Tabla 5. Requisitos Mecánicos del Cemento Atenas	21
Tabla 6. Requisitos de granulometría para Agregados Finos	24
Tabla 7. Requisitos de granulometría para Agregados Gruesos	26
Tabla 8. Requerimientos físicos de los tipos de aditivo químico según la ASTM C494/C494M-19.	32
Tabla 9. Información técnica de aditivo Plastocrete DM.....	36
Tabla 10. Datos Técnicos de aditivo Agreplastic DM.	36
Tabla 11. Datos técnicos de aditivo Xypec Admix C-2000.....	38
Tabla 12. Requisitos de resistencia a compresión cuando se disponen de datos históricos de producción.	39
Tabla 13. Corrección para datos estadísticos menores a 30 ensayos.	40
Tabla 14. Requisitos de resistencia a la compresión cuando no se disponen de datos estadísticos.....	40
Tabla 15. Revenimientos recomendados para diversos tipos de construcción. ...	41
Tabla 16. Requisitos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes revenimientos y tamaños máximos de agregados.	42
Tabla 17. Correspondencia entre la relación agua/cemento y la resistencia a la compresión.	42
Tabla 18. Volumen de agregado grueso (m ³) por volumen unitario de concreto.	43
Tabla 19. Número de cilindros de hormigón elaborados.	50
Tabla 20. Operacionalización de variables.	55
Tabla 21. Análisis químico de los diferentes cementos GU.	70
Tabla 22. Datos para el cálculo de la relación a/c por interpolación lineal.....	73
Tabla 23. Volumen absoluto de materiales para 1 m ³ de concreto.	74
Tabla 24. Corrección por humedad y absorción de los agregados.....	74

Tabla 25. Cantidad de materiales ya corregidos por humedad de los agregados.	75
Tabla 26. Dosificación de Hormigón Patrón f'c 240 kg/cm ² para 1 m ³ y para volumen requerido.	78
Tabla 27. Dosificación de H. Patrón f'c 240 kg/cm ² + 0.5% Solución de Lignosulfonato "A".	78
Tabla 28. Dosificación de H. Patrón f'c 240 kg/cm ² + 0.5% Solución de Lignosulfonato "B".	78
Tabla 29. Dosificación de H. Patrón f'c 240 kg/cm ² + 2.5% impermeabilizante por cristalización.	79
Tabla 30. Resultados del peso volumétrico suelto del agregado grueso (Calizas Huayco, piedra 3/4").	89
Tabla 31. Resultados del peso volumétrico varillado del agregado grueso (Calizas Huayco, piedra 3/4").	89
Tabla 32. Resultados del peso volumétrico suelto del agregado fino (Cantera Villingota, arena gruesa).	89
Tabla 33. Resultados de la densidad saturada superficialmente seca (D.S.S.S) del agregado grueso (Calizas Huayco, piedra 3/4").	90
Tabla 34. Resultados del % Absorción del agregado grueso (Calizas Huayco, piedra 3/4").	90
Tabla 35. Resultados de la densidad saturada superficialmente seca (D.S.S.S) del agregado fino (Cantera Villingota, arena gruesa).	91
Tabla 36. Resultados de % Absorción del agregado fino (Cantera Villingota, arena gruesa).	91
Tabla 37. Resultados del % Humedad del agregado grueso (Calizas Huayco, piedra 3/4").	92
Tabla 38. Resultados del % Humedad del agregado fino (Cantera Villingota, arena gruesa).	92
Tabla 39. Análisis granulométrico del agregado grueso (Calizas Huayco, piedra 3/4").	94
Tabla 40. Análisis granulométrico del agregado fino (Cantera Villingota, arena gruesa).	95
Tabla 41. Resultados de ensayo a compresión (diseño patrón "ATS").	97

Tabla 42. Resultados de ensayo a compresión (diseño patrón “HCLM”).	98
Tabla 43. Resultados de ensayo a compresión (diseño patrón “CHMB”).	99
Tabla 44. Resultados de ensayo a compresión, diseño patrón “ATS” más el 0,5% solución de lignosulfonato “A”.	100
Tabla 45. Resultados de ensayo a compresión, diseño patrón “HLCM” más el 0,5% solución de lignosulfonato “A”.	102
Tabla 46. Resultados de ensayo a compresión, diseño patrón “CHMB” más el 0,5% solución de lignosulfonato “A”.	103
Tabla 47. Resultados de ensayo a compresión, diseño patrón “ATS” más el 0,5% solución de lignosulfonato “B”.	104
Tabla 48. Resultados de ensayo a compresión, diseño patrón “HLCM” más el 0,5% solución de lignosulfonato “B”.	105
Tabla 49. Resultados de ensayo a compresión, diseño patrón “CHMB” más el 0,5% solución de lignosulfonato “B”.	106
Tabla 50. Resultados de ensayo a compresión, diseño patrón “ATS” más el 2,5% de aditivo impermeabilizante por cristalización.	108
Tabla 51. Resultados de ensayo a compresión, diseño patrón “HLCM” más el 2,5% de aditivo impermeabilizante por cristalización.	109
Tabla 52. Resultados de ensayo a compresión, diseño patrón “CHMB” más el 2,5% de aditivo impermeabilizante por cristalización.	110
Tabla 53. Resultados de ensayo de permeabilidad, diseños patrón.	116
Tabla 54. Resultados de ensayo de permeabilidad, diseños patrón más el 0.5% de solución de lignosulfonato “A”.	117
Tabla 55. Resultados de ensayo de permeabilidad, diseños patrón más el 0.5% de solución de lignosulfonato “B”.	118
Tabla 56. Resultados de ensayo de permeabilidad, diseños patrón más el 2.5% de aditivo impermeabilizante por cristalización.	119
Tabla 57. Resumen comparativo de precios unitarios.	122

“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA PERMEABILIDAD DE HORMIGONES F’C 240 kg/cm² CON TRES ADITIVOS TIPO S, PARA EL USO EN LA ZONA COSTERA DE LA PROVINCIA DE SANTA ELENA”

Autores: Meneses Figueroa Jonathan y Soriano Roca Ricardo.

Tutor: Ing. Richard Iván Ramírez Palma, Mg.

RESUMEN

En este trabajo de investigación se realizaron los estudios pertinentes para la obtención de un diseño de hormigón de baja permeabilidad aplicando los lineamientos que establece la norma ACI 211.1-91 y utilizando tres tipos de aditivos Tipo S (reductores de permeabilidad), dos aditivos líquidos con base en lignosulfonatos y un aditivo impermeabilizante por cristalización, se realizaron ensayos para caracterizar los materiales que se emplearon en cada diseño de mezcla de hormigón, y que cumplieron eficazmente los parámetros que establece la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN, ACI y ASTM. Se diseñaron 12 mezclas de hormigón debido a que se emplearon 3 tipos de cemento GU, cada diseño elaborado con un tipo de cemento contiene una muestra patrón y tres dosificaciones con la inclusión de aditivos tipo S. Se realizaron dos ensayos claves para obtener los resultados de penetración de agua bajo presión para cada probeta ensayada, el ensayo de compresión simple para el parámetro de resistencia y el ensayo de permeabilidad, de los cuales se obtuvieron dos diseños óptimos de hormigón de baja permeabilidad correspondientes al hormigón elaborado con cemento “ATS” y “CHMB” que presentaron una reducción a la penetración de agua del 100% y 57.89% con la inclusión de aditivo impermeabilizante por cristalización en comparación al hormigón patrón de cada variante de cemento.

PALABRAS CLAVE: Permeabilidad, Lignosulfonatos, Durabilidad, Compresión, Hormigón impermeable, Aditivos.

“COMPARATIVE ANALYSIS OF THE PERMEABILITY OF CONCRETE F’C 240 kg/cm² WITH THREE S-TYPE ADDITIVES, FOR USE IN THE COASTAL ZONE OF THE PROVINCE OF SANTA ELENA”

Authors: Meneses Figueroa Jonathan y Soriano Roca Ricardo.

Tutor: Ing. Richard Iván Ramírez Palma, Mg.

ABSTRACT

In this research work, the pertinent studies were carried out to obtain a low permeability concrete design applying the guidelines established by the ACI 211.1-91 standard and using three types of Type S additives (permeability reducers), two liquid additives based on lignosulfonates and a waterproofing additive by crystallization, tests were carried out to characterize the materials used in each concrete mix design, and that effectively met the parameters established by the Ecuadorian Technical Standard NTE INEN, ACI and ASTM. Twelve concrete mixes were designed because 3 types of GU cement were used, each design elaborated with one type of cement contains a standard sample and three dosages with the inclusion of type S admixtures. Two key tests were performed to obtain the results of water penetration under pressure for each specimen tested, the simple compression test for the strength parameter and the permeability test, from which two optimum designs of low permeability concrete were obtained corresponding to the concrete made with "ATS" and "CHMB" cement that presented a reduction in water penetration of 100% and 57.89% with the inclusion of waterproofing additive by crystallization compared to the standard concrete of each cement variant.

KEYWORDS: *Permeability, Lignosulfonates, Durability, Compression, Waterprooffe concrete, Additives.*

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

Actualmente, el sector de la construcción ha experimentado una serie de avances tecnológicos en el campo del hormigón, los cuales han permitido desarrollar mezclas con mejores capacidades de desempeño y eficiencia en comparación con las mezclas convencionales. Sin embargo, es importante tener en cuenta que los cambios en la proporción de los ingredientes utilizados en la mezcla del hormigón pueden tener un impacto significativo en las propiedades de resistencia al agua y porosidad del concreto final.

En particular, se ha observado que el concreto con una relación agua/cemento (a/c) baja tiene una mayor cantidad de poros capilares, los cuales son pequeños espacios conectados entre los cristales de cemento y que están llenos de agua. Cuanto mayor sea la relación a/c , más poroso se vuelve el hormigón, si hay demasiada humedad, el hormigón creará un vacío a medida que se seca, lo que puede causar contracción y agrietamiento.

Hay situaciones en las que el hormigón queda expuesto durante mucho tiempo a sustancias nocivas, por lo que se requiere que este tenga propiedades que hagan que su permeabilidad sea lo más baja posible, pero a la vez mantenga las condiciones de servicio y vida útil necesaria. La impermeabilización es necesaria en superficies de hormigón por debajo del nivel del suelo por varias razones, una de las principales es evitar que la humedad entre en la instalación ya que puede causar daño estructural al concreto o corrosión al acero incrustado.

La durabilidad de las estructuras de hormigón depende mucho de la permeabilidad de su superficie, su rendimiento a largo plazo cuando las superficies están expuestas a factores ambientales externos, la compleja red de poros y capilares que existe en los materiales cementosos secos permite el ingreso de sustancias potencialmente dañinas, lo que provoca una degradación del rendimiento y afecta la durabilidad a largo plazo (Basheer et al., 2001; Tonelli et al., 2020).

De acuerdo con Guo et al. (2022) “los suelos salinos contienen iones SO_4^{2-} , Cl^- y Mg^{2+} en ambientes altamente agresivos, causando daños al hormigón por corrosión, afectando la vida útil de la estructura” (p. 1), a partir de estos compuestos como el Cl^- que pueden penetrar en las estructuras de hormigón armado, destruyendo la capa de pasivación en la superficie de las barras de acero y acelerar el proceso de corrosión, luego el SO_4^{2-} al penetrar, absorbe agua, se cristaliza y se hincha, lo que provoca grietas y daños en el concreto (Shiyu et al., 2019).

La penetración del agua a través de la red de poros y capilares permeables del hormigón es la principal causa del deterioro químico del hormigón y su durabilidad. Una alta porosidad del concreto, en particular la de la capa cercana a la superficie, promueve el transporte de químicos dañinos solubles, a través de los mecanismos de flujo capilar de agua y difusión molecular lo cual crea varios problemas asociados con el agua, deterioro de la pasta y corrosión del acero como resultado de la penetración de iones de cloruro del agua de mar o del deshielo, deterioro del hormigón a través de reacciones de agregados alcalinos como las reacciones de álcali-sílice (Al-Rashed y Jabari, 2020; Zhang et al., 2019).

Existen otros problemas en el hormigón, tales como la durabilidad y resistencia a la penetración de cloruros. El hormigón con una permeabilidad excesiva es susceptible de sufrir daños por degradación debido a la entrada de agua, investigadores señalan que la disposición y el tamaño de los poros en el concreto también afectan la permeabilidad de los iones de Cl^- que ingresan al concreto, Zhang et al. (2019) y Huijun et al. (2020), manifiestan que la adición de aditivos minerales como la microsílice puede mejorar la fluidez de las mezclas de concreto y mejora significativamente la impermeabilidad y la durabilidad del concreto.

Además del agregado mineral mencionado anteriormente (humo de sílice), Guo et al. (2022), señala que la adición de polvo de escoria puede mejorar en gran medida la reducción de la permeabilidad del hormigón, mientras que el rendimiento óptimo al 60% en su dosificación permite alcanzar el coeficiente de difusión del hormigón con presencia de Cl^- del 45% al 70% de la muestra de cuantificación estándar.

A medida que se promueven nuevas ideas de innovación para alcanzar un producto satisfactorio de hormigón con una excelente capacidad y amigable con el ambiente Malakopoulos and Salifoglou (2022) y Sun and Chen (2018), mencionan que al reemplazar de manera parcial parte del cemento con polvo de piedra caliza en el hormigón, sin duda trae beneficios ambientales, pero es necesario lograr alcanzar propiedades mecánicas y obtener una durabilidad comparable con las mezclas ordinarias de cemento.

Panasar and Zhang (2020), afirman que de manera cuantitativa al reemplazar el 15% de cemento por el relleno de piedra caliza se puede mejorar la resistencia a la compresión y reducir la permeabilidad al cloruro, no obstante, pasar de ese nivel de incremento generalmente conduce a una obtención de resistencias más bajas, mayor porosidad y permeabilidad.

Li and Wu (2022), mencionan que al tratar el tema de los aditivos reductores de permeabilidad podemos encontrar una estrecha relación entre permeabilidad y durabilidad, y Mehta (1991) encontró que “a la larga la permeabilidad o penetración de agua del concreto es la única característica directamente relacionada con la durabilidad”, en consecuencia, se podría considerar que la permeabilidad es quien determina en parte la eficacia en su durabilidad de un hormigón.

De acuerdo con Matar and Barhoun (2020), la permeabilidad del hormigón se evalúa determinando su resistencia a la penetración de iones de cloruro utilizando la prueba rápida de permeabilidad al cloruro y midiendo la profundidad de penetración del agua bajo presión. Por lo tanto, se han realizado varios estudios para reducir de manera efectiva la permeabilidad del hormigón, y una solución que se está implementando ampliamente es la inclusión de aditivos impermeabilizantes que ayuden a disminuir la permeabilidad y a su vez aumentar la trabajabilidad.

Benites Bacilio and Moreno Carranza (2018), mencionan que “mediante el uso de aditivos impermeabilizantes en general, se busca innovar sobre posibles soluciones al momento de querer mejorar las propiedades mecánicas de un concreto convencional, ya que los aditivos normalmente son usados solo para que cumplan una función. Estos aditivos impermeabilizantes además de evitar el paso del agua

en los elementos estructurales, también podrían llegar a aumentar sus propiedades mecánicas” (p. 19).

En esta investigación se presentará el análisis comparativo de la permeabilidad de hormigones $f'c$ 240 kg/cm² para lo cual se emplearán tres variantes de cementos tipo GU de diferente marca comercial, dos aditivos líquidos con base en lignosulfonatos y un aditivo en polvo compuesto por cemento Pórtland y arenas sílices muy finas, esto para cada diseño de hormigón.

Se fabricará el equipo para realizar los ensayos de permeabilidad según la norma ESPAÑOLA UNE-EN 12390-0, la cual nos permitirá evaluar y verificar el comportamiento de cada probeta de concreto con las diversas dosificaciones con aditivos reductores de permeabilidad, en función de la penetrabilidad de agua bajo presión. Además, se realizará un análisis de precios entre el hormigón convencional y el hormigón con aditivo impermeabilizante para conocer su viabilidad económica.

1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El hormigón es un material de ingeniería que consta de sustancias cementantes, áridos, agua y una cantidad controlada de aire incorporado que se necesita principalmente en la industria de la construcción. Sin embargo, la capacidad del agua para ser transportada al hormigón parece ser un problema importante con el consiguiente deterioro del hormigón y el acero de refuerzo que da como resultado reparaciones costosas, pérdida de servicio y fallas estructurales. Los aditivos impermeabilizantes se pueden utilizar para mejorar la estructura porosa del hormigón y reducir la permeabilidad al agua del hormigón.

Fernández Bello and Huamán Quispe (2019), señalan que el uso de aditivo impermeabilizante por cristalización para reducir la permeabilidad y mejorar la resistencia a la compresión del concreto, hace que este sea menos trabajable, sin embargo, el concreto elaborado es menos permeable, lo cual demuestra que reduce la capacidad de absorber agua con respecto al concreto patrón.

En el Ecuador existen diferentes zonas climáticas y regiones que limitan el rendimiento y durabilidad del concreto, es por eso que actualmente en la provincia de Santa Elena se puede evidenciar en el campo de la ingeniería civil que existen muchos problemas físicos en las estructuras de hormigón, las filtraciones y la humedad son probablemente el problema más común en los elementos que se encuentran en exposición constante a presiones hidrostáticas o humedad lo cual se vuelve una vía de entrada de agentes nocivos del medio ambiente ocasionando en determinado tiempo la degradación del elemento construido con hormigón.

La zona costera de la provincia de Santa Elena se caracteriza por su clima cálido y húmedo, así como por su alto contenido de sales en el aire y en el suelo. Estas condiciones pueden afectar negativamente a la durabilidad del hormigón utilizado en esta zona. La permeabilidad del hormigón es un factor crítico en su durabilidad, ya que una alta permeabilidad permite la entrada de agua y sales, lo que puede causar la degradación del material. Por lo tanto, es importante investigar cómo se puede mejorar la permeabilidad del hormigón para aumentar su durabilidad en estas condiciones.

En la provincia de Santa Elena, con el pasar de los años y el desarrollo económico se han construido edificaciones frente al mar las cuales son vulnerables frente a agentes agresivos como la humedad y la salinidad lo cual perjudica al desarrollo porque las edificaciones se degradan, por lo cual se necesita tener diseños de hormigones con baja permeabilidad para prevenir que estos agentes nocivos del medio ambiente ingresen a la estructura del hormigón y lo degraden para conservar su tiempo de vida útil.

Asimismo, en la provincia de Santa Elena se utilizan mezclas de hormigón convencional debido a la falta de estudios específicos sobre la permeabilidad del mismo y al desconocimiento de las alternativas disponibles para reducir la permeabilidad y mejorar la durabilidad. Sin embargo, la implementación de aditivos en proporciones adecuadas en función del peso del cemento utilizado, de acuerdo con las especificaciones técnicas, puede ayudar a mejorar las propiedades físicas del hormigón.

Por lo tanto, en este trabajo de investigación experimental se desarrollarán mezclas de concreto de baja permeabilidad con tres variantes de cementos tipo GU y 3 aditivos impermeabilizantes, dos aditivos líquidos con base en lignosulfonatos y un aditivo impermeabilizante integral por cristalización según la ficha técnica de cada tipo, para obtener un concreto de baja permeabilidad óptimo, mediante la fabricación de probetas cilíndricas, ensayos de resistencia y permeabilidad.

Esta investigación se basó en la siguiente pregunta: ¿Cuál es el efecto de los aditivos tipo S en la permeabilidad de hormigones $f'c$ 240 kg/cm², para mejorar su rendimiento ante la presencia de humedad en la zona costera de la provincia de Santa Elena?

1.2. ANTECEDENTES

El hormigón es actualmente el material fabricado por el hombre más utilizado en el mundo, se utiliza el doble que todos los demás materiales combinados. El concreto se usa tanto porque tiene un costo relativamente bajo, es versátil, tiene propiedades de ingeniería únicas y sus ingredientes están ampliamente disponibles. Esto a menudo hace que el concreto sea más atractivo para la industria de la construcción que otros materiales como el acero o la madera. Además, una ventaja clave del hormigón es que se puede moldear o formar en prácticamente cualquier forma cuando se mezcla recientemente y, cuando se endurece, se convierte en un material fuerte y duradero capaz de una larga vida útil.

1.2.1. Antecedentes Internacionales.

En el ámbito internacional, se cita el estudio de Pérez Monroy (2019) que se basa en “Permeabilidad del concreto, elaborado con cemento hidráulico para uso general, según Norma UNE-EN 12390-8 y ASTM C1202, utilizando diferentes relaciones agua-cemento”, el estudio tuvo como objetivo principal determinar la permeabilidad del concreto elaborado con cemento tipo GU para lo cual se diseñaron cuatro dosificaciones de mezcla de concreto con materiales locales con distintas relaciones A/C, los agregados que se utilizaron fueron del banco de materiales AGRECA S.A y además se utilizaron aditivos retardantes y reductores

de agua. Se elaboraron probetas para los ensayos de permeabilidad, resistencia a la compresión y resistencia a los cloruros en el hormigón. La información recolectada en cada ensayo permitió determinar las propiedades de permeabilidad del concreto. El hormigón analizado tuvo resultados satisfactorios y se ha observado que utilizando cemento tipo GU en el diseño de mezclas de concreto, se obtienen buenas propiedades de resistencia frente al ataque de sustancias nocivas en un entorno agresivo. De igual manera se hace énfasis a realizar una correcta ejecución de los ensayos y una selección adecuada de los agregados de acuerdo a lo que establecen las normas ya que todos estos aspectos son los que permitieron la obtención de buenos resultados y se consiguió que el hormigón sea suficientemente resistente a la penetración de agua a presión y por ende al ingreso de cloruros.

Este trabajo también se basa en el estudio realizado por Neyra Neyra y Santos Espinoza (2018): “Análisis Comparativo del Grado de Permeabilidad y Resistencia a los Sulfatos entre Concretos Convencionales y un Concreto Impermeable”, en el cual se elaboraron y compararon diseños de mezclas de hormigón utilizando diferentes tipos de cementos, aditivos plastificantes, reductores de agua e impermeabilizantes. Se llevaron a cabo ensayos de penetración de agua bajo presión, permeabilidad al aire de Torrent, capilaridad, porosidad y densidad en el cual con los resultados obtenidos se pudo determinar que el uso de aditivos impermeabilizantes además de mejorar la resistencia a la penetración de agua y sulfatos, también mejoran la resistencia a la compresión de los hormigones y no es necesario adicionar mayor cantidad de agua al diseño para mejorar la trabajabilidad del concreto, sino solo con la adición de aditivos plastificantes y reductores de agua se puede obtener concretos más trabajables.

1.2.2. Antecedentes Nacionales.

En lo referente a antecedente nacionales se puede citar a Rodríguez Villacís (2016), en su trabajo experimental “Estudio de hormigones impermeables, según el origen local de materiales y la adición de aditivo impermeabilizante”, en el cual se realizó un análisis de las propiedades mecánicas del agregado extraídos de 3 puntos diferentes de la ciudad de Ambato, se diseñaron mezclas de concreto con materiales idóneos para dos resistencias a compresión de acuerdo a las especificaciones

técnicas de nuestro país que son 210 y 240 kg/cm² comúnmente y se elaboraron variantes de muestras de hormigón endurecido con edades superiores a los 28 días, incluyendo en varios especímenes un porcentaje de aditivo impermeabilizante de 2% del peso del cemento. Las muestras fueron sometidas a ensayos de permeabilidad según la norma europea UNE-EN 12390-8 ya que no existe normativa ecuatoriana para este tipo de ensayos, con los resultados obtenidos se comprobó que para una dosificación de 240 kg/cm² y con la adición de aditivo impermeabilizante se puede obtener hormigones con valores bajos de penetración de agua evidenciando la repulsión de la misma. El autor concluye mencionando que los recubrimientos utilizados actualmente no pueden garantizar la durabilidad y la vida útil de un elemento reduciendo de manera grave la funcionalidad de una estructura con el paso del tiempo y recomienda que se amplíen más los estudios de permeabilidad del hormigón y que se tome en cuenta este tipo de ensayos de permeabilidad para complementar un diseño de hormigón ya que de esta propiedad se deriva la durabilidad que tendrá un proyecto de obra civil a cualquier escala.

Así mismo, se cita el trabajo de Cargua Sánchez (2017), “Análisis comparativo de impermeabilidad del hormigón mediante estudio experimental de aditivos por cristalización”, el cual tuvo como objetivo analizar la efectividad de los aditivos impermeabilizantes mediante cristalización de membrana interna y externa en elementos estructurales y revestimientos, con el fin de evaluar cuál de estos aditivos es más eficaz en la reducción de la permeabilidad del hormigón. Se fabricaron 12 prototipos de probetas en forma de viguetas para simular un miembro estructural las cuales se diseñaron con una resistencia a compresión de 290 kg/cm². Se utilizaron 3 tipos de cemento, Gu (uso general), HS (alta resistencia a los sulfatos) y HE (alta resistencia inicial) para evaluar cómo los aditivos afectan a las diferentes propiedades de estos tipos de cemento. Los resultados obtenidos en este estudio indican un incremento en la impermeabilidad del hormigón con adiciones del 2.5% de aditivo, un aumento en la resistencia a compresión del 14% en comparación con el hormigón de referencia y mejoras en la densificación. Sin embargo, el uso de una adición del 5% de aditivo no produjo un incremento proporcional en las propiedades mecánicas en relación con la cantidad de aditivo utilizado. El autor concluye mencionando que existe una correlación positiva entre el uso del aditivo y la mejora en las propiedades mecánicas del hormigón.

1.2.3. Antecedentes Internacionales.

A nivel local no existen estudios o información relacionada al tema de hormigones de baja permeabilidad, por lo cual nuestro tema de investigación plantea un problema muy conocido, pero poco tratado en referencias a los medios y normativas que empleamos en la obtención de nuestros resultados, debido a que nadie se planteado determinar qué composición de aditivos funciona mejor en nuestro medio y lugar de estudio, con el aporte de nuestra investigación y resultados obtenidos se espera sirvan como guía para futuros trabajos que pretendan emplear nuestra metodología, además de poder encaminar las proyecciones futuras en dar soluciones que van de la mano con la acción de penetración del agua, problemas como la salinidad en las estructuras que corroen los reforzamientos de acero debido a las acciones de los cloruros y sulfatos. Sin embargo se puede citar el estudio realizado por Alvarado Boza y Tivanta Jaramillo (2020), “Análisis comparativo de sensibilidad de diferentes aditivos superplastificantes en el hormigón”, el cual analiza la sensibilidad de diferentes aditivos superplastificantes en el hormigón del cual concluyen que la fluidez, revenimiento y trabajabilidad de la mezcla aumentan de manera considerable al adicionar aditivos superplastificantes en diversas dosificaciones y que a su vez estos modifican las mezclas aumentando así la resistencia a compresión del concreto.

1.3. HIPÓTESIS

1.3.1. Hipótesis General.

Los aditivos tipo S tienen un efecto significativo en la reducción de la permeabilidad en hormigones convencionales $f'c$ 240 kg/cm² y ayudan a mejorar su rendimiento ante la presencia de humedad en la zona costera de la provincia de Santa Elena.

1.3.2. Hipótesis Específicas.

H.E.1.: Los materiales empleados y aditivos impermeabilizantes presentan propiedades físicas y mecánicas que cumplen con las normativas establecidas.

H.E.2.: Con una dosificación adecuada, se obtendrá un hormigón de baja permeabilidad óptimo con una resistencia $f'c$ 240 kg/cm² a los 28 días con la inclusión de aditivos Tipo S reductores de permeabilidad.

H.E.3.: Por medio de los ensayos de permeabilidad se podrá medir la penetración de agua bajo presión en los cilindros con diferentes aditivos impermeabilizantes, sometidos al ensayo sugerido por la norma UNE-EN 12390-8.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General.

Analizar la efectividad de los aditivos tipo S en la reducción de la permeabilidad de hormigones $f'c$ 240 kg/cm², que ayuden a mejorar su rendimiento ante la presencia de humedad en la zona costera de la provincia de Santa Elena.

1.4.2. Objetivos Específicos.

O.E1.: Caracterizar los materiales que se emplearán mediante ensayos normados para el cemento hidráulico, agregado grueso (caliza), agregado fino (arena negra).

O.E2.: Diseñar una mezcla de hormigón de baja permeabilidad con una resistencia $f'c$ 240 kg/cm² a los 28 días con la inclusión de aditivo Tipo S reductores de permeabilidad.

O.E3.: Evaluar la permeabilidad del hormigón, aplicando el ensayo normalizado de permeabilidad de acuerdo a la Norma Española UNE-EN 12390-8.

1.5. ALCANCE

En las construcciones en general, y particularmente en las de hormigón, la presencia de humedad tiene diversos orígenes tales como: la humedad natural del suelo

aspirada por las fuerzas capilares, la humedad natural en la atmosfera condensada en la superficie del hormigón, la lluvia que puede llegar a penetrar en el interior del macizo.

La existencia de una capa freática y el efecto de las fuerzas capilares que hacen elevar el agua por encima de la misma crea una situación de humedad que puede llegar a ser intensa pudiendo llegar a actuar a presión. El hormigón en contacto con el suelo da lugar, por capilaridad a la absorción de agua, que puede tener mucha importancia, por lo cual se deben emplear diferentes alternativas para impermeabilizar el concreto la cual debe obtenerse a base de una adecuada dosificación, en la que son partes constituyentes los áridos, el agua y el cemento.

Este proyecto de investigación pretende beneficiar al campo de la ingeniería civil y directamente al diseño de hormigones ofreciendo una mejora en su rendimiento y durabilidad en las mezclas de hormigón impermeable siendo una alternativa a la mezcla de hormigón convencional que se emplea de manera frecuente en obras de infraestructuras, además será de gran ayuda para futuras investigaciones o trabajos de grado que se lleven a cabo con la finalidad de mejorar la resistencia a la penetración de líquidos con aditivos y materiales pétreos adecuados.

Se investigará el efecto de los aditivos en las propiedades del hormigón, especialmente en su permeabilidad. Se estudiará el comportamiento del hormigón en condiciones de humedad, ya que esta condición es común en la zona costera de Santa Elena y puede afectar a la durabilidad del hormigón.

Además, se llevará a cabo un análisis comparativo entre los diferentes aditivos utilizados, tanto en términos de su efecto en la permeabilidad del hormigón como en su costo y disponibilidad, debido a que no se ha profundizado en dar soluciones alternativas a los problemas existentes de permeabilidad en la provincia de Santa Elena, basándonos en normas internacionales y diversa documentación que nos ayuden a profundizar este estudio.

En base a lo mencionado, la mejora de partida en la impermeabilización de los hormigones se conseguirá a base de preparar, colocar y acabar el proceso de los

mismos en las condiciones óptimas adecuadas, con el objetivo de determinar cuál es el aditivo que tiene mejor comportamiento en la permeabilidad del hormigón y su uso en la zona costera de la provincia de Santa Elena.

1.6. VARIABLES

1.6.1. Variables Dependientes.

- Permeabilidad de hormigones $f'c$ 240 kg/cm^2 elaborados con aditivos Tipo S reductores de permeabilidad.
- Resistencia a la compresión en hormigones $f'c$ 240 kg/cm^2 a la edad de 7, 14, 21 y 28 días.

1.6.2. Variables Independientes.

- Análisis comparativo de la permeabilidad en hormigones de uso general con la inclusión de aditivos impermeabilizantes con solución de lignosulfonatos y aditivo impermeabilizante por cristalización.
- Diseño de hormigón $f'c$ 240 kg/cm^2 con cementos tipo GU “ATS”, “HLCM”, “CHMB”, agregado grueso de la cantera Calizas Huayco, agregado fino de la cantera Villingota y la inclusión de aditivos Tipo S reductores de permeabilidad.
- Porcentaje de aditivo tipo S utilizado en el diseño de mezcla de los hormigones de baja permeabilidad $f'c$ 240 kg/cm^2 .

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. MATERIALES

La Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC (2015) define a un material de construcción como “cualquier producto procesado o fabricado destinado a ser incorporado con carácter permanente en cualquier obra, sea de edificación o de ingeniería civil” (p. 25). En general, los materiales que se emplean con frecuencia destinados a la construcción deben cumplir con los siguientes requisitos que establece la NEC para garantizar su calidad:

- Resistencias mecánicas acordes con el uso que recibirán (NEC 2015, p. 25).
- Estabilidad química (resistencia a agentes agresivos) (NEC 2015, p. 25).
- Estabilidad física (dimensional) (NEC 2015, p. 25).
- Seguridad para su manejo y utilización (NEC 2015, p. 25).
- Protección de la higiene y salud de obreros y usuarios (NEC 2015, p. 25).
- No conspirar contra el ambiente (NEC 2015, p. 25).
- Aislamiento térmico y acústico (colaborar en el ahorro de energía) (NEC 2015, p. 25).
- Estabilidad y protección en caso de incendio (resistencia al fuego) (NEC 2015, p. 25).
- Comodidad de uso, estética y economía (NEC 2015, p. 25).

2.2. HORMIGÓN

La Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC (2015, p. 11), establece al hormigón como una mezcla de cemento Portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua con o sin aditivos.

Empleando las palabras de Benites Bacilio y Moreno Carranza (2018) “el hormigón se define como una mezcla de ligantes (cemento portland), áridos (rellenos), agua y, en algunos casos, aditivos, que se endurece formando un todo compacto (piedra artificial) y que, tras un tiempo determinado, puede soportar grandes esfuerzos.” (p. 26).

2.3. HORMIGÓN DE PESO NORMAL

La Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC (2015) establece que “el hormigón de peso normal contiene agregados que cumplen con las especificaciones de la ASTM C33.” (p. 11).

De acuerdo con la ASTM C33/C33M-18 (2018), se define a “los requisitos de clasificación y calidad de los áridos finos y gruesos (distintos de los áridos ligeros o pesados) para uso en hormigón.” (p. 1).

2.4. HORMIGÓN DE ALTA RESISTENCIA

El hormigón de alta resistencia (HAR), se definen como hormigones con una resistencia a la compresión especificada de 55 MPa (8000 psi) o superior, según el Código ACI 363R (2005). La fabricación de hormigón de alta resistencia implica hacer un uso óptimo de los ingredientes básicos que constituyen el hormigón de resistencia normal. Además de seleccionar un cemento portland de alta calidad, los productores optimizan los agregados y luego optimizan la combinación de materiales variando las proporciones de cemento, agua, agregados y aditivos.

Al seleccionar agregados para concreto de alta resistencia, los productores consideran la resistencia del agregado, el tamaño óptimo del agregado, la unión entre la pasta de cemento y el agregado, y las características de la superficie del agregado. Cualquiera de estas propiedades podría limitar la resistencia última del hormigón de alta resistencia.

Dependiendo de la aplicación apropiada, las proporciones de mezcla para concreto de alta resistencia generalmente se han basado en lograr la resistencia a la compresión requerida a una edad específica, muchas veces más allá de los 28 días tradicionales. Los factores incluidos en la selección de las proporciones de la mezcla de concreto han incluido la disponibilidad de los materiales constituyentes, la trabajabilidad deseada y los efectos del aumento de la temperatura.

2.5. HORMIGÓN DE BAJA PERMEABILIDAD

El hormigón impermeable puede considerarse un elemento de hormigón en el que una superficie está en contacto con un líquido, como el agua, mientras que la otra superficie permanece seca. Realmente no es un hormigón impermeable, puede ser un hormigón de muy alta permeabilidad, donde la otra cara queda seca en contacto con el agua, porque tiene decenas de metros de espesor. En otras palabras, es poco probable que el flujo de agua nulo o muy bajo pueda apenas atravesar un muro delgado de hormigón de baja permeabilidad o el mismo flujo obtenerse con una pared de hormigón muy gruesa de alta permeabilidad (Hermedia, 2018, p. 19).

El hormigón impermeable y el hormigón de alta resistencia tienen una definición similar. En otras palabras, las propiedades del material se definen como tal y no su función en la estructura. En realidad, el “hormigón impermeable” debería denominarse hormigón de baja permeabilidad, ya que la definición de impermeable puede estar relacionada con la definición de irrompible (Hermedia, 2018, p. 19).

2.6. COMPONENTES DEL CONCRETO

2.6.1. Cemento.

El cemento, se puede describir como un material que tiene propiedades tanto cohesivas como adhesivas, lo que le permite unir fragmentos minerales en un todo compacto, en un sentido más estricto, los materiales aglutinantes utilizados en la construcción de edificios y de ingeniería civil. Esta definición cubre una amplia gama de materiales cementantes.

El cemento se limita a los materiales aglutinantes utilizados con piedra, arena, ladrillo, piedra de construcción, etc. El principal componente de este tipo de cemento es un compuesto calcáreo, por lo que los cementos calcáreos se utilizan tanto en edificación como en construcción.

Los cementos de construcción, debido a su capacidad hidratante, son conocidos como cementos hidráulicos ya que reaccionan químicamente con el agua y aún pueden fraguar y endurecerse bajo el agua (Lea y Mason, 2022).

2.6.2. Cemento Portland.

De acuerdo con la NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1762 (2015, p. 3), es un conglomerante hidráulico que se produce mediante la pulverización del Clinker de Portland compuesto principalmente por silicato de calcio y aluminato de calcio, usualmente contiene uno o más elementos como: agua, sulfato de calcio, hasta 5% de piedra caliza y adiciones de proceso.

2.6.2.1. *Fabricación del Cemento Portland.*

El cemento Portland se fabrica mediante un proceso que comienza combinando una fuente de cal (CaO), como la piedra caliza, una fuente de sílice (SiO_2) y alúmina (Al_2O_3), como la arcilla, y una fuente de óxido de hierro (Fe_2O_3), como el mineral de hierro.

La mezcla adecuadamente proporcionada de las materias primas se muele finamente y luego se calienta a aproximadamente 2700 °F (1480 °C) para que tengan lugar las reacciones que forman las fases de cemento. Después de enfriar, el Clinker se muele con sulfato de calcio (yeso); procesamiento de adiciones; y, en muchos casos, piedra caliza para formar un cemento Portland. Además, se pueden agregar otros componentes para producir diferentes tipos de cemento, como el cemento de escorias alto-horno o cemento puzolánico (A. C. I. Committee 225, 2019, p. 3).

Las adiciones de procesamiento son materiales orgánicos o inorgánicos utilizados en la fabricación de cementos que se agregan en el molino final. Se presta considerable atención a las diversas etapas de procesamiento para mantener un buen control de calidad. Este procesamiento requiere de 60 a 80 operaciones separadas y continuas, el uso de una gran cantidad de maquinaria y equipo pesado y el consumo de grandes cantidades de combustible y energía eléctrica. Cada fabricante de

cemento portland usa un nombre comercial o de marca bajo el cual se vende, pero el material se fabrica mediante los mismos procesos generales para cumplir con los requisitos aplicables para el tipo de cemento (A. C. I. Committee 225, 2019, p. 3).

2.6.2.2. Tipos de Cemento Portland.

El cemento Portland es el tipo más común de cemento utilizado en la construcción debido a su disponibilidad, resistencia y facilidad de manejo. Sin embargo, existen diferentes tipos de cemento Portland que se adaptan a las necesidades específicas de cada proyecto y condiciones ambientales. Cada uno de estos tipos que se muestran en la Tabla 1, tiene características y propiedades únicas que se deben tener en cuenta al momento de elegir el adecuado para un proyecto de construcción.

Tabla 1.

Tipos de Cementos Portland

	TIPO	DESCRIPCIÓN	NORMA	
			INEN	ASTM
PUROS	I	Uso común	152	C 150
	II	Moderada resistencia a sulfatos	152	C 150
	III	Moderado calor a hidratación	152	C 150
	IV	Elevada resistencia inicial	152	C 150
	V	Bajo calor de hidratación	152	C 150
		Alta resistencia a la acción de los sulfatos	152	C 150
Los tipos IA, IIA y IIIA incluyen incorporador de aire				
COMPUESTOS	IS	Portland con escoria de altos hornos	490	C 595
	IP	Portland puzolánico	490	C 595
	P	Portland puzolánico (cuando no se requieren resistencias iniciales altas)	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 de construcción en general	2.380	C 1157
	HE	Elevada resistencia en general	2.380	C 1157
	MS	Moderada resistencia a los sulfatos	2.380	C 1157
	HS	Alta resistencia a los sulfatos	2.380	C 1157
	MH	Moderado calor de hidratación	2.380	C 1157
	LH	Bajo calor de hidratación	2.380	C 1157
		Si condicionalmente tiene R, indica baja reactividad con áridos álcali-reactivos		

Nota: Adaptado del *Instituto Ecuatoriano del Cemento y el Concreto - INECYC* (2007, p. 13).

2.6.3. Cemento Hidráulico.

La NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 151 (2021, p. 2), define el cemento hidráulico como un material que se caracteriza por su capacidad para endurecer y adquirir resistencia mecánica bajo la acción de agua. Este proceso de endurecimiento se denomina hidratación y se produce a través de la reacción química entre el cemento y el agua. El cemento hidráulico se compone principalmente de silicatos y aluminatos de calcio, y su resistencia mecánica y durabilidad son superiores a las del cemento común.

Así mismo la NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2380 (2011, p. 2), establece las especificaciones técnicas para los cementos hidráulicos. Según esta norma, los cementos por desempeño se clasifican de la siguiente manera:

- **Tipo GU** “Para construcción en general”
- **Tipo HE** “De alta resistencia inicial”
- **Tipo MS** “De moderada resistencia a los sulfatos”
- **Tipo HS** “De alta resistencia a los sulfatos”
- **Tipo MH** “De moderado calor de hidratación”
- **Tipo LH** “De bajo calor de hidratación”

La norma además indica que, si no se especifica el tipo de cemento, se entenderá que el cemento es de Tipo GU.

2.6.3.1. *Cemento Holcim Fuerte Tipo GU.*

De acuerdo con HOLCIM ECUADOR S.A. (2021), “el Cemento Holcim Fuerte Tipo GU es apto para cualquier tipo de construcción y cuenta con características excepcionales como su alta resistencia, durabilidad y rendimiento superior que cumplen y superan los estándares establecidos por la norma NTE INEN 2380.” (p. 1).

El cemento Holcim Fuerte Tipo GU se ajusta a los requisitos especificados en la Norma NTE INEN 2380 como un cemento de tipo GU para uso general, lo que lo hace adecuado para su uso en diversos proyectos de construcción que no requieren propiedades específicas. La Tabla 2 presentada a continuación proporciona una comparación entre los datos técnicos del cemento en cuestión y los establecidos por la norma NTE INEN 2380.

Tabla 2.

Datos Técnicos del cemento Holcim Fuerte Tipo GU

Datos técnicos	INEN 2380	Valor referencial HOLCIM
Cambio de longitud por autoclave, % máximo	0.8	0
Tiempo de fraguado, método de Vicat		
Inicial, no menos de, minutos	45	45
Inicial, no más de, minutos	420	151
Contenido de aire mortero, en volumen, %	---	4
Resistencia a la compresión, mínimo MPa		
1 día	---	---
3 día	13	17
7 día	20	22
28 día	28	30
Expansión en barras de mortero 14 días, % máx.	0.02	0.001
Resistencia a sulfatos, 6 meses	---	---

Nota: Adaptado de *las Especificaciones Técnicas del Cemento Holcim Fuerte Tipo GU (HOLCIM ECUADOR S.A., 2021, p. 2).*

2.6.3.2. Cemento Chimborazo Tipo GU.

La UNIÓN CEMENTERA NACIONAL UCEM (2022) menciona que “el cemento Chimborazo Hidráulico tipo GU, produce mayor cantidad de silicatos cálcicos, debido a la reacción, de los aluminosilicatos de la puzolana con los hidróxidos de calcio producidos en la hidratación del cemento, disminuyendo la porosidad capilar, así el concreto se hace menos permeable y protege a la estructura metálica de la corrosión.” (p. 2).

Este cemento cumple con las especificaciones detalladas en la Norma Técnica INEN 2380, incluyendo medidas para proteger y preservar el medio ambiente, reduciendo significativamente las emisiones de gases de efecto invernadero. Es fabricado bajo un riguroso control de calidad, lo que lo convierte en una excelente opción para su uso en una variedad de construcciones, incluyendo albañilería y estructuras que no requieren propiedades especiales de otros tipos de cemento. A continuación, se muestra en la Tabla 3 las especificaciones técnicas del Cemento Chimborazo Hidráulico Tipo GU.

Tabla 3.

Información Técnica del Cemento Chimborazo Hidráulico Tipo GU

Especificaciones Técnicas Parámetros	Requisitos NTE INEN 2380	Resultados Chimborazo
Finura:		
M 325 (%)	N/E	2.4
Blaine (cm ² /g)	N/E	4580
Tiempo de Fraguado:		
Fraguado Vicat Inicial (minuto)	45 min.	150
Fraguado Vicat Final (minuto)	420 máx.	255
Expansión:		
Expansión en Autoclave (%)	0.80 máx.	0.418
Expansión en Barra en Mortero (%)	0.02 máx.	0.009
Contenido de Aire (%)	A	7.39
Densidad (g/ml)	A	2.760
Resistencia a la compresión (MPa)		
3 día	16	13 min.
7 día	21	20 min.
28 día	31.5	28 min.

A: Límite no especificado por la NTE INEN 2380.

*Los rangos de valores típicos obedecen a valores promedios y pueden variar.

Nota: Adaptado de la *Información Técnica del Cemento Chimborazo Hidráulico Tipo GU (UNIÓN CEMENTERA NACIONAL UCEM, 2022, p. 1)*.

2.6.3.3. *Cemento Atenas Tipo GU.*

El Cemento Atenas Tipo GU está diseñado para ser utilizado en todo tipo de construcciones, cumple con los estándares establecidos en la NTE INEN 2380 y además, supera estos estándares gracias a sus características de resistencia, durabilidad y rendimiento sobresaliente (CEMENTO ATENAS, 2022, p. 2).

A continuación, se muestran los requisitos físicos y mecánicos del Cemento Atenas Tipo Gu que cumplen con los estándares del Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN 2380 detallados en la Tabla 4 y Tabla 5.

Tabla 4.

Requisitos Físicos del Cemento Atenas

Parámetro	Método	Unidad	INEN 2380	Resultados %
Finura (Blaine)	NTE 196	cm ² /g	A	4362.40
Retenido, máx.	NTE 957	%	A	3.90
Cambio de longitud en autoclave, máx.	NTE 200	%	0.80	-0.05
Fraguado inicial, mín.			45	251
Fraguado inicial, máx.	NTE 158	Minutos	420	303
Contenido de aire en mortero	NTE 195	%	A	7.50
Expansión en barra de mortero, máx.	NTE 2529	%	0.020	0.011
Densidad	NTE 156	g/cm ²	A	2,90

A: Límite no especificado por la NTE INEN 2380. Resultado reportado solo como información.

Nota: Adaptado de la *Ficha Técnica del Cemento Atenas Tipo GU (CEMENTO ATENAS, 2022, p. 3).*

Tabla 5.

Requisitos Mecánicos del Cemento Atenas

Parámetro	Método	Unidad	INEN 2380	Resultado
Resistencia 3 días, mín.			13.0	14.2
Resistencia 7 días, mín.	NTE 488	MPa	20.0	21.0
Resistencia 28 días, mín.			28.0	29.3

Nota: Adaptado de la *Ficha Técnica del Cemento Atenas Tipo GU (CEMENTO ATENAS, 2022, p. 3).*

2.6.4. Agua.

De acuerdo con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC (2015, p. 104), el agua es un componente esencial en el hormigón, ya que actúa como el medio para activar el cemento y permite la hidratación necesaria para la formación del compuesto cristalino, el cual es responsable de la resistencia y durabilidad del hormigón. La cantidad de agua utilizada en la mezcla debe ser la justa para lograr la plasticidad y trabajabilidad necesarias para facilitar su colocación y compactación, pero al mismo tiempo, no debe ser excesiva ya que esto afectaría negativamente las propiedades mecánicas y durabilidad del hormigón.

Es importante destacar también que el agua utilizada en las mezclas de hormigón debe ser limpia y libre de impurezas, ya que cualquier contaminación en el agua puede afectar la calidad del hormigón. La norma ASTM C 1602 establece los requisitos para el agua utilizada en el mezclado de hormigón, y es necesario cumplir con estas disposiciones para garantizar la calidad del hormigón producido.

2.6.5. Agregados o Áridos.

Los agregados o áridos son materiales granulares utilizados en la construcción, como la grava, la arena y la piedra. Estos materiales son utilizados en la fabricación de hormigón, asfalto y mortero, así como en la construcción de carreteras, diques y estructuras de contención. Se clasifican en base a su tamaño, forma y origen geológico, y deben cumplir con ciertos requisitos de calidad antes de ser utilizados en la construcción.

Los agregados ocupan entre el 60% y el 75% del volumen total de una mezcla de hormigón. Esta proporción varía dependiendo del tipo de proyecto y de las especificaciones del diseño, pero en general, se utiliza una proporción de cemento, agua y áridos conocidos como la relación agua/cemento (a/c) para asegurar que el hormigón tenga las propiedades adecuadas para su uso previsto. El porcentaje de volumen de los áridos en una mezcla de hormigón es importante, ya que afecta a las propiedades mecánicas y de durabilidad del hormigón.

De acuerdo con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC (2015, p. 102), para garantizar una adecuada calidad en la mezcla de hormigón, se requiere que los agregados o áridos utilizados cumplan con ciertas características de tamaño y gradación, siendo necesario la presencia de al menos dos fracciones granulométricas diferentes. El árido grueso, con diámetro nominal superior a 4.75 mm, y el árido fino, con diámetro nominal comprendido entre 75 μm y 4.75 mm. Adicionalmente, estas fracciones granulométricas pueden subdividirse en dos o tres tamaños diferentes para lograr una mayor eficiencia en la mezcla y una mejor resistencia en el hormigón final.

2.6.5.1. Características de los Agregados.

a. Tamaño máximo del agregado.

El tamaño máximo del agregado se refiere al menor tamaño de malla en el que se considera que 100% del material debe pasar. En la práctica, esto indica el tamaño de las partículas más grandes dentro de un volumen de agregados utilizado en una mezcla (INECYC, 2007, p. 17).

b. Tamaño máximo nominal.

Es la malla más pequeña que debe ser superado por la mayor parte del agregado. Una cantidad de entre el 5 y el 15% del agregado puede quedar retenido en esta malla, dependiendo del número de tamaño (INECYC, 2007, p. 17).

c. Módulo de finura.

El módulo de finura es un índice utilizado para determinar el tamaño promedio de los agregados. Se calcula dividiendo entre 100 la suma de los porcentajes retenidos acumulados en una serie de tamices con tamaños de malla específicos, los cuales son 150 μm (N. 100); 300 μm (N. 50); 600 μm (N. 30); 1,18 mm (N. 16); 2,36 mm (N. 8); 4,75

mm (N. 4); 9,50 mm (3/8”) 19,0 mm (3/4”); 37,5 mm (1½”); 75 mm (3”); 150 mm (6”). El valor del módulo de finura es mayor cuando el agregado contiene granos más gruesos y menor cuando contiene granos más finos (INECYC, 2007, p. 17).

2.6.5.2. Clasificación de los Agregados para Hormigón.

Agregado fino: El agregado fino se compone de uno o varios tipos de materiales, que pueden ser arena natural, arena fabricada o una mezcla de ambas, los agregados finos tienen un diámetro menor a 4.75 mm (Falcon Nestares, 2022, p. 17). En la Tabla 6 se detallan los requisitos de granulometría que debe cumplir el agregado fino y su respectiva curva granulométrica con el límite superior e inferior en la Figura 1.

Tabla 6.

Requisitos de granulometría para Agregados Finos

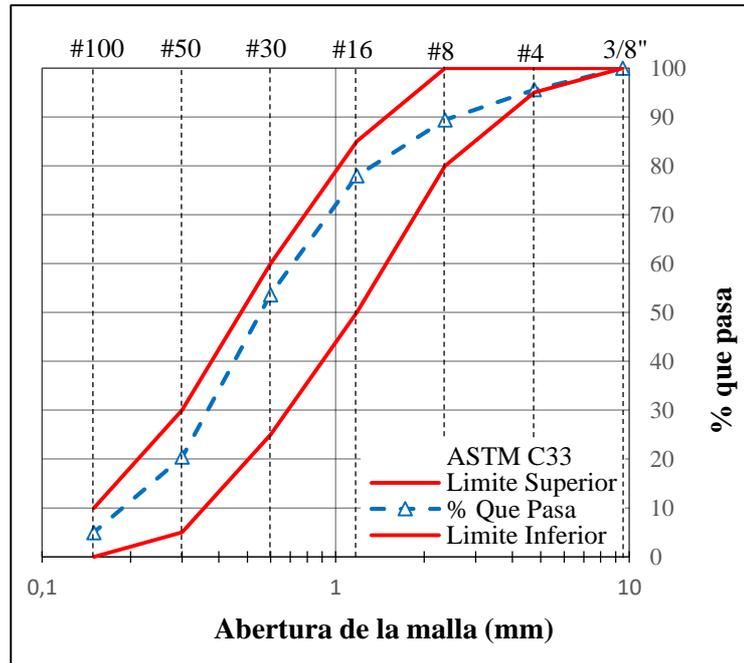
Tamiz (NTE INEN 154)	Porcentaje que pasa
9.5 mm	100
4.75 mm	95 a 100
2.36 mm	80 a 100
1.18 mm	50 a 85
600 µm	25 a 60
300 µm	5 a 30
150 µm	0 a 10

No más del 45% debe ser retenido entre dos tamices consecutivos.

Nota: Adaptado de la *NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 872 (2011, p. 2).*

Figura 1.

Curva granulométrica para agregados finos.



Nota: Representación gráfica de la curva granulométrica para agregados finos. Adaptado del *Comportamiento mecánico de concreto fabricado con agregados reciclados* (p. 153), por Martínez Soto y Mendoza Escobedo (2006).

Agregado grueso: El agregado grueso está compuesto principalmente de materiales como grava, grava triturada, piedra triturada, escoria de alto horno enfriada al aire o concreto de cemento hidráulico triturado, o una mezcla de estos materiales según los requisitos de la normativa, los agregados gruesos tienen un diámetro mayor a 4.75 mm (NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 872, 2011, p. 3). En la Tabla 7 se detallan los requisitos de granulometría que debe cumplir el agregado grueso y su respectiva curva granulométrica con el límite superior e inferior en la Figura 2.

Tabla 7.*Requisitos de granulometría para Agregados Gruesos*

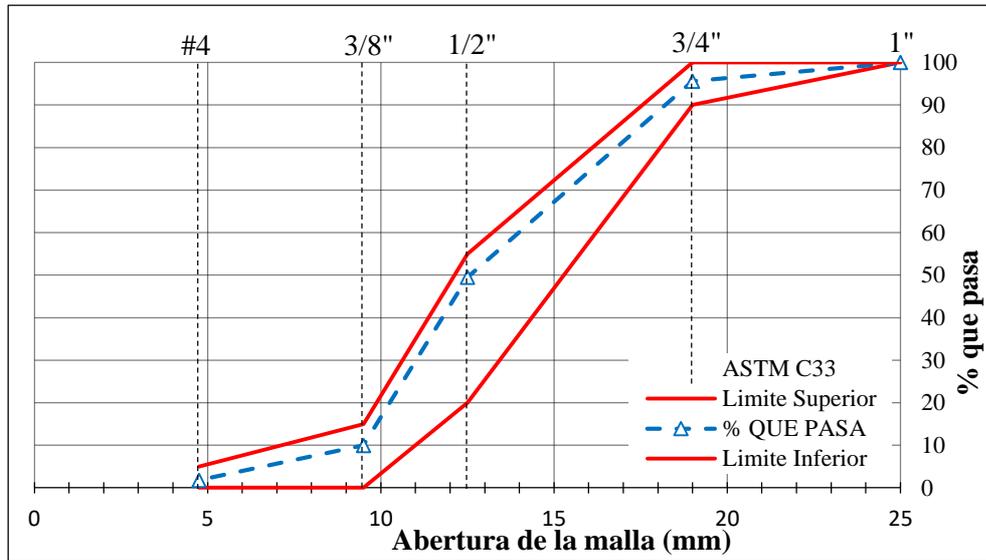
Número de tamaño	Tamaño nominal (Tamices con aberturas cuadradas) (mm)	Porcentaje acumulado en masa que debe pasar cada tamiz de laboratorio (aberturas cuadradas)													
		100 mm	90 mm	75 mm	63 mm	50 mm	37.5 mm	25 mm	19 mm	12.5 mm	9.5 mm	4.75 mm	2.36 mm	1.18 mm	300 µm
1	de 90 a 37.5	100	90 a 100	---	25 a 60	---	0 a 15	---	0 a 5	---	---	---	---	---	---
2	de 63 a 37.5	---	---	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	---	0 a 5	---	---	---	---	---	---
3	de 50 a 25	---	---	---	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	---	0 a 5	---	---	---	---	---
357	de 50 a 4.75	---	---	---	100	95 a 100	---	35 a 70	---	10 a 30	---	0 a 5	---	---	---
4	de 37.5 a 19	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	---	0 a 5	---	---	---	---
467	de 37.5 a 4.75	---	---	---	---	100	95 a 100	---	35 a 70	---	10 a 30	0 a 5	---	---	---
5	de 25 a 12.5	---	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	---	---	---	---
56	de 25 a 9.5	---	---	---	---	---	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	---	---	---
57	de 25 a 4.75	---	---	---	---	---	100	95 a 100	---	25 a 60	---	0 a 10	0 a 5	---	---
6	de 19 a 9.5	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	---	---	---
67	de 19 a 4.75	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	---	20 a 55	0 a 10	0 a 5	---	---
7	de 12.5 a 4.75	---	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	---	---
8	de 9.5 a 2.36	---	---	---	---	---	---	---	---	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	---
89	de 9.5 a 1.18	---	---	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9 ^A	de 4.75 a 1.18	---	---	---	---	---	---	---	---	---	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

^A Al árido con número de tamaño 9, se lo define en la NTE INEN 694 como árido fino. Se lo incluye como árido grueso cuando está combinado con número de tamaño 8 para crear el número de tamaño 89, que es árido grueso según se define en la NTE INEN 694.

Nota: Tomado de los requisitos de granulometría para Agregados Gruesos de la *NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 872 (2011, p. 5)*.

Figura 2.

Curva granulométrica para agregados gruesos



Nota: Representación gráfica de la curva granulométrica para agregados gruesos. Adaptado del *Comportamiento mecánico de concreto fabricado con agregados reciclados* (p. 154), por Martínez Soto y Mendoza Escobedo (2006).

2.6.6. Aditivos.

Los aditivos para el hormigón son sustancias químicas que se añaden al cemento, agua y agregados en pequeñas cantidades para mejorar o modificar las propiedades del hormigón fresco o endurecido. Estos aditivos pueden mejorar la trabajabilidad, resistencia, durabilidad, impermeabilidad, entre otras propiedades del hormigón. Algunos ejemplos de aditivos comunes para el hormigón incluyen plastificantes, aceleradores de fraguado, retardadores de fraguado, entre otros.

De acuerdo al ACI 212.3R-16 (2016), “los aditivos químicos son sustancias solubles en agua que se utilizan para alterar las características del concreto, el mortero o la lechada, ya sea en su estado plástico o endurecido, o en ambos” (p. 3).

Los aditivos químicos son ampliamente utilizados en las industrias de hormigón colado in situ y prefabricado. Actualmente, es común el uso de mezclas que incorporan varios aditivos químicos. El éxito en el uso de estos aditivos depende de la adecuación de los tiempos de fraguado y las resistencias tempranas

en relación al ambiente en el que se colocará el hormigón. La mezcla puede ser modificada para reducir la cantidad de cemento utilizado sin comprometer las propiedades mecánicas de la misma y manteniendo una consistencia adecuada, pero esta reducción está relacionada con la cantidad de partículas finas presentes en la mezcla (proporcionadas por los agregados).

2.6.6.1. Generaciones de los Aditivos.

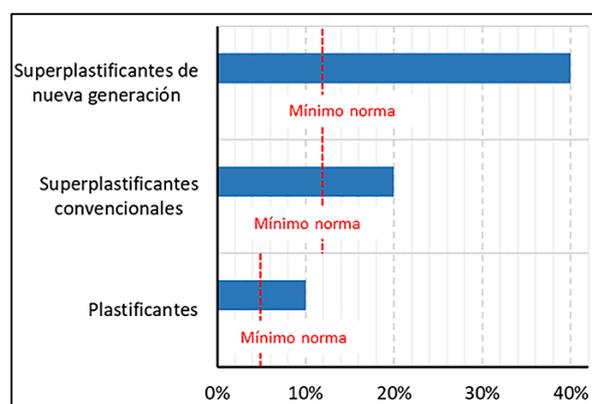
Los aditivos para hormigón son fundamentales en la tecnología moderna del mismo. Los plastificantes y superplastificantes son los productos más comunes y ampliamente utilizados. Estos pueden ser clasificados en las siguientes categorías:

- Lignosulfonatos (Primera Generación)
- Naftaleno Sulfonatos, Melamina Sulfonatos y Copolímeros Vinílicos (Segunda Generación)
- Policarboxilatos (Tercera Generación)

Estos aditivos ayudan a mejorar las características del hormigón, como su trabajabilidad, resistencia y durabilidad, y son esenciales para lograr una calidad adecuada en proyectos de construcción. En la Figura 3 se muestra la capacidad de reducción de agua de los aditivos acorde a la generación a la que pertenecen.

Figura 3.

Capacidad de reducción de agua efectiva de los aditivos en condiciones reales de trabajo.



Nota: Tomado de *MASTER BUILDERS SOLUTIONS*, por Pere Borralleras (2022), (<https://blog.master-builders-solutions.com/es/aditivos-superplastificantes>).

2.6.6.2. Lignosulfonatos (Aditivos de primera generación).

El lignosulfato es un tipo de aditivo plastificante que se utiliza en la producción de hormigones. Surgieron en 1930, y se obtienen a partir de la lignina, un polímero natural de alta masa molecular que, junto con la celulosa, es un ingrediente principal de la madera, y es un subproducto de la producción de pulpa de papel (Gómez Marcolles, 2010, p. 22).

Según Granizo (2018) debido a su alta contaminación ambiental, su uso en la industria del hormigón contribuye significativamente a mejorar el impacto ambiental. Como aditivo plastificante, permite reducciones del agua de amasado en la mezcla de hormigón de hasta máximo 10%, y a diferentes niveles de dosificación puede actuar tanto como reductor del agua de amasado (dosis bajas) y como retardador del fraguado (dosis altas).

2.6.6.3. Naftaleno Sulfonato, Melamina Sulfonato y Copolímeros Vinílicos (Aditivos de segunda generación).

En 1960, con el desarrollo del concreto premezclado, se realizaron investigaciones para desarrollar una nueva generación de aditivos que permitieran reducir significativamente el agua de amasado en las mezclas de concreto. Estos aditivos se conocen como súper plastificantes o aditivos reductores de agua de alto rango. Estos aditivos causaron un gran impacto en la industria del hormigón debido a su capacidad para reducir significativamente la cantidad de agua de amasado en las mezclas de concreto (Gómez Marcolles, 2010, p. 22).

El Naftaleno Sulfonato se obtiene a partir de la destilación en seco del carbón mineral, pero también puede ser obtenido a través de la destilación del petróleo (Granizo, 2018). Estos aditivos fueron normalizados por la ASTM en 1970 y se clasificaron como tipos F y G en la norma de aditivos químicos. Además de reducir el agua de amasado, también tienen propiedades de retardar el fraguado.

Estos aditivos superplastificantes, son capaces de lograr reducciones del agua de amasado del 20% hasta el 25%. Sin embargo, a pesar de proporcionar una

alta trabajabilidad en la mezcla de hormigón, su tiempo de acción es muy corto, aproximadamente 30 minutos, lo que los hace adecuados para la elaboración de prefabricados, pero limitados para la producción de hormigones premezclados (Gómez Marcolles, 2010, p. 23).

La Melamina Sulfonato también pertenece a la segunda generación de aditivos para hormigón, estos salieron a la luz en 1980 y están compuestos por polímeros sintéticos. Su capacidad para reducir el agua de amasado es similar a la del naftaleno, pero presentan resistencias a edades tempranas más altas. Sin embargo, en relaciones bajas de a/c, pueden generar un flujo viscoso. (Granizo, 2018).

Los Copolímeros Vinílicos se encuentran en una segunda generación de aditivos avanzados que surgieron en 1990, son una tecnología exclusiva de Sika. Estos aditivos “tienen moléculas de mayor tamaño que las generaciones anteriores, lo cual genera un mayor efecto plastificante. La dispersión de las partículas de cemento es mucho más efectiva, lo que permite una mayor reducción de agua en el hormigón (alrededor del 30%) y mayor resistencia mecánica” (Granizo, 2018). Son más económicos cuando se comparan con los aditivos tipo carboxilato, que son más costosos. Son ideales para la fabricación de hormigones autocompactantes, ya que garantizan una alta manejabilidad del hormigón.

2.6.6.4. Policarboxilatos (Aditivos de tercera generación).

Los Policarboxilatos son copolímeros sintéticos creados en el año 2000 para satisfacer las necesidades de los usuarios, su proceso de producción es sofisticado y requiere de una industria química avanzada (Gómez Marcolles, 2010, p. 24).

Pueden reducir el agua de amasado en hasta un 40% y proporcionan una mezcla manejable por un período prolongado, altas resistencias mecánicas y durabilidad excepcionales con relaciones de a/c bajas. Estos tipos de aditivos han permitido la creación de hormigones autocompactantes, que han tenido un gran impacto en la industria del hormigón en los últimos años (Granizo, 2018).

2.6.6.5. *Uso de aditivos.*

Son sustancias añadidas al concreto con el objetivo de mejorar sus características y adaptarlo a las necesidades específicas del proyecto. Aunque no siempre es necesario utilizarlos, en ciertas condiciones o tipos de obra, se vuelven necesarios para lograr una mejor calidad y rendimiento del concreto.

Los aditivos para hormigón, normalmente se añaden después de que la mezcla ha sido elaborada o justo en el momento de su elaboración, nunca antes de este proceso. En este contexto, el uso de aditivos para concreto dependerá de que se logre el resultado deseado sin afectar significativamente la proporción básica de cada tipo y así mismo que este no afecte de manera negativa en las otras características del concreto.

Son utilizados para mejorar las propiedades y el rendimiento del mismo en condiciones específicas y ambientes extremos. Esto se logra a través de la mejora de su trabajabilidad, sin reducir la cantidad de agua necesaria en la mezcla, ajuste del tiempo de fraguado y reducción de la segregación o sangrado durante el mezclado, transporte, colocación y curado del concreto (PSI Concreto, 2020). En resumen, los aditivos son utilizados para asegurar la calidad del concreto en todas las etapas de su proceso de fabricación y colocación.

2.6.6.6. *Clasificación de los aditivos*

La normativa ASTM C494/C494M-19 (2019) establece los estándares para evaluar el impacto de los aditivos químicos en las propiedades frescas y endurecidas del concreto, específicamente en términos de demanda de agua, tiempo de fraguado y resistencias mecánicas (a la compresión y flexión) en edades de ensayo de hasta 1 año. Esta normativa se basa en la comparación entre una mezcla de concreto estándar (sin aditivo) y una mezcla modificada con aditivo, ambas contienen la misma cantidad de cemento. La presente especificación establece los requisitos para los materiales utilizados como aditivos químicos en las mezclas de concreto de cemento hidráulico con el fin de lograr los objetivos específicos indicados para los siguientes ocho tipos que se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8.

Requerimientos físicos de los tipos de aditivo químico según la ASTM C494/C494M-19.

Concepto	Tipo A Reductor de agua	Tipo B Retardante	Tipo C Acelerante	Tipo D Reductor de agua y retardante	Tipo E Reductor de agua y acelerante	Tipo F Reductor de agua de alto rango	Tipo G Reductor de agua de alto rango y retardante	Tipo S Comportamiento específico
Contenido de agua máx., % de control	95	---	---	95	95	88	88	---
Tiempo de fraguado inicial, desviación admisible de control, h: min	-1:00 a +1:30 máx.	+1:00 a +3:30 máx.	-1:00 a -3:30 máx.	+1:00 a +3:30 máx.	-1:00 a -3:30 máx.	-1:00 a +1:30 máx.	+1:00 a +3:30 máx.	- 1:00 a +1:30 máx.
Tiempo de fraguado final, desviación admisible de control, h: min	-1:00 a +1:30 máx.	+3:30 máx.	-1:00 min.	+3:30 máx.	-1:00 min.	-1:00 a +1:30 máx.	+3:30 máx.	-1:00 a +1:30 máx.
Resistencia a la compresión, min, % de control ^B								
1 día	---	---	---	---	---	140	125	---
3 días	110	90	125	110	125	125	125	90
7 días	110	90	100	110	110	115	115	90
28 días	110 (120) ^C	90	100	110 (120) ^C	110	110 (120) ^C	110 (120) ^C	90
90 días	(117) ^C	n/a	n/a	(117) ^C	n/a	(117) ^C	(117) ^C	n/a
6 meses	100 (113) ^C	90	90	100 (113) ^C	100	100 (113) ^C	100 (113) ^C	90
1 año	100	90	90	100	100	100	100	90

^A Los valores de la tabla incluyen el margen para la variación normal en los resultados de las pruebas. El objetivo del requisito de resistencia a la compresión del 90 % para un aditivo tipo B y tipo S es exigir un nivel de rendimiento comparable al del hormigón de referencia.

^B La resistencia a la compresión y a la flexión del hormigón que contiene el aditivo bajo ensayo a cualquier edad de ensayo no debe ser inferior al 90 % de la alcanzada en cualquier edad de ensayo anterior. El objetivo de este límite es exigir que la resistencia a la compresión o a la flexión del hormigón que contiene el aditivo bajo ensayo no disminuya con el tiempo.

^C Requisito alternativo. Si se cumplen los requisitos físicos y cualquiera de las resistencias relativas medidas es mayor que el requisito entre paréntesis, la mezcla se considerará calificada provisionalmente hasta que se obtengan los resultados de la prueba de resistencia de 1 año.

Nota: Tipos de aditivos químicos y sus requerimientos físicos, adaptado de la normativa *ASTM C494/C494M-19 (2019, p. 4)*.

2.6.6.7. Definición de los tipos de aditivos.

Tipo A (Aditivo reductor de agua)

Según la ASTM C494/C494M-19 (2019, p. 2), es un aditivo que reduce en un 5% la cantidad de agua de amasado requerida para producir concreto de una consistencia dada, logran una trabajabilidad similar a la mezcla patrón, con un impacto mínimo en el fraguado. Al mismo tiempo, se requiere un aumento mínimo del 10% en la resistencia a edades de 3 a 28 días en comparación con la muestra patrón. A edades de 90 a 1 año, la mezcla debe tener al menos la misma resistencia a la compresión que la muestra patrón. El aumento de resistencia con respecto a la mezcla de control es natural ya que la mezcla con aditivo contiene menos agua, lo que resulta en una menor relación a/c.

Tipo B (Retardante)

Son aditivos que retardan el fraguado del concreto, tienen un efecto principal en el tiempo de fraguado (ASTM C494/C494M-19, 2019, p. 2). Se espera un retraso en el fraguado inicial de al menos 1 hora, pero no más de 3 horas y media. Es importante controlar el retraso en el fraguado para evitar problemas de sangrado y contracción excesiva. Debido al efecto en la hidratación del cemento, se permite una reducción en la resistencia a la compresión hasta un 10% en todas las edades.

Tipo C (Acelerante)

Aditivos que aceleran el fraguado y desarrollo de resistencias a temprana edad de curado del hormigón, se espera un retraso en el fraguado inicial de al menos 1 hora, pero no más de 3 horas y media. Es importante controlar el retraso en el fraguado para evitar problemas de sangrado y contracción excesiva. Debido al efecto en la hidratación del cemento, se permite una reducción en la resistencia a la compresión del concreto hasta un 10% en todas las edades (ASTM C494/C494M-19, 2019, p. 2).

Tipo D (Reductor de agua y retardante)

Estos aditivos disminuyen la cantidad de agua que se requiera en el concreto y son una combinación de aditivos tipo A y tipo B, además este tipo de aditivos retardan el tiempo de fraguado del hormigón (ASTM C494/C494M-19, 2019, p. 2).

Tipo E (Reductor de agua y acelerante)

Son aditivos que reducen la cantidad de agua de amasado requerida para producir concreto de una consistencia dada, acelera el fraguado y el desarrollo de la resistencia inicial del concreto, son una combinación de los aditivos tipo A y tipo C (ASTM C494/C494M-19, 2019, p. 2).

Tipo F (Reductor de agua de alto rango)

Estos aditivos reducen un 12% o más la cantidad de agua de amasado requerida para producir una consistencia determinada en el hormigón, además aumentan la resistencia a la compresión en un 40% en comparación a la muestra patrón (ASTM C494/C494M-19, 2019, p. 2).

Tipo G (Reductor de agua de alto rango y retardante)

De acuerdo a la ASTM C494/C494M-19 (2019), estos aditivos reducen la cantidad de agua de amasado requerida en un 12% o más para producir concretos con una consistencia determinada, además tienen la característica de retardar el fraguado del mismo. En resumen, se puede decir que son la combinación de los aditivos tipo F y tipo B.

Tipo S (Comportamiento específico)

Estos aditivos según la ASTM C494/C494M-19 (2019, p. 2) se encargan de proporcionar características de rendimiento específicas además de reducir el contenido de agua o variar el tiempo de fraguado del concreto, o ambos, sin ningún efecto adverso sobre las propiedades frescas, endurecidas y de durabilidad del

concreto. Además, están diseñados para asegurar que el impacto en las propiedades no sea significativo, los aditivos tipo S deben cumplir con su función específica sin causar efectos secundarios negativos.

2.6.7. Impermeabilizante líquido con base en Lignosulfonatos.

Estos aditivos líquidos con base en lignosulfonatos cuentan con características de acción impermeabilizante y plastificantes para elaborar hormigones altamente impermeables y con una calidad de acabado uniforme y superior, este tipo de aditivos cuentan con las siguientes ventajas y características:

- ✓ “Aumentan la durabilidad del hormigón en contacto con agua” (Sika, 2018, p. 1).
- ✓ “Producen resistencias mayores a igual edad que un hormigón normal, lo que permite un desencofrado más rápido” (Sika, 2018, p. 1).
- ✓ “No varía el tiempo de fraguado” (Sika, 2018, p. 1).
- ✓ “Economía por la alta manejabilidad de la mezcla y aumento de resistencias” (Sika, 2018, p. 1).
- ✓ “Incorpora hasta un 4% de aire con la dosificación normal” (Sika, 2018, p. 1).

Para el desarrollo de este trabajo de investigación se utilizaron 3 tipos de aditivos impermeabilizantes de diferente marca comercial, dentro de la categoría de aditivos tipo S basado en la normativa ASTM C494/C494M-19, se escogieron los aditivos líquidos con base en lignosulfonatos Plastocrete DM bajo la denominación de Solución de Lignosulfonato “A” (Tabla 9) y Agreplastic DM bajo la denominación de Solución de Lignosulfonato “B” (Tabla 10), los datos técnicos de cada uno de estos aditivos reductores de permeabilidad se muestran a continuación:

Tabla 9.*Información técnica de aditivo Plastocrete DM.*

Apariencia color	Líquido color café oscuro
Densidad	1.07 kg/l. aprox.
pH	6
Cumple Norma	ASTM C494 y NTC 1299 como aditivo tipo A y S
Dosificación	0.5 % del peso del cemento de la mezcla
Duración	24 meses en sitio fresco

Nota: Propiedades físicas y químicas, tomado de la *Ficha de Datos de Seguridad* (Sika, 2018, p. 2).

Tabla 10.*Datos Técnicos de aditivo Agreplastic DM.*

Densidad (g/cm³)	1.005 ± 0.005
pH	8 ± 0.5
No contiene cloruros	
Color	Pardo oscuro
Estado	Líquido
Cumple con requerimientos	Norma NTC-3502
Dosificación	0.5 % del peso de saco de cemento
Duración	6 meses en sitio fresco

Nota: Propiedades físicas y químicas, tomado del *Manual Técnico* (AGRECONS S.A, 2018, p. 27).

2.6.8. Impermeabilizante por cristalización Xypex.

La impermeabilización cristalina es un proceso en el que los ingredientes activos de un producto cristalino reaccionan con la cal libre y la humedad del hormigón para formar cristales dentro del sistema capilar del hormigón. Este proceso llena eficazmente cualquier microfisura, poro y capilaridad dentro del hormigón con una formación cristalina insoluble que evita la entrada de agua y

productos químicos a base de agua, incluso bajo alta presión hidrostática (Bornand Araya, 2012).

En otras palabras, la tecnología cristalina es autosellante porque el propio hormigón se convierte en una barrera contra el agua. Los productos de impermeabilización cristalinos están disponibles en dos métodos de aplicación: se pueden aplicar mediante aplicación superficial o añadiéndolos al concreto, como un aditivo.

El aditivo Xypex Admix C-2000 es un polvo de color gris que se compone de cemento Portland, arenas microsílicas y aditivos químicos especiales, sus propiedades físicas y químicas se muestran en la Tabla 11, estos compuestos reaccionan en el momento de la hidratación del cemento produciéndose una reacción catalítica en el que se forman cristales no solubles en los poros y capilares, evitando así la penetración del agua y el ingreso de cualquier otro tipo de líquido, cuenta con los siguientes beneficios:

- ✓ Aumento de la resistencia química (Aditec, 2015, p. 2).
- ✓ Incremento de la impermeabilidad, resistente a presiones hidrostáticas severas (Aditec, 2015, p. 2).
- ✓ Forma parte integral en el hormigón.
- ✓ Sella capilares de hasta 0.4 mm (Aditec, 2015, p. 2).
- ✓ Resiste temperaturas extremas (Aditec, 2015, p. 2).
- ✓ No requiere de otros tratamientos posteriores para proteger el hormigón (Aditec, 2015, p. 2).
- ✓ Su efecto es permanente, no se degrada (Aditec, 2015, p. 2).
- ✓ Retarda el fragüe inicial otorgando mayor maniobrabilidad en el momento de colado (Aditec, 2015, p. 2).
- ✓ Baja el calor de hidratación en estructuras de hormigón masivo (Aditec, 2015, p. 2).
- ✓ Permite la ventilación del hormigón (Aditec, 2015, p. 2).

Tabla 11.

Datos técnicos de aditivo Xypex Admix C-2000.

Densidad (g/cm³)	1.131
Estado físico	Polvo
Apariencia y color	Diferentes tonos
Temperatura de fusión	1000 °C
Solubilidad en agua	0.1 a 1.0%
Olor	No tiene olor distinguible
pH	10
Dosificación	2% a 3% del peso del cemento
Duración	1 año en sitio fresco

Nota: Propiedades físicas y químicas, tomado de la *Hoja de seguridad de Admix C-2000 (Aditec, 2015, p. 2)*.

2.7. DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO ACI

El diseño de mezclas de concreto es un proceso crítico para garantizar la calidad y la seguridad de las estructuras de concreto. El método ACI (American Concrete Institute) es un enfoque estándar para este proceso que incluye una serie de pasos para asegurar que la mezcla de concreto cumpla con los requisitos de resistencia, durabilidad y otras características específicas del proyecto. A continuación, se describen los pasos clave del método ACI para el diseño de mezclas de concreto.

- ✓ Determinación de los requisitos de diseño: establecer los requisitos de resistencia, durabilidad y otras características específicas del proyecto.
- ✓ Selección de los materiales: elegir los tipos y proporciones adecuadas de cemento, agua, agregados y aditivos.
- ✓ Pruebas de los materiales: realizar ensayos en los materiales para determinar sus características físicas y químicas.
- ✓ Determinación de la relación agua-cemento: calcular la proporción óptima de agua y cemento para alcanzar la resistencia y la trabajabilidad deseadas.

- ✓ Determinación de las proporciones de agregados: calcular las proporciones adecuadas de arena y grava para obtener la densidad y la consistencia adecuadas.
- ✓ Evaluación de la mezcla: realizar pruebas en la mezcla para determinar su trabajabilidad, tiempo de fraguado y resistencia a compresión.
- ✓ Ajuste de la mezcla: ajustar las proporciones de los materiales según sea necesario hasta alcanzar los requisitos de diseño.
- ✓ Verificación de la mezcla: realizar pruebas adicionales para asegurarse de que la mezcla cumple con los requisitos de diseño.

2.7.1. Secuencia de diseño Método ACI 211.1.

- a. Se selecciona la resistencia promedio (f'_{cr}) la cual se basa en la resistencia a la compresión especificada y la desviación típica (Tabla 12), si no se conoce este valor, se utilizará la tabla para determinar dicha resistencia tal como se muestra en la Tabla 14.

Tabla 12.

Requisitos de resistencia a compresión cuando se disponen de datos históricos de producción.

Resistencia especificada f'_c (MPa)	Resistencia media requerida f'_{cr} (MPa)
$f'_c \leq 35$	Usar el mayor valor obtenido de las 2 ecuaciones: $f'_{cr} = f'_c + 1.34 s_s$ $f'_{cr} = f'_c + 2.33 s_s - 3.5$
$f'_c > 35$	Usar el mayor valor obtenido de las 2 ecuaciones: $f'_{cr} = f'_c + 1.34 s_s$ $f'_{cr} = 0.90 f'_c + 2.33 s_s$

Nota: Especificación de resistencia requerida mediante pruebas. Tomado de la *Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC (2015, p. 31)*.

Donde:

f'_c Resistencia especificada a la compresión del Hormigón (MPa)

f'_{cr} Resistencia media requerida (MPa)

s_s Desviación estándar de la muestra (MPa)

El valor s_s se determinará conforme a normativa la ACI 318 sección 5.3.1, estos valores se exponen en la Tabla 13.

Tabla 13.

Corrección para datos estadísticos menores a 30 ensayos.

Números de ensayos	Factor de corrección para la desviación estándar s_s de la muestra
Menos de 15	N.A.
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30 o mas	1.00

Nota: Factores de corrección para la desviación estándar. Tomado de la *Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC (2015, p. 32)*.

En caso no se disponga de información estadística de ensayos, se utilizará la Tabla 14 para la determinación de la resistencia promedio requerida.

Tabla 14.

Requisitos de resistencia a la compresión cuando no se disponen de datos estadísticos.

Resistencia especificada f'_c (MPa)	Resistencia media requerida f'_{cr} (MPa)
< 21	$f'_c + 7.0$
$21 \leq f'_c \leq 35$	$f'_c + 8.5$
> 35	$1.10f'_c + 5.0$

Nota: Especificación de resistencia requerida cuando no se conoce la desviación estándar. Tomado de la *Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC (2015, p. 32)*.

- b.* Elección del asentamiento (Slump) de acuerdo al tipo de obra que se requiera y que tenga una consistencia determinada, este asentamiento se elige en la Tabla 15.

Tabla 15.

Revenimientos recomendados para diversos tipos de construcción.

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

Nota: Pueden incrementarse en 2.5 cm cuando los métodos de compactación no sean mediante vibrado. Tomado de la *Norma ACI 211.1-91R09 (2002, p. 7)*.

- c.* Elección del tamaño máximo nominal del agregado con el que se realizara el diseño de mezcla de concreto. Generalmente, el tamaño máximo nominal del agregado debe ser el adecuado, estar económicamente disponible y consistente con las dimensiones de la estructura.
- d.* Estimación del contenido de agua y aire de la mezcla. La cantidad de agua por unidad de volumen de concreto requerida para producir un revenimiento dado depende de: el tamaño máximo nominal, la forma de las partículas y la granulometría de los agregados, la temperatura del concreto, la cantidad de aire incorporado y el uso de aditivos químicos. La cantidad de agua y contenido de aire para el revenimiento de los diferentes tamaños máximos de agregados se presentan en la Tabla 16.

Tabla 16.

Requisitos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes revenimientos y tamaños máximos de agregados.

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

Nota: Agua del hormigón para tamaños máximos nominales de áridos indicados.

Adaptado de la *Norma ACI 211.1-91R09 (2002, p. 8)*.

- e. Selección de la relación agua-cemento (a/c) requerido, está determinado no solo por los requisitos de resistencia, sino también por factores como la durabilidad. La Tabla 17 muestra los valores de a/c para producir las resistencias que se muestran, en base a pruebas de 28 días de especímenes curados bajo condiciones estándar de laboratorio.

Tabla 17.

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

Resistencia a la compresión a los 28 días (kg/cm²)	Relación agua/cemento (a partir del peso)	
	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: Relación a/c y la resistencia a la compresión del hormigón. Tomado de la *Norma ACI 211.1-91R09 (2002, p. 9)*.

- f.* Determinación del factor cemento. La cantidad de cemento por unidad de volumen de concreto se fija mediante las determinaciones realizadas en los pasos anteriores. El cemento requerido es igual al agua de mezcla estimada dividido por la relación a/c.
- g.* Estimación del contenido de árido grueso. Los agregados del mismo tamaño máximo nominal y granulometría producirán concreto de trabajabilidad satisfactoria cuando se use un volumen dado de agregado grueso. Los valores apropiados para este volumen de agregado se dan en la Tabla 18. Se puede ver que, para igual trabajabilidad, el volumen de agregado grueso en una unidad de volumen de concreto depende solo de su tamaño máximo nominal y del módulo de finura del agregado fino.

Tabla 18.

Volumen de agregado grueso (m³) por volumen unitario de concreto.

Tamaño máximo nominal del agregado grueso (mm)	Módulo de finura de la arena			
	2.40	2.60	2.80	3.00
9.50	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5	0.59	0.57	0.55	0.53
19	0.66	0.64	0.62	0.60
25	0.71	0.69	0.67	0.65
37.5	0.75	0.73	0.71	0.69
50	0.78	0.76	0.74	0.72
75	0.82	0.80	0.78	0.76
150	0.87	0.85	0.83	0.81

Nota: Volumen de agregado grueso para diferentes módulos de finura de agregado fino. Tomado de la *Norma ACI 211.1-91R09 (2002, p. 12)*.

2.8. PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO

2.8.1. Trabajabilidad.

Se denomina trabajabilidad del concreto a la capacidad de manipular, colocar el concreto y compactarlo sin segregación ni exudación. La trabajabilidad del concreto depende de la calidad del material, la mezcla adecuada y la relación

a/c. Podemos medir la trabajabilidad del hormigón mediante la prueba de asentamiento.

2.8.2. Consistencia.

La consistencia es una de las propiedades más importantes del concreto en estado fresco, ya que determina su facilidad de manipulación y moldeo, se refiere a la cohesión y consistencia del material, es decir, su capacidad para mantener su forma y no desintegrarse o separarse. La consistencia adecuada permite trabajar con eficiencia y garantiza una buena calidad final del producto, la cantidad de agua en la mezcla puede ajustarse para modificar la consistencia del concreto.

2.8.3. Sangrado.

Se conoce como sangrado al agua que sale a la superficie sobre el hormigón recién puesto durante la compactación. El sangrado del concreto ocurre debido a la compactación excesiva o a una relación a/c demasiado alta en la mezcla de concreto, esto crea los poros en el hormigón y lo debilita. La calidad del material, la relación a/c y una adecuada compactación evitarán el sangrado.

2.8.4. Segregación.

Se denomina segregación a la separación de los agregados del concreto fresco, que resulta en falta de uniformidad, debido a la actividad de segregación, se pueden formar panales de hormigón y disminuir la resistencia del mismo.

2.9. PROPIEDADES DEL CONCRETO ENDURECIDO

2.9.1. Resistencia.

La resistencia del hormigón no es más que la capacidad de resistencia del hormigón para soportar la carga de compresión después de que se ha endurecido, la resistencia del hormigón aumentará gradualmente desde el primer día y alcanzará

su máxima resistencia el día 28. De acuerdo con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC (2015), “el hormigón debe cumplir con los requisitos para condiciones de exposición ambiental y satisfacer los requisitos de resistencia estructural” (p. 31). A continuación, se muestran los valores de resistencia especificada a la compresión:

- Valor mínimo para el hormigón normal: $f'_c = 21$ MPa
- Valor máximo para elementos de hormigón liviano: $f'_c = 35$ MPa.

2.9.2. Durabilidad.

La durabilidad del hormigón es la capacidad de resistencia frente a condiciones ambientales como la intemperie, ataque químico y corrosión. Por lo general, el hormigón tiene una alta durabilidad, pero a veces el acero puede corroerse si el concreto es poroso y da paso al agrietamiento del concreto. Es mejor asegurarse de que estamos utilizando una mezcla adecuada y una compactación suficiente para mejorar la durabilidad.

2.9.3. Permeabilidad.

La permeabilidad del concreto se refiere a su capacidad de permitir el flujo de fluidos a través de sus poros, un concreto de baja permeabilidad es deseable porque ayuda a prevenir la penetración de agua y otros contaminantes, lo que aumenta la durabilidad y resistencia a la corrosión del acero de refuerzo. La permeabilidad se puede controlar a través de la selección adecuada de materiales, la relación a/c, compactación y curación.

2.10. ENSAYO DE PROFUNDIDAD DE PENETRACIÓN DE AGUA BAJO PRESIÓN (NORMA ESPAÑOLA UNE-EN-12390-8).

El ensayo de profundidad de penetración de agua bajo presión es un método utilizado para medir la resistencia a la penetración de agua en hormigones

endurecidos y que han sido curados en agua durante 28 días mínimo. En este ensayo, se aplica una presión hidrostática controlada a un material poroso para medir la profundidad a la que el agua penetra en el material. Este ensayo es útil para determinar la permeabilidad y la resistencia al agua de los materiales, y para tomar decisiones informadas en proyectos de construcción e ingeniería.

La investigación realizada se basa en Norma Española UNE-EN 12390-8 (2019) elaborada por el Comité Técnico CEN/TC 104, que especifica un método para poder determinar la profundidad de penetración de agua bajo presión en hormigones endurecidos que han sido curados en agua. A continuación, se detalla el procedimiento para la realización del ensayo.

2.10.1. Preparación de la probeta de ensayo

Según la Norma Española UNE-EN 12390-8 (2019) “Inmediatamente después de desmoldar la probeta, se desbasta la superficie de la cara de la probeta que va a estar expuesta a la presión de agua, con un cepillo de púas metálicas” (p. 7).

2.10.2. Aplicación de agua a presión.

“El ensayo se realizará cuando las probetas tengan al menos 28 días de curado. No se debe aplicar el agua a presión a la cara de acabado de la probeta. La probeta se colocará en el equipo de ensayo y se someterá a una presión de (500 ± 50) kPa durante un período de (72 ± 2) horas. Durante el ensayo, se inspeccionará periódicamente las superficies de las probetas que no estarán expuestas a la presión del agua para verificar la presencia de filtraciones. En caso de encontrar filtraciones, se evaluará la validez de los resultados y se registrará en el informe.” (Norma Española UNE-EN 12390-8, 2019, p. 7).

2.10.3. Examinación de la probeta.

“Después de someter la probeta a la presión durante el tiempo establecido, se retira del equipo de ensayo. La superficie expuesta a la presión del agua se limpia

para remover el exceso de agua. La probeta se rompe en dos partes, perpendicular a la superficie de ensayo. La cara de la probeta expuesta a la presión del agua se ubica en el fondo durante la inspección y la medición. Cuando la cara partida se ha secado adecuadamente y se puede ver claramente la extensión del frente de penetración de agua, se marca dicha extensión. La profundidad máxima de penetración se mide debajo de la superficie de ensayo y se redondea al milímetro más cercano.” (Norma Española UNE-EN 12390-8, 2019, p. 7).

2.10.4. Resultados del ensayo.

Como resultado de este ensayo, se obtiene la profundidad máxima de penetración de agua en la probeta el cual se redondea al mm más cercano, posteriormente estos datos se anotan en el informe final del ensayo.

2.10.5. Informe del ensayo.

El informe de acuerdo a lo que establece la Norma Española UNE-EN 12390-8 (2019) debe incluir lo siguiente:

- a)* Identificación de la probeta de ensayo;
- b)* Fecha y hora de realización del ensayo;
- c)* Descripción de la probeta;
- d)* Dirección de aplicación del agua a presión con relación a la dirección de hormigonado;
- e)* Profundidad de penetración máxima, en milímetros;
- f)* Cualquier filtración y consideración sobre la validez de los resultados, (si procede);
- g)* Cualquier desviación respecto al método de ensayo normalizado;
- h)* Una declaración de la persona técnicamente responsable de la realización del ensayo de que este fue realizado de acuerdo con esta norma, excepto lo anotado en el punto (g).

CAPITULO III: METODOLOGÍA

Dentro del presente capítulo se explicará el diseño experimental de la mezcla de hormigón para obtener las probetas destinadas a ensayar, utilizando tres tipos de cementos comerciales de uso general GU y la inclusión de aditivos Tipo S reductores de permeabilidad, dos aditivos con solución de lignosulfonatos y un aditivo impermeabilizante por cristalización con la finalidad de obtener una resistencia a la compresión de 240 kg/cm². Dentro del capítulo se describirán las caracterizaciones de los materiales empleados en la elaboración de los testigos de hormigón, además de los ensayos realizados para la fabricación de los cilindros de hormigón y a su vez la descripción de los ensayos físicos y mecánicos ejecutados a los testigos cilíndricos en su estado fresco y endurecido, a las edades de 7, 14, 21 y 28 días de curado.

También se explicará la elaboración del equipo de ensayo de la NORMA ESPAÑOLA UNE-EN 12390-8 que nos ayudará a obtener los parámetros de penetración del fluido sometido a presión constante durante tres días a cada testigo de hormigón a las edades de 28 días de curado.

3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. Tipo.

El presente trabajo es de tipo experimental debido a que al emplear tres variantes de los cementos convencionales se podrá establecer cuál de los tres tipos de cemento de uso general GU presenta mejores características al momento de agregar aditivos a la mezcla de hormigón, tanto para los parámetros de resistencia y permeabilidad establecidos, además describiremos el uso de los aditivos reductores de permeabilidad y las características en la composición de cada de cemento centrándonos en su granulometría y a su vez determinar su aplicación en las obras civiles que requieran obtener dichas propiedades.

3.1.2. Nivel.

El nivel que presenta el siguiente trabajo es de carácter descriptivo, debido a que no se conoce de manera acertada cuál sería la mejor combinación entre los cementos comerciales de uso general GU y los aditivos reductores de permeabilidad, que permitan obtener un comportamiento adecuado ante la presencia de fluidos en una de las caras de los cilindros ensayados al momento de llegar al endurecimiento pasado los 28 días de curado, puesto que es un parámetro que regularmente es ignorado en los diseños actuales.

3.2. MÉTODO, ENFOQUE Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.2.1. Método.

El presente trabajo emplea el método hipotético deductivo, puesto que nos basamos en suposiciones que derivan en hipótesis comprobables que mediante la recopilación y el respectivo análisis de los resultados se puede tomar como una teoría aceptable o refutar dicha teoría.

3.2.2. Enfoque.

El enfoque de esta investigación es cuantitativo ya que se utilizará la recolección de datos como recurso investigativo, además de dar respuestas a las preguntas de investigación y a su vez probar las hipótesis planteadas mediante la interpretación de los datos obtenidos.

3.2.3. Diseño.

El diseño que se utilizará es de carácter experimental debido a que el objetivo principal es verificar de forma cuantitativa la eventualidad que tiene una variable con relación a otra al momento de ser manipulada dicha variable por el investigador y así controlar los efectos que se presenten en la variable dependiente.

a. Diseño experimental. El diseño experimental se realizó de forma gradual, inicialmente con los diseños patrón de los tres cementos comerciales tipo GU, luego se agregó un aditivo reductor de permeabilidad similar para las tres variantes de cemento, el aditivo 1 (aditivo con solución de lignosulfonato “A”), el aditivo 2 (aditivo con solución de lignosulfonato “B”) y el aditivo 3 (aditivo impermeabilizante por cristalización). Las dosificaciones de dichos aditivos se realizaron en función del peso del cemento con la finalidad de obtener una mezcla de hormigón de uso general que obtenga una mejora en sus propiedades mecánicas, tomando como eje principal la reducción de la permeabilidad de un diseño patrón agregando un aditivo reductor de permeabilidad.

Se elaboraron 120 cilindros de hormigón tal como se muestra en la Tabla 19, diseñados con una resistencia de 240 kg/cm², y con tres diferentes cementos de uso general tipo GU, cemento Atenas denominado “ATS”, cemento Holcim denominado “HLCM” y cemento Chimborazo bajo la denominación “CHMB”, para ensayar a compresión, permeabilidad y tracción indirecta.

Tabla 19.

Número de cilindros de hormigón elaborados.

Mezclas de hormigón	Cemento “ATS”	Cemento “HLCM”	Cemento “CHMB”
Hormigón Patrón	10	10	10
H. Patrón + 0.5% Solución de Lignosulfonato “A”	10	10	10
H. Patrón + 0.5% Solución de Lignosulfonato “B”	10	10	10
Hormigón Patrón + 2.5% aditivo impermeabilizante por cristalización	10	10	10

Nota: Elaboración propia de los autores.

b. Metodología del diseño.

- Elección de los agregados gruesos y finos a utilizar en los testigos de hormigón.

- Ensayos a los agregados gruesos y finos: peso volumétrico, granulometría, porcentaje de absorción y contenido de humedad.
- Elaboración de la mezcla de hormigón según su dosificación empleando la normativa ACI PRC-211.1-91, agregando los aditivos en relación al peso del cemento.
- Evaluación de las propiedades del concreto empleando los siguientes ensayos:
 - Revenimiento con el cono de Abrams (NTE INEN 1578).
 - Resistencia a la compresión a los 7, 14, 21 y 28 días (NTE INEN 1573).
 - Profundidad de penetración de agua bajo presión a los 28 días (UNE-EN 12390-8).
 - Resistencia a tracción por compresión diametral (NTE INEN 2648).

3.3. METODOLOGÍA DEL O. E1: CARACTERIZAR LOS MATERIALES QUE SE EMPLEARÁN MEDIANTE ENSAYOS NORMADOS PARA EL CEMENTO HIDRÁULICO, AGREGADO GRUESO (CALIZA), AGREGADO FINO (ARENA NEGRA).

Para caracterizar los materiales de forma correcta es necesario realizar una serie de ensayos normados, los cuales se especifican a continuación:

- ✓ *“Determinación del peso volumétrico (masa unitaria) en condición suelta y compactada” (NTE INEN 858).*
- ✓ *“Determinación de la densidad saturada superficialmente seca y % absorción del agregado grueso” (NTE INEN 857).*

- ✓ *“Determinación de la densidad saturada superficialmente seca y % absorción del agregado fino” (NTE INEN 856).*
- ✓ *“Determinación del contenido de humedad (%) de los agregados” (NTE INEN 862).*
- ✓ *“Análisis granulométrico” (NTE INEN 696).*

3.4. METODOLOGÍA DEL O. E2: DISEÑAR UNA MEZCLA DE HORMIGÓN DE BAJA PERMEABILIDAD QUE ALCANCE UNA RESISTENCIA F’C 240 kg/cm² A LOS 28 DÍAS CON LA INCLUSIÓN DE ADITIVO TIPO S REDUCTORES DE PERMEABILIDAD.

El método para diseñar una mezcla de hormigón de baja permeabilidad debe ser ejecutado empleando los lineamientos del método ACI PRC 211.1-91, puesto que para alcanzar un buen desempeño se debe seleccionar de manera meticulosa los agregados a emplear. Para el presente trabajo utilizamos la muestra del agregado grueso #6 (con un tamaño máximo nominal de 3/4’’ (19,05 mm)) proveniente de la cantera Calizas Huayco S.A de la ciudad de Guayaquil, y el agregado fino correspondiente a la extracción realizada de la Cantera Villingota en la parroquia Chanduy, de la provincia de Santa Elena.

Además, los materiales a emplearse deberán ser ensayados de acuerdo a los requerimientos establecidos por la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN, para su utilización en los diseños de mezclas de hormigón empleados en este trabajo de investigación.

3.5. METODOLOGÍA DEL O. E3: EVALUAR LA PERMEABILIDAD DEL HORMIGÓN, APLICANDO EL ENSAYO NORMALIZADO DE PERMEABILIDAD DE ACUERDO A LA NORMA ESPAÑOLA UNE-EN 12390-8.8.

Para la evaluación de la permeabilidad en el hormigón se fabricara el equipo para ensayos de penetración de agua bajo presión aplicando la Norma Española UNE-12390-8, que denota que los resultados se obtendrán al aplicar una presión constante de agua durante un periodo de 3 días y monitoreo continuo para verificar algún comportamiento inadecuado en el ensayo, luego se rompe la probeta en dos mitades mediante el ensayo de tracción indirecta, lo que nos permitirá medir que tanta profundidad de penetración obtuvo la probeta. Para su fabricación tenemos los siguientes puntos que establece la norma:

- ✓ El equipo de ensayo puede ser fabricado de cualquier material que permita situar a la probeta de tal manera que la presión de agua se mantenga constante sobre la cara expuesta del cilindro de hormigón.
- ✓ Se recomienda al fabricante tener una visión libre de las demás caras ensayadas de la probeta, además es opcional escoger qué cara será expuesta a la presión constante del agua.
- ✓ Es importante conocer que la cara elegida para el ensayo será aproximadamente la mitad de la cara en total de la probeta.

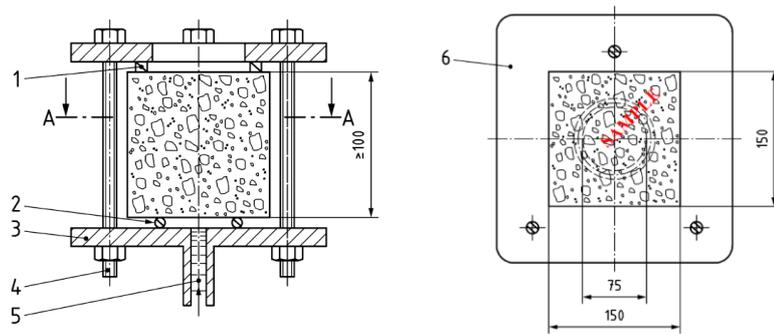
Para iniciar el ensayo de penetración de agua bajo presión la probeta debe tener una edad de al menos 28 días de curado o superior, se selecciona una de las caras de la probeta y se desbasta con un cepillo metálico, luego procedemos a colocar los cilindros en el equipo para ensayos de permeabilidad y se les aplica una presión de $(500 \pm 50 \text{ kPa} = 72,51 \text{ PSI} = 5 \pm 0,5 \text{ bar})$ durante un periodo de tres días.

Culminando los 3 días de ensayo de permeabilidad en las probetas, se obtienen los resultados que será la profundidad máxima de agua que ha penetrado en los cilindros y se podrá determinar si el hormigón cumple con los requisitos

establecidos por la norma UNE-EN 12390-8 para calificarlo como hormigón impermeable. En la Figura 4 se muestra un ejemplo para la fabricación del dispositivo para ensayos de permeabilidad.

Figura 4.

Ejemplo de dispositivo de ensayo.



Nota: Tomado de la Norma Española UNE-EN 12390-8 (2019, p. 6),

3.6. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO

3.6.1. Población.

Para el presente trabajo de investigación seleccionamos los materiales obtenidos de la cantera Calizas Huayco S.A. de la ciudad de Guayaquil y de la Cantera Villingota en la parroquia Chanduy, de la provincia de Santa Elena.

3.6.2. Muestra.

Dentro del presente trabajo de investigación se ha seleccionado la muestra de agregado grueso #6 (con un Tamaño Máximo Nominal de ¾" (19 mm)) originario de la cantera Calizas Huayco S.A. de la ciudad de Guayaquil y el agregado fino procedente de la Cantera Villingota.

3.6.3. Muestreo.

Dentro de la presente investigación se empleará la técnica del muestreo para encontrar las muestras representativas basadas en criterios y fórmulas aplicadas durante la realización del trabajo de investigación.

3.7. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

En la Tabla 20 se muestra la operacionalización de las variables dependientes e independientes utilizados en este trabajo de investigación.

Tabla 20.

Operacionalización de variables.

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
Variable Dependiente					
Permeabilidad de hormigones f'c 240 kg/cm ²	Propiedad del hormigón endurecido que permite o impide el paso de líquidos a través de él por los poros.	Medición de la profundidad máxima de agua a presión que alcanza en una muestra de hormigón de f'c 240 kg/cm ² elaborado con la inclusión de aditivos Tipo S reductores de permeabilidad durante un período de tiempo específico, determinado mediante la Norma Española UNE-EN 12390-8.	Hormigón en estado endurecido.	Profundidad de penetración de agua bajo presión.	mm
Resistencia a la compresión en hormigones f'c 240 kg/cm ²	Capacidad del hormigón para soportar cargas compresivas sin fallar.	Medición de la fuerza necesaria para producir la fractura en una muestra de hormigón a las edades de 7, 14, 21 y 28 días, mediante ensayos aplicando los requerimientos establecidos por la Norma Ecuatoriana NTE INEN 1573.	Resistencia a la compresión del hormigón.	Fuerza máxima aplicada Carga máxima soportada antes de la fractura.	kN Kg/cm ²

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
Variable Independiente					
Diseño de hormigón con cementos tipo GU “ATS”, “HLCM”, “CHMB”, agregado grueso de la cantera Calizas Huayco, agregado fino de la cantera Villingota y la inclusión de aditivos Tipo S reductores de permeabilidad	El diseño de mezclas de concreto es un proceso crítico para garantizar la calidad y la seguridad de las estructuras de concreto. El método ACI (American Concrete Institute) es un enfoque estándar para este proceso que incluye una serie de pasos para asegurar que la mezcla de concreto cumpla con los requisitos de resistencia, durabilidad y otras características específicas del proyecto.	Se analizará el comportamiento de los hormigones de baja permeabilidad elaborados con diferente cemento Tipo Gu y la inclusión de aditivos Tipo S, se emplearán los lineamientos de diseño de mezcla de concreto por el método ACI 211.1.	Tipo de cemento Gu	Cemento “ATS” Cemento “HLCM” Cemento “CHMB”	kg kg kg
			Tipo de aditivo	Solución de lignosulfonato “A” Solución de lignosulfonato “B” Aditivo impermeabilizante por cristalización	kg kg kg
Porcentaje de aditivo tipo S utilizado en el diseño de mezcla de los hormigones de baja permeabilidad f'c 240 kg/cm ²	Los aditivos Tipo S según la ASTM C494/C494M-19 se encargan de proporcionar características de rendimiento específicas además de reducir el contenido de agua o variar el tiempo de fraguado del concreto, o ambos, sin ningún efecto adverso sobre las propiedades frescas, endurecidas y de durabilidad del concreto.	Determinación del peso de aditivo tipo S utilizado en la mezcla del hormigón con respecto al peso total del cemento y porcentaje establecido por las especificaciones técnicas del aditivo.	Cantidad de Aditivo Tipo S	Solución de lignosulfonato Aditivo impermeabilizante por cristalización	% %

3.8. EJECUCIÓN, ELABORACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LAS MATERIAS PRIMAS

3.8.1. Agregados gruesos y finos.

Para la elaboración de las probetas de hormigón los agregados empleados fueron de dos tipos; el agregado #6 (con un Tamaño Máximo Nominal de $\frac{3}{4}$ " (19 mm)) originario de la cantera Calizas Huayco S.A de la ciudad de Guayaquil y de la comuna Villingota. Los ensayos realizados a los agregados grueso y fino son:

- Determinación de la masa unitaria (peso volumétrico) en condición suelta o compactada (NTE INEN 858).
- Determinación de la absorción y densidad de los agregados gruesos (NTE INEN 857) y los agregados finos (NTE INEN 856).
- Determinación del contenido de humedad total (NTE INEN 862).
- Análisis granulométrico (NTE INEN 696).

a) Determinación de la masa unitaria suelta y compactada (NTE INEN 858).

El siguiente método tiene una recurrencia frecuente para determinar la masa unitaria de un árido, el peso volumétrico se puede obtener de manera suelta o compactada, además de proporcionar en sus resultados la determinación de los vacíos entre partículas dentro de los agregados gruesos, finos e incluso en una combinación de ambos (mezcla).

Es necesario contar con determinados equipos para realizar el ensayo para la determinación de masa unitaria, siguiendo el procedimiento detallado en la Norma NTE INEN 858 y que se muestran continuación:

- **Balanza:** Que tenga una precisión de 0,1% de la carga de ensayo en cualquier punto dentro del rango de uso, con graduaciones de al menos 0,05 kg. Se debe considerar que el rango de uso de la balanza se extiende desde la masa del molde vacío, hasta la masa del molde con contenido el cual se considera posee una masa unitaria de 1.920 kg/m³.

- **Varilla de compactación:** Debe ser una varilla de acceso lisa y recta de 16 mm de diámetro y tener una longitud de aproximadamente 600 mm, teniendo el extremo de compactación o de los extremos redondeados con punta semiesférica, cuyo diámetro debe de ser de 16 mm.

- **Molde:** Un recipiente de metal con forma cilíndrica, preferiblemente provisto de asas para agarre. Impermeable, con la parte superior y el fondo, rectos y uniformes. Debe ser lo suficientemente rígido para mantener su forma bajo condiciones de uso agresivas. El molde debe tener una altura aproximada o igual a su diámetro, pero en ningún caso la altura debe ser menor al 80% ni superior al 150% del diámetro.

- **Pala o cucharón:** Con tamaño conveniente para llenar el molde con el árido.

- **Preparación de la muestra de ensayo:** La cantidad de la muestra abarca aproximadamente 125% a 200% respecto a la cantidad necesaria para llenar el molde y debe ser manipulada de tal manera que se evita la segregación. Se procede a secar la muestra del árido grueso hasta obtener una masa constante, de preferencia en un horno con la capacidad adecuada, que este graduado y la temperatura se mantenga constante a 110 °C ± 5 °C.

- **Procedimiento por paladas:**
 1. Para la masa unitaria suelta se debe llenar el molde hasta rebosar con la ayuda de una pala o cucharón, colocar el árido desde una altura no

mayor a 50 mm por encima del molde. Tener cuidado para prevenir la segregación de las partículas que componen la muestra. Enrasar la superficie del árido con los dedos o con ayuda una regla, de tal manera que las partículas grandes del árido grueso equilibren los vacíos mayores en la superficie que están por debajo de la parte superior del molde.

2. Determinar la masa del molde, así como también la masa del molde con su contenido. Registrar los valores obtenidos con una aproximación de 0,05 kg.

- **Procedimiento por varillado**

1. Se llena la tercera parte del molde y se nivela la superficie con los dedos. Se compacta la capa, con 25 golpes de la varilla de compactación, los golpes deben ser distribuidos de manera uniformemente sobre la superficie. A continuación, se llenan los dos tercios del molde, y nuevamente se nivela y compacta de la forma indicada en el paso anterior. Se llena el molde a rebosar y se compacta nuevamente. Se nivela la superficie del árido con los dedos o con la ayuda de una regla, de tal manera que cualquier ligera proyección de las partículas grandes del árido grueso, equilibren los vacíos mayores en la superficie que están por debajo de la parte superior del molde.

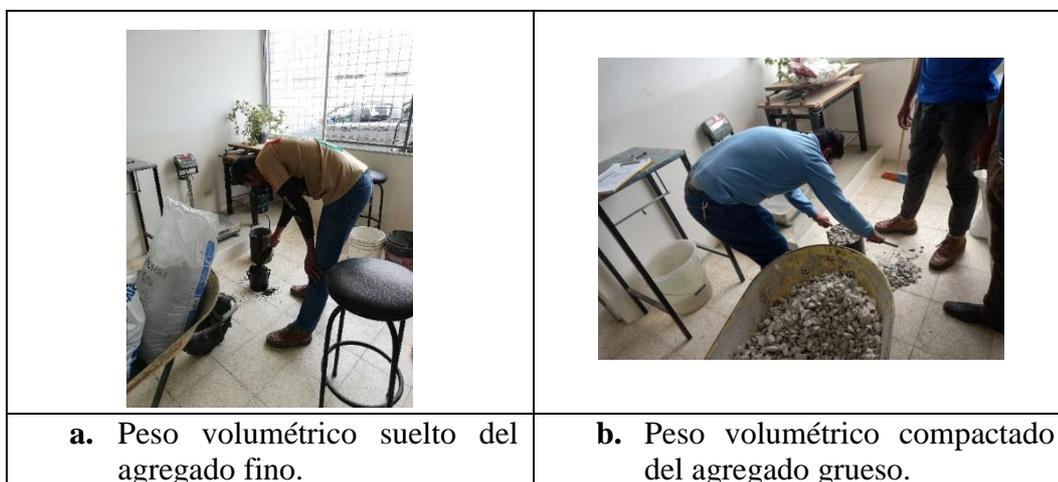
2. En la compactación de la primera capa, no golpear la varilla fuertemente con el fondo del molde. La compactación de la segunda y tercera capa debe ser cuidadosa evitando que la varilla de compactación penetre la capa del árido.

3. Determinar el molde, así como también la masa del molde más su contenido. Se registran los valores obtenidos con una aproximación de 0,05 kg.

En la Figura 5 se muestra el proceso para la determinación del peso volumétrico de los agregados.

Figura 5.

Proceso para determinar la masa unitaria de los agregados.



b) Análisis granulométrico (NTE INEN 696).

El presente análisis cumple con el propósito de proporcionar las distribuciones granulométricas de las partículas de cualquier material árido, ya sea un material grueso o fino y que es realizado por el método del tamizado para ser empleados en las mezclas de hormigón.

El análisis granulométrico en su normativa consta de una lista de los equipos y pasos a seguir para un adecuado análisis del material ensayado, a continuación, se redactarán dichos equipos y pasos según las especificaciones NTE INEN 696:

- **Balanzas:** Las balanzas a utilizar en el ensayo del árido fino y árido grueso deben tener una exactitud y legibilidad tal como se indica a continuación:
 - Para el árido fino, tiene que ser legible hasta 0,1 g y poseer una precisión de 0,1 g o el 0,1 % de la carga de ensayo, el que sea mayor, en cualquier punto, dentro del rango de uso.

- Para el árido grueso o para mezclas de áridos finos y gruesos, tiene que ser legible y poseer una precisión de 0,5 g o 0,1 % de la carga del ensayo.

- **Tamices:** La malla del tamiz debe ser ensamblada sobre marcos cuya construcción no permita pérdidas del material durante el proceso de tamizado. La malla y los marcos del tamiz normalizado deben cumplir requisitos de la NTE INEN 154. Los marcos de tamiz no normalizados deben cumplir los requisitos de la NTE INEN 154 para que se apliquen.

- **Agitador de tamices mecánicos:** Es una máquina que debe crear movimientos y vibraciones en los tamices donde las partículas rebotan y caen, u otro tipo de movimiento que tenga diferente orientación a la superficie de tamizado.

- **Horno.** Un horno de tamaño adecuado, capaz de mantener una temperatura uniforme de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

- Se procede a secar la muestra en un horno a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, por 24 horas.

- Se seleccionan los tamices necesarios que sean adecuados y que cubran los tamaños de las partículas del material que va ensayarse, con el propósito de obtener los requerimientos que están en las especificaciones. Utilizar los tamices que sean necesarios para obtener el módulo de finura o para regular la cantidad de material sobre un tamiz. Ordenar los tamices en forma descendente según el tamaño de las aberturas. Agitar los tamices de manera manual o con la ayuda de una tamizadora mecánica.

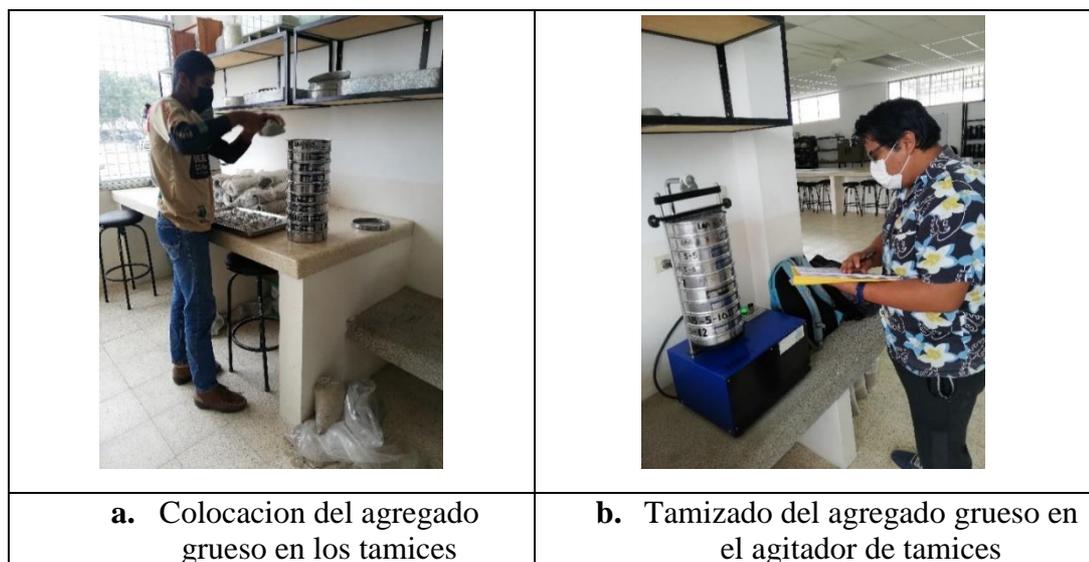
- Se coloca una cantidad de material sobre el tamiz superior, no colocar demasiado material con la finalidad de que todas las partículas tengan oportunidad de llegar a las aberturas de los tamices inferiores durante la operación de tamizado. En ningún caso la cantidad retenida debe ser tan

grande como para causar obstrucciones y deformación permanente en la tela o malla del tamiz.

- Evitar el exceso de material en los tamices individuales para el caso de mezclas de áridos grueso y fino; si se utiliza en agitador mecánico tal como se muestra en la Figura 6, tamizar a mano las partículas que sean mayores a 75 mm mediante la determinación de la abertura más pequeña de tamiz por la cual puede pasar cada partícula.
- Determinar las masas del material retenido en cada tamiz con una balanza que cumpla con los requerimientos especificados, que tenga una precisión de 0,1 % de la masa total de la muestra seca original. La masa total del material después de ser tamizada debe ser similar a la masa original de la muestra colocada sobre los tamices. Si las cantidades difieren en más del 0,3 % respecto a la masa de la muestra seca original, los resultados no deben ser utilizados con fines de aceptación.
- Elaborar la curva granulométrica respectiva con los datos de las masas obtenidas en el proceso del tamizado.

Figura 6.

Proceso de tamizado de los agregados.



c) Determinación de la densidad y absorción del agregado grueso (NTE INEN 857).

De acuerdo con Parrales Plua y Quirumbay Vera (2022) “este método de ensayo se los aplica para la determinación de la densidad promedio en una muestra de árido grueso esto es sin incluir el volumen de vacíos que existe entre las partículas, la densidad relativa o gravedad específica y la absorción del árido” (p. 37).

La determinación de la absorción y densidad de los agregados gruesos en su normativa consta de una lista de los equipos y pasos a seguir para un adecuado análisis del material ensayado, a continuación, se redactarán dichos equipos y pasos según las especificaciones NTE INEN 857:

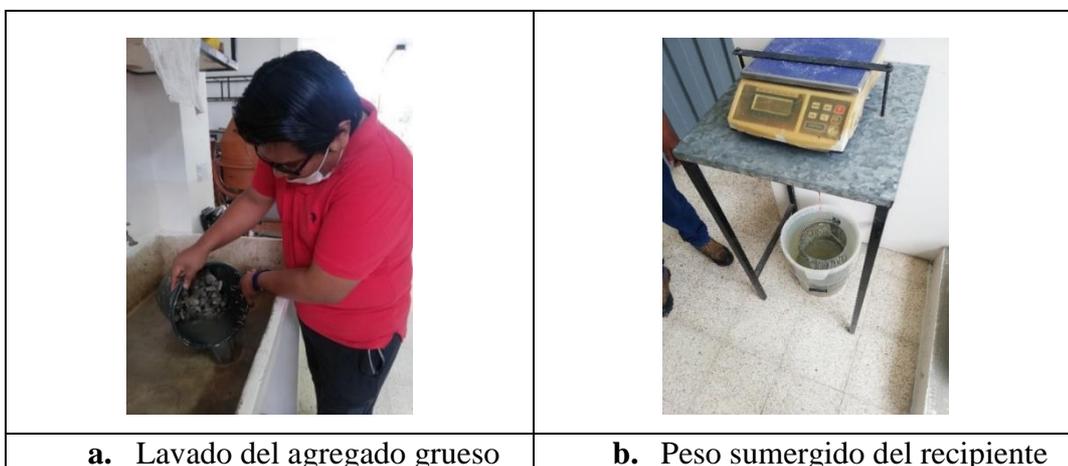
- **Balanza:** Equipo para determinar masa, que sea sensible y legible, con una aproximación de 0,05 % de la masa de la muestra en cualquier punto dentro del rango de uso para este ensayo, o también 0,5 g, la que sea mayor de las dos. La balanza debe estar equipada con un dispositivo que sea apropiado para poder suspender el recipiente para la muestra en el agua, desde el centro de la plataforma o recipiente de la balanza.
- **Recipiente para la muestra:** Debe ser una canasta de alambre con una abertura de 3,35 mm o de malla más fina, o un cubo de ancho y altura aproximadamente iguales, debe tener una capacidad de 4 a 7 litros para los áridos gruesos que tengan un tamaño máximo nominal de 37,5 mm o menor según sea necesario.
- **Tanque de agua:** Tanque hermético, dentro del cual se colocará en recipiente para la muestra mientras se suspende bajo la balanza.
- **Tamices:** Tamices de varios tamaños de acuerdo a la norma NTE INEN 154.
- **Horno:** De tamaño adecuado, capaz de mantener una temperatura uniforme y constante de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

- El procedimiento para determinar absorción y densidad; secar la muestra en el horno a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Enfriar la muestra al aire a temperatura ambiente en un intervalo de 1 hora a 3 horas para muestras de tamaño máximo nominal de hasta 37,5 mm o por más tiempo para tamaños más grandes, hasta que el árido se haya enfriado a una temperatura que sea manipulada; seguidamente sumergir el árido en agua a temperatura ambiente por un período de $24\text{ h} \pm 4\text{ h}$.
- Cuando se utilizan los valores de absorción y densidad relativa o gravedad específica en el diseño de mezclas de hormigón, en el cual el árido estará en condición de humedad natural; el requisito anterior es opcional y si la superficie de las partículas de la muestra ha sido conservada húmeda de manera continua hasta el ensayo, el requisito del numeral anterior también es opcional.
- Retirar la muestra del agua, luego colocarla sobre un paño absorbente y con el mismo paño frotar hasta eliminar el exceso de agua del agregado grueso. Secar las partículas grandes de manera individual. Se puede utilizar una corriente de aire para acelerar la operación de secado. Evitar la evaporación o pérdida de agua desde los poros del agregado grueso durante el secado. Evitar la evaporación o pérdida de agua desde los poros del agregado grueso en condición saturada superficialmente seca.
- Luego determinar la masa en aire, se procede a colocar la muestra de ensayo saturada superficialmente seca en el recipiente para la muestra y determinar la masa aparente en agua a una temperatura de $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$. se procede a remover el aire atrapado antes de determinar la masa por medio de la agitación del recipiente mientras se lo va sumergiendo.
- Secar la muestra del agregado en el horno a una temperatura constante de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Enfriar la muestra del agregado grueso a temperatura ambiente, durante 1 hora a 3 horas o hasta que el árido grueso se haya enfriado a una temperatura que sea adecuada para él y luego determinar su masa.

En la Figura 7 se muestra uno de los procesos para determinar la absorción y densidad de los agregados.

Figura 7.

Ensayos del agregado grueso para determinar la absorción y la densidad.



d) Determinación de la densidad y absorción del agregado fino (NTE INEN 856).

De acuerdo con Parrales Plua y Quirumbay Vera (2022), “Este método de ensayo se lo aplica para la determinación de la densidad promedio en una muestra de árido fino este es sin incluir el volumen de vacíos que existe entre las partículas, la densidad relativa o gravedad específica y la absorción del árido” (p. 39).

La determinación de la absorción y densidad de los agregados finos en su normativa consta de una lista de los equipos y pasos a seguir para un adecuado análisis del material ensayado, a continuación, se redactarán dichos equipos y pasos según las especificaciones NTE INEN 856:

- **Balanza:** Equipo para determinar masa, que sea sensible y legible, con una aproximación de 0.05 % de la masa de la muestra del agregado fino en cualquier punto dentro del rango de uso para este ensayo, o también 0,5 g, la que sea mayor de las dos. La balanza debe estar equipada con un dispositivo que sea apropiado para poder suspender el recipiente para la

muestra en el agua, desde el centro de la plataforma o recipiente de la balanza.

- **Picnómetro:** Puede ser un matraz u otro recipiente que sea adecuado para realizar el ensayo, en el cual la muestra de árido fino pueda ser introducida de manera fácil y el volumen contenido pueda ser legible dentro de un rango de $\pm 0,1 \text{ cm}^3$. El volumen del contenedor lleno hasta la marca debe ser por lo menos 50 % mayor que el requerido para acomodar la muestra de ensayo. Para una muestra de 500 g del árido fino, es adecuado utilizar un matraz o un recipiente que tenga una capacidad de 500 cm^3 , con un picnómetro adaptado en la parte superior.

- **Molde y compactador para ensayo de humedad superficial:** El molde debe tener la forma de un cono truncado y debe ser metálico, además debe poseer 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 espesor del metal debe tener mínimo 0,8 mm. El compactador metálico debe tener una cara compactadora circular y plana, de $25 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$ de diámetro, y una masa de $340 \text{ g} \pm 15 \text{ g}$.

- **Horno:** De tamaño adecuado, capaz de mantener una temperatura uniforme y constante de $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$.

- Procedemos a colocar la muestra en un recipiente adecuado y secarla en el horno a una temperatura constante de $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$, dejarla que se enfríe al ambiente hasta que tenga una temperatura que sea adecuada para su manipulación, luego cubrirla con agua, por inmersión o por adición de agua, hasta alcanzar al mínimo un 6 % de humedad en el árido fino, luego dejar que repose por $24 \text{ h} \pm 4 \text{ h}$.

- Eliminar el exceso de agua, evitando la pérdida de material fino, esparcir la muestra sobre una superficie plana que no sea absorbente, expuesta a una corriente leve de aire y moverla de manera frecuente para asegurar que el secado sea homogéneo. Realizar el primer ensayo

empleando el cono truncado para determinar si existe agua superficial en la muestra. Si aún posee agua superficial se debe continuar secando hasta que el ensayo del cono truncado indique que la muestra ha alcanzado la condición de superficie seca. Si en el primer ensayo se determina que la humedad superficial no está presente, significa que se ha secado demasiado la muestra; en este caso, mezclar el árido fino con algunos cm^3 de agua y dejar reposar en un recipiente cubierto por al menos 30 minutos. A continuación, retomar el proceso de secado y ensayos de cono truncado de manera frecuente hasta determinar el inicio de la condición de superficie seca.

- Ensayo para determinar la humedad superficial Figura 8. Se debe mantener de manera firme el molde sobre una superficie lisa que no sea absorbente, con el diámetro mayor hacia abajo. Colocar una porción del árido fino parcialmente seco en el molde en forma suelta, hasta llenarlo, colocando material adicional en la parte superior manteniendo de manera firme el molde, compactar el árido fino con 25 golpes de manera ligera con el compactador. Cada caída se debe iniciar a 5 mm aproximadamente sobre la superficie del árido. Permitir que el compactador caiga de manera libre bajo la atracción de la gravedad en cada golpe. Remover el material que ha caído alrededor de la base y levantar el molde de manera vertical. Si la humedad superficial aún está presente, el árido fino mantendrá la forma del molde. Cuando el árido fino se desmorona de manera ligera, esto indica que se ha alcanzado la condición de superficie seca.

Figura 8.

Ensayos del agregado fino para determinar la humedad superficial.



- Existen áridos finos que tienen partículas de forma angular predominantemente o que tienen una alta proporción de finos, pueden no desmoronarse en el ensayo del cono a pesar de alcanzar la condición de superficie seca. Esto se puede verificar si al dejar caer desde una altura de 100 mm a 150 mm sobre una superficie; un puñado de árido fino tomado de la muestra ensayada, pueden observarse partículas individuales muy finas. Para estos materiales, se considera que han alcanzado la condición saturada superficialmente seca cuando luego de remover el molde, un lado del árido fino se derrumba.

- Para el procedimiento gravimétrico se llena el picnómetro parcialmente con agua. Introducimos el picnómetro 500 g \pm 10 g de árido fino saturado superficialmente seco, y llenamos con agua adicional hasta aproximadamente el 90 % de la capacidad. Agitamos el picnómetro manualmente o mecánicamente.
 - *Manualmente:* invertir, rodar y agitar el picnómetro para eliminar las burbujas de aire visibles.

 - *Mecánicamente:* agitar el picnómetro mediante una vibración externa, de una forma que la muestra no se degrade. Para la eliminación de aire sin degradación, es suficiente un nivel de agitación ajustado para mantener las partículas individuales en movimiento. Se considera aceptable un agitador mecánico, si en ensayos de comparación para cada período de seis meses de uso, muestra variaciones menores que el rango aceptable de dos resultados, respecto a los resultados de la agitación manual con el mismo material.

- Después de eliminar todas las burbujas de aire atrapadas, ajustar la temperatura del picnómetro y su contenido a 23,0 °C \pm 2,0 °C, si es necesario mediante inmersión parcial en agua circulante; y llevar el agua en el picnómetro, de la muestra y del agua. Retiramos el árido fino del picnómetro, secarlo en el horno a una temperatura constante de 110 °C \pm 5 °C, y enfriarlo a temperatura ambiente por 1 h \pm ½ h, por último, determinar su masa.

- Determinar la masa del picnómetro lleno hasta la marca de calibración, con agua a $23,0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

e) Determinación del contenido total de humedad de los agregados (NTE INEN 862)

Este método de ensayo sirve para determinar el porcentaje de humedad que puede evaporarse por secado en una muestra de áridos, tanto el correspondiente a la humedad superficial, como la humedad contenida en los poros del árido.

La determinación del contenido total de humedad en su normativa consta de una lista de los equipos y pasos a seguir para un adecuado análisis del material ensayado, a continuación, se redactarán dichos equipos y pasos según las especificaciones NTE INEN 862:

- **Horno.** - Un horno que pueda mantener la temperatura, a $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- **Balanza.** - Una balanza precisa, legible y con sensibilidad de 0,1 % de la carga de ensayo en cualquier punto dentro del rango de uso. Dentro de un intervalo igual al 10 % de la capacidad de la balanza que se utiliza para determinar la masa, la indicación de carga debe tener una precisión de 0,1 % de la diferencia entre las masas.
- **Recipiente para la muestra.** - Un recipiente de material resistente al calor, de volumen suficiente para contener la muestra sin peligro de derrame.
- **Agitador.** - Puede ser una espátula o cuchara de metal con un tamaño conveniente.
- Procedimiento para determinar la masa de la muestra en una balanza con una aproximación de 0,1 %.

- Secar la muestra completamente en el recipiente por medio del horno por 24 h, evitar la pérdida de partículas.
- La muestra está completamente seca cuando un mayor tiempo de calor pueda ocasionar, una pérdida adicional de la masa menor al 0,1 %.
- Determinar la masa de la muestra seca, en una balanza con una aproximación de 0,1 %, luego de que se haya enfriado lo suficiente para evitar daños en la balanza.

3.8.2. Cemento.

El cemento es un componente esencial dentro del presente trabajo de investigación, se han empleado 3 tipos de cementos comerciales Tipo GU en el Ecuador los mismos que cuentan con una variación en sus componentes químicos y están regidos por la norma NTE INEN 2380:2011. A continuación, se muestran los tipos de cemento utilizados:

- 1) Cemento “ATS”
- 2) Cemento “HLCM”
- 3) Cemento “CHMB”

En la Tabla 21 se presenta el análisis químico de los diferentes cementos Tipo GU utilizados en este proyecto de investigación.

Tabla 21.

Análisis químico de los diferentes cementos GU.

	Cemento ATS	Cemento HLCM	Cemento CHMB	ASTM C1157 GU
Óxido de magnesio MgO (%)	1,00	≤ 3,0	0,97	≤ 6,0
Trióxido de azufre SO ₃ (%)	2,99	≤ 3,0	1,89	≤ 4,0

Nota: Elaboración propia en base a la información técnica de cada tipo de cemento.

3.8.3. Agua para mezcla.

El agua es esencial en la mezcla de hormigón ya que actúa como un líquido de reacción y permite la hidratación del cemento, lo que provoca la formación de la pasta de cemento y la consolidación del material. Además, el agua también contribuye a la plasticidad y trabajabilidad de la mezcla, permitiendo su fácil colocación y compactación en la forma deseada. Sin embargo, también es importante tener en cuenta que un exceso de agua en la mezcla puede debilitar la resistencia y durabilidad del hormigón a largo plazo.

Según la norma NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2617 (2012), el uso del agua potable en la mezcla de hormigón está permitido sin la necesidad de realizar pruebas para comprobar su cumplimiento de los estándares establecidos por esta norma.

3.8.4. Aditivos impermeabilizantes Tipo S.

La norma ASTM C494/C494M-19 (2019), clasifica a los aditivos impermeabilizantes como Tipo S (aditivos de rendimiento específico), y los define como aditivos que proporcionan características de desempeño deseadas además de reducir el contenido de agua, o cambiar el tiempo de fraguado del concreto, o ambos, sin ningún efecto adverso sobre las propiedades frescas, endurecidas o de durabilidad del concreto. Para ser considerados adecuados de acuerdo a esta norma, los aditivos deben cumplir con ciertos requisitos esenciales, tales como:

- ✓ Compatibilidad con los componentes de la mezcla.
- ✓ No alterar las propiedades del hormigón fresco o endurecido.
- ✓ Eficacia en la reducción de la permeabilidad del hormigón.
- ✓ Cumplimiento de los requisitos de seguridad, salud y medio ambiente.
- ✓ Disponibilidad en formas que sean fáciles de dosificar y mezclar.

En conclusión, los aditivos impermeabilizantes utilizados en la mezcla de hormigón deben cumplir con los requisitos establecidos por esta norma para garantizar un desempeño óptimo y una mayor durabilidad del hormigón. Los aditivos impermeabilizantes utilizados en este proyecto de investigación son los siguientes:

1. Aditivo líquido con base en Lignosulfonatos.
2. Aditivo Xypex (compuesto por cemento Portland y arenas microsilicas).

3.9. DISEÑO DE MEZCLA PARA HORMIGÓN. PROPORCIONAMIENTO DE COMPONENTES PARA 1M³ DE HORMIGÓN (MÉTODO ACI 211.1)

- a. Selección de la resistencia promedio f'_{cr} para el diseño de $f'_c = 240 \text{ kg/cm}^2$, debido a que no se cuenta con una desviación estándar, se utiliza la Tabla 14 descrita en el Capítulo II de esta investigación para el cálculo respectivo el cual se muestra a continuación:

$$\begin{aligned}f'_{cr} &= f'_c + 84 \\f'_{cr} &= 240 + 84 \\f'_{cr} &= 324 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

- b. Elección del revenimiento de acuerdo al tipo de obra para el que se diseñara la mezcla de concreto, y que se especifica en la Tabla 15 descrita en el Capítulo II.

Tipo de construcción:

Muros o subestructuras sencillas, zapatas, muros y cajones de cimentación.

Revenimiento:

7.50 cm

- c. Elección del tamaño máximo nominal en base a los ensayos de granulometría del agregado grueso.

Tamaño máximo de la grava: 19 mm

d. Estimación del contenido de agua con los datos del literal (b) y (c) y utilizando la Tabla 16 del Capítulo II.

Cantidad de agua: 205 kg/m³

e. Determinación de la relación a/c requerida, para una resistencia a la compresión de 324 kg/cm², la cual se obtiene de la Tabla 17 del Capítulo II por interpolación lineal Tabla 22, para la resistencia especificada.

Tabla 22.

Datos para el cálculo de la relación a/c por interpolación lineal.

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

Interpolación Lineal			
x ₀	350	y ₀	0.48
x	324	y	0.5134
x ₁	280	y ₁	0.57

$$\frac{a}{c} = 0.48 + \frac{0.57 - 0.48}{280 - 350} (324 - 350)$$

$$\mathbf{a/c = 0.51}$$

f. Determinación del factor cemento, se realiza despejando *c* de la fórmula de relación a/c y reemplazando *a* por la cantidad de agua calculada 205 kg/m³.

$$a/c = 0.51$$

$$c = a/0.51$$

$$c = 205/0.51$$

$$\mathbf{c = 399.28 kg/m^3}$$

g. Determinación del contenido de agregado grueso, se realiza utilizando el tamaño máximo nominal 19 mm y el módulo de finura del agregado fino 2.58, para calcular el volumen del agregado grueso utilizando la Tabla 18 del Capítulo II por interpolación lineal en caso sea necesario.

Posteriormente el volumen calculado se multiplica por el peso volumétrico varillado del agregado grueso 1474.81 kg/m^3 y se obtiene la cantidad de agregado grueso requerido.

$$V_{\text{Agregado grueso}} = 0.642$$

$$P_{\text{Agregado grueso}} = V_{\text{Agregado grueso}} * P.V.V$$

$$P_{\text{Agregado grueso}} = 0.642 * 1474.81 \text{ kg/m}^3$$

$$P_{\text{Agregado grueso}} = \mathbf{946.74 \text{ kg/m}^3}$$

h. Cálculo de volúmenes absolutos de materiales para el diseño de la mezcla de concreto los cuales se muestran en la Tabla 23.

Tabla 23.

Volumen absoluto de materiales para 1 m^3 de concreto.

	W (kg)	δ (kg/m^3)	v (m^3)	Corrección 60-40 de agregados	
Agua	205	1000	0.205	Agreg. Total	1659.60 kg
Cemento	399.28	2950	0.135	Grava	995.76 kg
Grava	946.74	2617.80	0.362	Arena	663.84 kg
Arena	712.86	2564.26	0.278		
Aire	0	0	0.020		
VOLUMEN TOTAL			1.000		

i. Proporción de los materiales para 1 m^3 de concreto, corregida por humedad y absorción de los agregados para obtener la cantidad de material a ser utilizado en la elaboración de las probetas Tabla 24.

Tabla 24.

Corrección por humedad y absorción de los agregados.

CORRECCIÓN POR HUMEDAD Y ABSORCIÓN							
Materiales	W (kg)	Humedad		Absorción		Diferencia	Corrección W (kg)
		(%)	(kg)	(%)	(kg)		
AIRE							
CEMENTO	399.28						399.28
GRAVA	946.74	0.23	2.17	1.94	-18.34	-16.16	930.58
ARENA	712.86	9.13	65.12	2.48	-17.70	47.42	760.28
AGUA	205		-67.29		36.03	31.26	173.74
TOTAL	2263.87				Para 1 m^3		2263.87

En la Tabla 25 se muestra la cantidad de valores corregidos por la humedad de los agregados.

Tabla 25.

Cantidad de materiales ya corregidos por humedad de los agregados.

CANTIDAD DE MATERIALES PARA 1 m³ DE HORMIGÓN				
Materiales	Peso (kg)	δ (kg/m³)	V (m³)	%Propor. V
Aire	---	---	0.020	2.0
Agua	399.28	2950	0.135	13.8
Cemento	930.58	2617.80	0.355	36.2
Grava	760.28	2564.26	0.296	30.2
Arena	173.74	1000	0.174	17.7
TOTAL	2243.97		0.981	100.00

j. Proporción en peso de los materiales corregida por humedad y absorción.

$$\frac{W_c}{W_c} : \frac{W_{arena}}{W_c} : \frac{W_{grava}}{W_c} / \frac{Agua_{efectiva}}{W_c}$$

$$\frac{399.28}{399.28} : \frac{760.28}{399.28} : \frac{930.58}{399.28} / \frac{173.74}{399.28}$$

$$1 : 1.90 : 2.33 / 0.44$$

3.10. DOSIFICACIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE LAS PROBETAS CON LOS DIFERENTES DISEÑOS DE MEZCLA PARA HORMIGÓN Y LA INCLUSIÓN DE ADITIVOS TIPOS S

Los diseños para las mezclas de hormigón fueron realizados en las instalaciones de la UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA en el LABORATORIO DE SUELOS, HORMIGONES Y ASFALTO de la facultad de CIENCIAS DE LA INGENIERÍA, ubicados en la provincia de Santa Elena, cantón La Libertad. Para la elaboración de las probetas cilíndricas de hormigón se utilizaron moldes de acero desmontables de 300 mm x 150 mm de diámetro para los respectivos ensayos en los que se emplearon las variantes de cemento y aditivos.

El primer paso a seguir para la preparación de las mezclas de hormigón es obtener los pesos de cada agregado que vamos a utilizar para alcanzar la resistencia de diseño planteada. Luego de obtener los pesos de cada material como se muestra en la Figura 9 y 10, el siguiente paso es colocar los materiales en la concretera prevista por el laboratorio que posee una capacidad de albergar medio saco de cemento y 30 revoluciones por minuto (rpm); el procedimiento descrito se debe repetir para todas las mezclas previstas en las dosificaciones, iniciando con las dosificaciones patrón y terminando con la última combinación de aditivo.

Figura 9.

Proporcionamiento del material para la mezcla de hormigón.



Figura 10.

Toma de medidas de aditivo liquido solución de lignosulfonato y aditivo impermeabilizante por cristalización.



A continuación, describiremos cada proceso empleado en la elaboración de una mezcla de hormigón:

- ✓ Inicialmente se coloca el agregado grueso dentro de la concreteira y se inicia la acción giratoria de la máquina.
- ✓ Después se vierte la mitad del contenido de agua prevista en la dosificación que estemos realizando para que hidrate correctamente al agregado grueso.
- ✓ De manera progresiva, una vez alcanzada la hidratación total del agregado grueso, colocamos el agregado fino para que se mezcle correctamente.
- ✓ Una vez lograda una combinación exitosa, se apaga la concreteira y se coloca la proporción del cemento indicado de acuerdo a su dosificación.
- ✓ Luego de ser colocado el cemento, procedemos a dar inicio nuevamente a la concreteira, sin olvidarnos de recubrir la parte frontal de la máquina para evitar que se pierda mucho contenido de cemento al dar inicio nuevamente a la máquina.
- ✓ Continuando con el proceso, se vierte la cantidad restante de agua indicada en la dosificación para alcanzar una homogenización exitosa en la mezcla. De ser necesario, se coloca la cantidad de aditivo correspondiente al diseño y se vierte a la mezcla diluido con una proporción pequeña de agua de mezclado. (Aplica únicamente para mezclas con aditivos).

En las Tablas 26, 27, 28 y 29 se mostrarán las dosificaciones para un hormigón que logre alcanzar una resistencia de 240 kg/cm^2 con las que se han diseñado 10 probetas cilíndricas de hormigón para cada diseño y para 1 metro cúbico, siguiendo los procedimientos previstos en las especificaciones de la norma ACI – 211.1.

Tabla 26.

Dosificación de Hormigón Patrón $f'c$ 240 kg/cm² para 1 m³ y para volumen requerido.

Material	1 m³	C. ATS	C. HLCM	C. CHMB
Cemento (kg)	399,8	23,73	23,73	23,71
Agregado Grueso (kg)	930.58	55,31	55,30	55,27
Agregado Fino (kg)	760.28	45,19	44,80	43,89
Agua (kg)	173.74	10,33	10,35	10,40

Nota: Dosificación de hormigón con los diferentes cementos Tipo GU.

Tabla 27.

Dosificación de H. Patrón $f'c$ 240 kg/cm² + 0.5% Solución de Lignosulfonato "A".

Material	C. ATS	C. HLCM	C. CHMB
Cemento (kg)	23,73	23,73	23,71
Solución de Lignosulfonato "A" (kg)	0,119	0,119	0,119
Agregado Grueso (kg)	55,31	55,30	55,27
Agregado Fino (kg)	45,19	44,80	43,89
Agua (kg)	10,33	10,35	10,40

Nota: Dosificación de hormigón con los diferentes cementos Tipo GU y la adición de Solución de Lignosulfonato "A".

Tabla 28.

Dosificación de H. Patrón $f'c$ 240 kg/cm² + 0.5% Solución de Lignosulfonato "B".

Material	C. ATS	C. HLCM	C. CHMB
Cemento (kg)	23,73	23,73	23,71
Solución de Lignosulfonato "B" (kg)	0,119	0,119	0,119
Agregado Grueso (kg)	55,31	55,30	55,27
Agregado Fino (kg)	45,19	44,80	43,89
Agua (kg)	10,33	10,35	10,40

Nota: Dosificación de hormigón con los diferentes cementos Tipo GU y la adición de Solución de Lignosulfonato "B".

Tabla 29.

Dosificación de H. Patrón $f'c$ 240 kg/cm² + 2.5% impermeabilizante por cristalización.

Material	C. ATS	C. HLCM	C. CHMB
Cemento (kg)	23,73	23,73	23,71
Impermeabilizante por cristalización (kg)	0,593	0,593	0,593
Agregado Grueso (kg)	55,31	55,30	55,27
Agregado Fino (kg)	45,19	44,80	43,89
Agua (kg)	10,33	10,35	10,40

Nota: Dosificación de hormigón con los diferentes cementos Tipo GU y la adición de aditivo impermeabilizante por cristalización.

Se elaboraron 12 diseños de mezcla de concreto, descritos a continuación:

- Diseño #1: muestra patrón elaborado con el cemento “ATS”, no presenta ningún porcentaje añadido de aditivo.
- Diseño #2: muestra patrón elaborado con el de cemento “HLCM”, no presenta ningún porcentaje añadido de aditivo.
- Diseño #3: muestra patrón elaborado con el de cemento “CHMB”, no presenta ningún porcentaje añadido de aditivo.
- Diseño #4: muestra patrón elaborado con el cemento “ATS” y la adición del 0,5% de Solución de Lignosulfonato “A” en su dosificación.
- Diseño #5: muestra patrón elaborado con el cemento “HLCM” y la adición del 0,5% de Solución de Lignosulfonato “A” en su dosificación.
- Diseño #6: muestra patrón elaborado con el cemento “CHMB” y la adición del 0,5% de Solución de Lignosulfonato “A” en su dosificación.
- Diseño #7: muestra patrón elaborado con el cemento “ATS” y la adición del 0,5% de Solución de Lignosulfonato “B” en su dosificación.

- Diseño #8: muestra patrón elaborado con el cemento “HLCM” y la adición del 0,5% de Solución de Lignosulfonato “B” en su dosificación.
- Diseño #9: muestra patrón elaborado con el cemento “CHMB” y la adición del 0,5% de Solución de Lignosulfonato “B” en su dosificación.
- Diseño #10: muestra patrón elaborado con el cemento “ATS” y la adición del 2,5% de aditivo impermeabilizante por cristalización en su dosificación.
- Diseño #11: muestra patrón elaborado con el cemento “HLCM” y la adición del 2,5% de aditivo impermeabilizante por cristalización en su dosificación.
- Diseño #12: muestra patrón elaborado con el cemento “CHMB” y la adición del 2,5% de aditivo impermeabilizante por cristalización en su dosificación.

3.11. ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL ASENTAMIENTO DEL HORMIGÓN

El ensayo de cono de Abrams se llevó a cabo en el Laboratorio de Suelos, Hormigones y Asfalto de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la UPSE. Se cumplieron todas las normas y parámetros establecidos por la NTE INEN 1578. Una vez obtenido la mezcla de hormigón tal como se muestra en la Figura 11, una parte de la misma se utilizó para el ensayo de revenimiento. Se colocaron tres capas de la mezcla en el cono de Abrams y se aplicaron 25 golpes a cada capa hasta llegar al límite. Luego, se eliminaron los excedentes al enrasar el cono hasta la parte superior. Finalmente, se levantó el cono de manera rápida y se midió el revenimiento de la mezcla al colocarlo de forma invertida junto a la misma como se muestra en la Figura 11.

Figura 11.

Toma de lectura del revenimiento obtenido en la mezcla.



3.12. ELABORACIÓN DE LAS PROBETAS DE HORMIGÓN

Para obtener las probetas cilíndricas se emplearon moldes cilíndricos metálicos que posee el laboratorio de suelos, los cuales tienen las dimensiones de 150 mm x 300 mm, luego de ser utilizados, se procede a desmoldar las probetas después de un período de 24 h. Ya con el hormigón endurecido adoptando una forma cilíndrica, para poder utilizar nuevamente los moldes es necesario limpiar los residuos de hormigón y luego engrasar interiormente los moldes para verter la siguiente mezcla.

De forma similar que el ensayo del cono Abrams se realiza un vertido que forme tres capas semejantes dentro del molde y varillando igualmente con 25 golpes por capa, además de golpear con un martillo de goma 10 veces exteriormente los bordes del cilindro metálico con cada capa añadida para de esta forma evitar la presencia de vacíos en la mezcla y finalmente una vez alcanzada la parte superior del molde procedemos a engrasar la superficie. Luego de desencofrar las probetas de hormigón se procedió a indicar en la cara superior de cada cilindro la fecha de vertido del hormigón, el código de identificación (Patrón o Aditivo) y la variante de cemento correspondiente; finalmente las probetas son sumergidas en las piscinas de curado que posee el laboratorio de suelos, hormigones y asfaltos.

Las figuras 12, 13 y 14 muestran el proceso para la elaboración de los cilindros de hormigón.

Figura 12.

Vertido y varillado de la mezcla de hormigón en los moldes de las probetas.



Figura 13.

Elaboración de las probetas de hormigón.



Figura 14.

Probetas de hormigón en la piscina de curado.



3.13. ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS

El presente ensayo es muy importante puesto que nos ayudará a determinar una característica física vital para los resultados, este ensayo se encuentra normado y regulado en la NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1573 (2010) “*Hormigón de cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón de cemento hidráulico*”. Como lo indica la normativa, el número mínimo de especímenes necesarios para realizar dicho ensayo es de 2 probetas para cada edad, para el presente trabajo realizamos 2 probetas cilíndricas de cada dosificación para ser ensayadas a las edades de 7, 14, 21 y 28 días de curado.

El ensayo de compresión se efectuó en las instalaciones del Laboratorio de suelos de la UPSE, antes de realizar el ensayo de compresión en cilindros de concreto, se deben tomar las medidas de la altura, diámetro superior e inferior y peso de cada probeta, tal como se detalla en la Figura 15. Las probetas se colocan en la máquina de ensayo de compresión Figura 16, incluyendo dos almohadillas (neoprenos) en la cara inferior y superior de la probeta y se aplican cargas gradualmente hasta alcanzar la falla, durante el ensayo se deben registrar los datos de carga máxima aplicada y resistencia alcanzada en cada cilindro sometido al ensayo, para poder hacer el análisis de los datos.

Figura 15.

Toma de medidas en los cilindros de hormigón, colocación de los neoprenos de rotura, colocación de las probetas en la prensa hidráulica.



Figura 16.

Ensayo de rotura finalizado.



En la Figura 17 se muestran los resultados obtenidos que nos da el equipo de ensayo a compresión y además se observan como quedan los cilindros después del ensayo.

Figura 17.

Toma de lecturas de carga y resistencia máxima alcanzada, retiro de las probetas ensayadas.



3.14. ENSAYO DE PROFUNDIDAD DE PENETRACIÓN DE AGUA BAJO PRESIÓN

El siguiente ensayo es el principal indicador de resultados de la investigación, debido a que nos ayudará a responder la interrogante principal del presente trabajo, el ensayo de profundidad de penetración de agua bajo presión fue realizado en el Laboratorio de suelos, hormigones y asfalto de la Universidad Estatal Península de Santa Elena y el Laboratorio “Ingeotop”, el ensayo se realiza empleando los lineamientos y parámetros vigentes en la Norma Española UNE-EN 12390-8

(2019) “*Ensayos de hormigón endurecido*”. Como su nombre lo indica, este ensayo determina la profundidad de penetración del agua en las probetas de hormigón, únicamente este ensayo está previsto para especímenes de 28 días de edad en adelante; una vez alcanzado los 28 días de curado retiramos de la piscina de curado al cilindro y con un cepillo de puntas metálicas como se muestra en la Figura 18, procedemos a pulir la cara que estará sometida a la máquina de penetración de agua bajo presión.

Figura 18.

Pulido de las probetas a ensayar.



Luego de ser pulida la cara seleccionada se coloca dentro de los anillos de estanquidad para evitar fugas de presión durante la realización del ensayo, la presión a la que debe ser sometida debe estar comprendida entre 500 ± 50 kPa durante un periodo de 72 ± 2 horas. En la Figura 19 se muestra como quedan los cilindros ya colocados en el equipo de ensayo, es necesario monitorear de manera frecuente el equipo durante la realización del ensayo, para anotar cualquier fuga o anomalía durante un período de ensayo.

Figura 19.

Colocación de las probetas en el equipo para ensayos de permeabilidad.



En la Figura 20 se muestra el bombeo hidráulico manual que se le da al equipo para que este alcance la presión indicada por la Norma Española UNE-EN 12390-8 (2019).

Figura 20.

Bombeo hidráulico manual para alcanzar la presión de agua requerida para cada probeta en el equipo de ensayo de permeabilidad.



Ensayo de tracción indirecta. Luego de culminar el período de exposición a la presión de agua del equipo, inmediatamente procedemos a realizar el ensayo brasileño para obtener nuestro resultado final. El ensayo fue realizado en las instalaciones del Laboratorio “Ingeotop” en la parroquia Ballenita, dicho ensayo se realiza en la prensa hidráulica y ejerce una carga vertical que provoca la rotura de forma vertical mientras el cilindro se encuentra en posición horizontal, luego separamos las mitades de la probeta y visualizamos qué tanto ha penetrado el agua bajo presión, una vez identificada la franja de humedad procedemos a marcar y luego medir la profundidad que alcanzó el agua y finalmente la medida alcanzada será redondeada al milímetro más próximo, en la Figura 20 se aprecia como quedan los cilindros una vez se los retira del equipo de ensayo de permeabilidad, y en la Figura 22 y 23 se muestra el procedimiento del ensayo de tracción indirecta.

Figura 21.

Retiro de las probetas del equipo de ensayo de permeabilidad.



Figura 22.

Ensayo de tracción indirecta para medir la penetración de agua en los cilindros sometidos al ensayo de permeabilidad.



Figura 23.

Toma de medidas para verificar la profundidad de penetración del agua en los cilindros.



CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Este capítulo presenta el análisis y discusión de los resultados obtenidos en la investigación sobre la permeabilidad de hormigones con tres aditivos tipo S y su capacidad para ser utilizados en la zona costera de la provincia de Santa Elena. Se compararán los resultados de las pruebas realizadas en los diferentes tipos de hormigón con los aditivos y se discutirán las conclusiones obtenidas a partir de la investigación. Además, se realizará una evaluación crítica de los resultados y se plantearán posibles mejoras para futuras investigaciones en este campo.

Se presentarán gráficos, tablas y análisis estadísticos para ilustrar los resultados de la permeabilidad del hormigón con los diferentes aditivos. Además, se explorarán las posibles aplicaciones y limitaciones de los resultados en la industria de la construcción en la zona costera de la provincia de Santa Elena.

Este capítulo es fundamental para la comprensión del impacto de los aditivos tipo S en la permeabilidad del hormigón y su potencial para ser utilizado en la construcción en zonas costeras. Será de gran ayuda para futuros investigadores, contratistas y diseñadores de ingeniería civil que busquen mejorar la resistencia y durabilidad de los materiales de construcción en zonas costeras.

4.1. RESULTADOS DE ENSAYOS PARA LA DETERMINACIÓN DE PESO VOLUMÉTRICO, DENSIDAD Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS

4.1.1. Peso Volumétrico Suelto y Varillado de los agregados.

Para la determinación del peso volumétrico suelto (P.V.S) y varillado (P.V.V) de los agregados, se realizaron los ensayos que describe la Norma Técnica

Ecuatoriana NTE INEN 858:2010, los resultados obtenidos de peso volumétrico suelto y varillado del agregado grueso se presentan en la Tabla 30 y Tabla 31, y los resultados de peso volumétrico suelto del agregado fino se muestran en la Tabla 32.

Tabla 30.

Resultados del peso volumétrico suelto del agregado grueso (Calizas Huayco, piedra 3/4”).

PESO VOLUMÉTRICO SUELTO		
AGREGADO GRUESO	MUESTRA 1	MUESTRA 2
Volumen (m ³)	0.009736876	0.00973688
P.V.S + Recipiente (kg)	23.47	23.49
Recipiente (kg)	10.94	10.94
Peso (kg)	12.53	12.55
P.V.S (kg/m³)	1286.86	1288.91

Tabla 31.

Resultados del peso volumétrico varillado del agregado grueso (Calizas Huayco, piedra 3/4”).

PESO VOLUMÉTRICO VARILLADO		
AGREGADO GRUESO	MUESTRA 1	MUESTRA 2
Volumen (m ³)	0.009736876	0.00973688
P.V.V + Recipiente (kg)	25.1	25.5
Recipiente (kg)	10.94	10.94
Peso (kg)	14.16	14.56
P.V.V (kg/m³)	1454.27	1495.35

Tabla 32.

Resultados del peso volumétrico suelto del agregado fino (Cantera Villingota, arena gruesa).

PESO VOLUMÉTRICO SUELTO		
AGREGADO FINO	MUESTRA 1	MUESTRA 2
Volumen (m ³)	0.00281	0.00281
P.V.S + Recipiente (kg)	8.01	8.03
Recipiente (kg)	4.42	4.42
Peso (kg)	3.59	3.61
P.V.S (kg/m³)	1277.58	1284.70

4.1.2. Determinación de la Densidad Saturada Superficialmente Seca (D.S.S.S) y % Absorción del agregado grueso.

La determinación de la densidad saturada superficialmente seca (D.S.S.S) y % absorción del agregado grueso se hizo mediante el ensayo establecido por la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 857:2010. Los resultados obtenidos de este ensayo se muestran en la Tabla 33:

Tabla 33.

Resultados de la densidad saturada superficialmente seca (D.S.S.S) del agregado grueso (Calizas Huayco, piedra 3/4”).

DENSIDAD SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (D.S.S.S)			
AGREGADO GRUESO		MUESTRA 1	MUESTRA 2
P.S.S.S. (gr)		2000	2000
W canastilla sumergida (gr)		1049	1049
W canastilla sumergida + material (gr)		2285	2285
W (canastilla sumergida + material) – W (canastilla sumergida) (gr)		1236	1236
Volumen (cm ³)		764	764
D.S.S.S.	gr/cm³	2.62	2.62
	kg/m³	2617.801	2617.801

La absorción de los agregados se determina en el laboratorio sumergiendo el material granuloso seco en agua durante un período determinado, los resultados de este ensayo se muestran en la Tabla 34.

Tabla 34.

Resultados del % Absorción del agregado grueso (Calizas Huayco, piedra 3/4”).

% ABSORCIÓN			
AGREGADO GRUESO		MUESTRA 1	MUESTRA 2
R Recipiente		N	L
W Recipiente (gr)		61.7	61.7
W Grava saturada – W Recipiente (gr)		1105.1	1105.5
W Grava seca – W Recipiente (gr)		1084.2	1084.4
W Agua desalojada (gr)		20.9	21.1
% Absorción		1.93	1.95

4.1.3. Determinación de la Densidad Saturada Superficialmente Seca (D.S.S.S) y % Absorción del agregado fino.

La determinación de la densidad saturada superficialmente seca (D.S.S.S) y % absorción del agregado fino se hizo mediante el ensayo establecido por la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 856:2010. Los resultados obtenidos de este ensayo se muestran en la Tabla 35.

Tabla 35.

Resultados de la densidad saturada superficialmente seca (D.S.S.S) del agregado fino (Cantera Villingota, arena gruesa).

DENSIDAD SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (D.S.S.S)			
AGREGADO FINO		MUESTRA 1	MUESTRA 2
P.S.S.S. (gr)		500.3	500.3
Lectura inicial		505	505
Lectura final		700	700
W desalojado (gr)		195	195
V desalojado (cm ³)		195	195
D.S.S.S.	gr/cm³	2.56	2.56
	kg/m³	2564.26	2564.26

El % de absorción del agregado fino se muestra en la Tabla 36, es importante porque influye en la consistencia y la trabajabilidad de la mezcla de concreto y en su capacidad para retener la humedad y mejorar la adherencia entre las partículas de agregado y la pasta de cemento.

Tabla 36.

Resultados de % Absorción del agregado fino (Cantera Villingota, arena gruesa).

% ABSORCIÓN		
AGREGADO FINO	MUESTRA 1	MUESTRA 2
R Recipiente	Z	O
W Recipiente (gr)	29.23	29.23
W Arena saturada – W Recipiente (gr)	184.91	184.93
W Arena seca – W Recipiente (gr)	180.42	180.46
W Agua desalojada (gr)	4.49	4.47
% Absorción	2.49	2.48

4.1.4. Determinación del contenido total de Humedad (%) de los agregados.

El contenido total de humedad en los agregados es importante porque afecta la resistencia y la consistencia de la mezcla de concreto, y, por lo tanto, la calidad de la construcción. La determinación de la humedad total según la Norma NTE INEN 862 garantiza la precisión y la consistencia en la medición de la humedad, los resultados de este ensayo se muestran en la Tabla 37.

Tabla 37.

Resultados del % Humedad del agregado grueso (Calizas Huayco, piedra 3/4”).

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD		
ÁRIDO GRUESO GRAVA	MUESTRA 1	MUESTRA 2
RECIPIENTE	I	I
W RECIPIENTE (gr)	76.00	76.00
W GRAVA + R	950.00	950.00
W GRAVA SECA+ R	947.00	949.00
W de AGUA	3.00	1.00
W GRAVA SECA	871.00	873.00
% HUMEDAD	0.34	0.11

Así mismo se presentan los resultados del % de humedad del agregado fino utilizado en este trabajo de investigación, estos se muestran en la Tabla 38.

Tabla 38.

Resultados del % Humedad del agregado fino (Cantera Villingota, arena gruesa).

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD		
ÁRIDO FINO ARENA GRUESA	MUESTRA 1	MUESTRA 2
RECIPIENTE	N	N
W RECIPIENTE (gr)	53.11	53.11
W GRAVA + R	770.00	770.00
W GRAVA SECA+ R	708.00	712.00
W de AGUA	62.00	58.00
W GRAVA SECA	654.89	658.89
% HUMEDAD	9.47	8.80

4.1.5. Análisis de resultados de Densidad, Absorción y Humedad de los agregados.

Para evaluar la calidad de los materiales empleados en el diseño de hormigones de baja permeabilidad, se realizaron los respectivos ensayos de acuerdo a la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN en el que se determinaron las propiedades mecánicas y si el material es el adecuado para la elaboración del hormigón de baja permeabilidad.

- *El agregado grueso* obtuvo una densidad de 2.62 gr/cm³, capacidad de absorción de 1.94% (variación del 0.2% a 2%). y contenido de humedad del 0.23%, valores aceptables para el diseño de hormigón de baja permeabilidad de acuerdo a la normativa empleada.
- *El agregado fino* de acuerdo a los resultados obtuvo una densidad de 2.56 gr/cm³, porcentaje de absorción de 2.48% (variación del 0.2% a 4%) y porcentaje de humedad del 9.13%, por lo que el material es aconsejable para ser empleado en este trabajo de investigación.

El análisis de densidad, absorción y humedad de los agregados es esencial para garantizar la calidad y la durabilidad de la mezcla utilizada en la construcción, los ensayos realizados en el agregado grueso y fino determinaron que estos son aptos para su utilización en el diseño de hormigón de baja permeabilidad.

4.2. RESULTADOS DE ENSAYOS DE GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS

4.2.1. Granulometría de agregado grueso.

El resultado de los ensayos de granulometría de agregado grueso siguiendo los procedimientos de la Norma NTE INEN 696:2011 se presentan en la Tabla 39 y detalla la distribución de tamaños de las partículas del agregado en la muestra ensayada, además se presenta en la Figura 24 la curva granulométrica la cual se

utiliza para evaluar si los agregados cumplen con los requisitos especificados en la norma y si son adecuados para su uso en la fabricación de concreto.

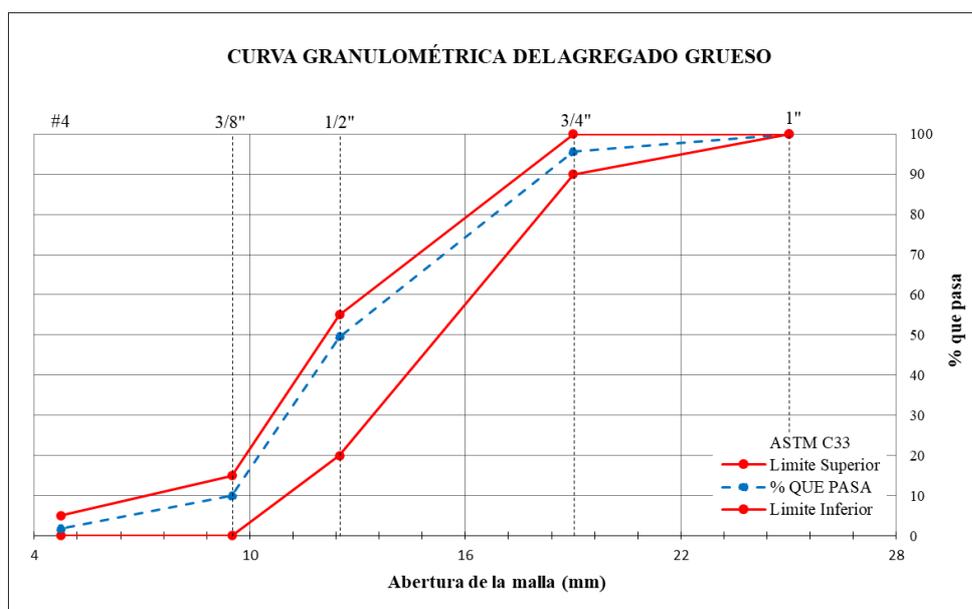
Tabla 39.

Análisis granulométrico del agregado grueso (Calizas Huayco, piedra 3/4").

GRANULOMETRÍA DE AGREGADO GRUESO							
Tamaño Máximo Nominal 19 mm							
Tamiz N°	Abertura (mm)	W Parcial (gr)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificación A.S.T.M C33 N° 6	
2"	50	0	0.00	0.00	100.00	---	---
1 1/2"	37.5	0	0.00	0.00	100.00	---	---
1"	25	0	0.00	0.00	100.00	100	100
3/4"	19	309	4.41	4.41	95.59	90	100
1/2"	12.5	3235	46.13	50.53	49.47	20	55
3/8"	9.5	2771	39.51	90.05	9.95	0	15
N° 4	4.75	574	8.18	98.23	1.77	0	5
N°8	2.36	102	1.45	99.69	0.31	---	---
N°16	1.18	5	0.07	99.76	0.24	---	---
FONDO		17	0.24	100.00	0.00	---	---
TOTAL		7013	100.00				
MÓDULO DE FINURA				MF	6.92 %		

Figura 24.

Curva granulométrica del agregado grueso (Calizas Huayco, piedra 3/4").



4.2.2. Granulometría de agregado fino.

La granulometría de los agregados finos se determina de la misma manera que la granulometría de los agregados gruesos, según la Norma NTE INEN 696:2011 y que se muestra en la Tabla 40. El resultado se presenta en una curva granulométrica como se aprecia en la Figura 25, que muestra la distribución de tamaños de las partículas.

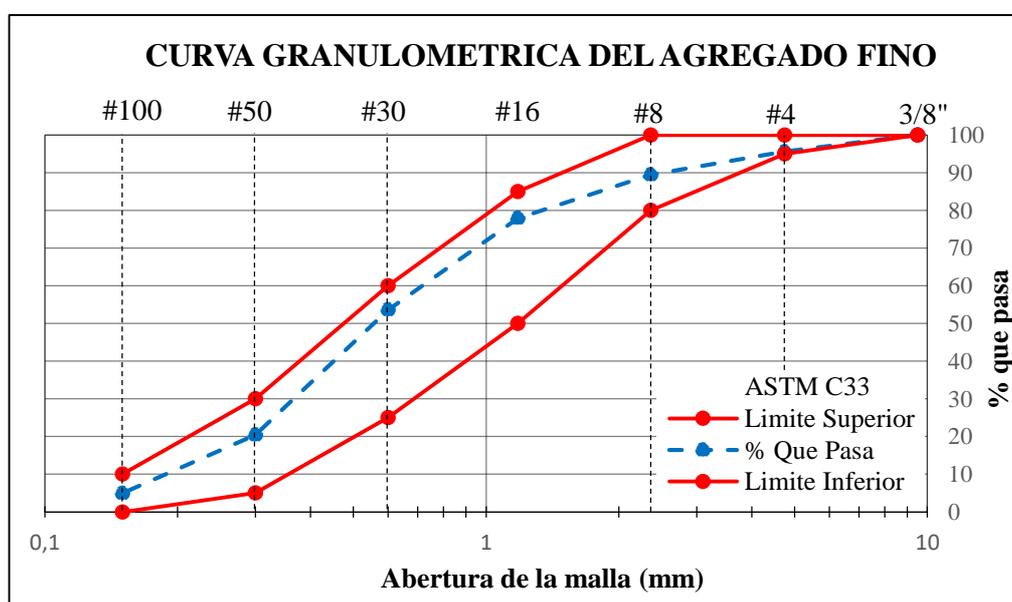
Tabla 40.

Análisis granulométrico del agregado fino (Cantera Villingota, arena gruesa).

GRANULOMETRÍA DE AGREGADO FINO							
Tamiz N°	Abertura (mm)	W Parcial (gr)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificación A.S.T.M C33	
3/8"	9.5	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
N° 4	4.75	29.40	4.42	4.42	95.58	95	100
N° 8	2.36	40.95	6.16	10.58	89.42	80	100
N° 16	1.18	76.39	11.48	22.06	77.94	50	85
N° 30	0.6	161.80	24.32	46.39	53.61	25	60
N° 50	0.3	220.82	33.20	79.58	20.42	5	30
N° 100	0.15	102.78	15.45	95.03	4.97	0	10
FONDO		33.03	4.97	100.00	0.00	---	---
TOTAL		665.17	100.00				
MÓDULO DE FINURA				MF	2.58 %		

Figura 25.

Curva granulométrica del agregado fino (Cantera Villingota, arena gruesa).



4.2.3. Análisis de resultados de granulometría de los agregados.

- *Agregado grueso (Calizas Huayco)*; en la Figura 24 se puede observar que el agregado grueso, cumple con las especificaciones de la NTE INEN 872 y ASTM C33 en la faja #6 con tamaño máximo nominal 3/4 (19mm) y que la curva granulométrica se encuentra dentro de los límites de la misma con un módulo de finura de 6.92% por lo que el material a utilizar (piedra $\frac{3}{4}$) es apta para su utilización en el diseño de mezclas de hormigones.
- *Agregado fino (Cantera Villingota)*; el agregado fino (arena negra) empleado en esta investigación también cumple con los requerimientos de la norma NTE INEN 872 y ASTM C33, esto se demuestra en la gráfica 25 en el cual se observa que la curva granulométrica del agregado fino se encuentra dentro de los límites requeridos con un módulo de finura de 2.58% y que es un material adecuado para su uso en las mezclas de hormigones.

Es importante destacar que la granulometría de los agregados puede afectar significativamente las propiedades del hormigón, como la trabajabilidad, la resistencia, la durabilidad y la adherencia. Por lo tanto, los resultados del análisis de granulometría deben ser cuidadosamente evaluados y considerados al momento de diseñar y construir estructuras de concreto.

4.3. RESULTADOS DE ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Los resultados obtenidos de los ensayos de resistencia a la compresión en las probetas a las edades de 7, 14, 21 y 28 días, incluyen información relevante sobre la muestra probada en términos de la carga máxima y resistencia correspondiente. Además, se discutirán cualquier anomalía o comportamiento inusual observado durante el ensayo y su impacto en las conclusiones finales, se proporcionarán

detalles precisos y concisos sobre los resultados del ensayo de resistencia a la compresión.

4.3.1. Dosificación $f'c$ 240 kg/cm², muestras patrón de los hormigones elaborados con diferente cemento Tipo GU.

Las Tablas 41, 42 y 43 detallan los resultados obtenidos en los ensayos de resistencia a la compresión de las probetas elaboradas con los diseños patrones de los hormigones $f'c$ 240 kg/cm², además se podrá visualizar en una representación gráfica (Resistencia vs Edad) la variación de la resistencia a la compresión a las diferentes edades, estas se observan en la Figura 26, 27 y 28.

Tabla 41.

Resultados de ensayo a compresión (diseño patrón “ATS”).

Diseño patrón “ATS” $f'c$ 240 kg/cm ²										
Descripción de Probetas	Fecha (vaciado de muestra)	Dimensiones del cilindro					Vol m ³	Peso kg	δ kg/m ³	
		Diámetro (cm)			Altura cm	Área cm ²				
		D1	D2	Prom.						
REVENIMIENTO 7.5 cm	ATS 1	22/11/2022	15.24	15.08	15.16	29.58	180.50	0.005339	12.254	2295.05
	ATS 2	22/11/2022	15.24	15.19	15.22	29.97	181.82	0.005449	12.525	2298.57
	ATS 3	22/11/2022	15.13	15.18	15.16	30.20	180.39	0.005448	12.546	2303.01
	ATS 4	22/11/2022	15.30	15.20	15.25	30.00	182.65	0.005480	12.551	2290.49
	ATS 5	22/11/2022	15.15	15.08	15.12	30.10	179.43	0.005401	12.521	2318.28
	ATS 6	22/11/2022	15.18	15.11	15.15	30.04	180.15	0.005412	12.537	2316.68
	ATS 7	22/11/2022	15.20	15.20	15.20	30.03	181.46	0.005449	12.428	2280.70
	ATS 8	22/11/2022	15.20	15.18	15.19	30.16	181.22	0.005466	12.514	2289.60
Rotura										
Fecha	Edad (días)	Carga kN	Resistencia		Resistencia Prom.	Eficiencia %	Resistencia diseño	Eficiencia diseño %		
29/11/2022	7	182.4	10.32	105.23	114.05	47.52	156.0	65		
29/11/2022		212.9	12.05	122.87						
6/12/2022	14	365.0	20.65	210.57	212.00	88.33	216.0	90		
6/12/2022		369.8	20.93	213.42						
13/12/2022	21	424.7	23.68	241.46	237.59	99.00	228.0	95		
13/12/2022		409.6	22.92	233.72						
20/12/2022	28	472.1	26.71	272.36	263.13	109.64	237.6	99		
20/12/2022		449.1	24.90	253.91						

Nota: Datos obtenidos del diseño patrón $f'c$ de 240 kg/cm² (cemento “ATS”).

Figura 26.

Curva Resistencia vs Edad (diseño patrón "ATS").

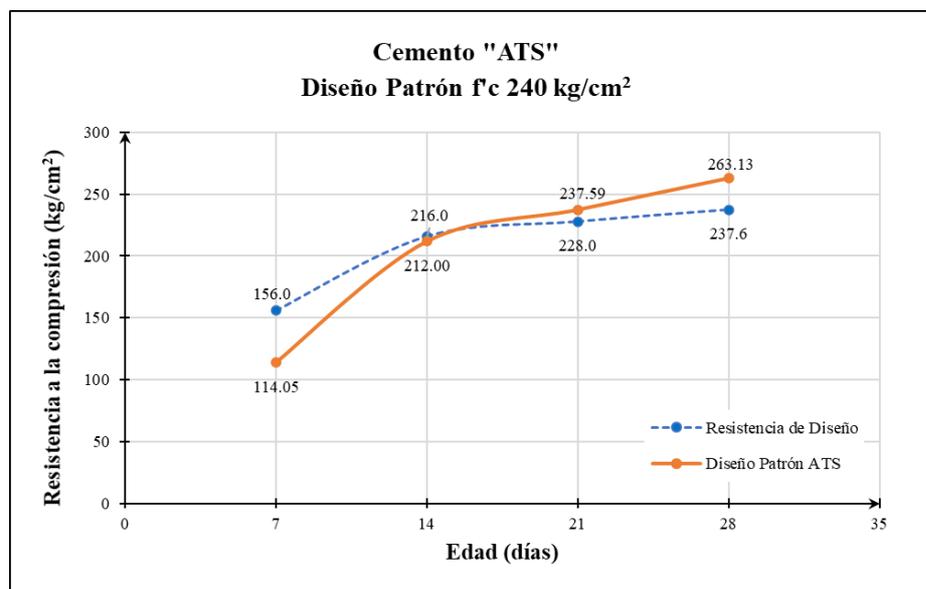


Tabla 42.

Resultados de ensayo a compresión (diseño patrón "HCLM").

Diseño patrón "HCLM" f'c 240 kg/cm ²										
Descripción de Probetas	Fecha (vaciado de muestra)	Dimensiones del cilindro					Vol m ³	Peso kg	δ kg/m ³	
		Diámetro (cm)			Altura cm	Área cm ²				
		D1	D2	Prom.						
REVENIMIENTO 6.5 cm	HLCM1	22/11/2022	15.20	15.18	15.19	30.06	181.22	0.005447	12.78	2347.33
	HLCM2	22/11/2022	15.14	15.35	15.25	30.04	182.53	0.005483	12.63	2304.07
	HLCM3	22/11/2022	15.12	15.20	15.16	30.06	180.50	0.005426	12.70	2341.70
	HLCM4	22/11/2022	15.28	15.27	15.28	30.00	183.25	0.005498	12.82	2332.65
	HLCM5	22/11/2022	15.11	15.09	15.10	30.03	179.08	0.005378	12.62	2347.09
	HLCM6	22/11/2022	15.14	15.10	15.12	30.05	179.55	0.005396	12.72	2358.04
	HLCM7	22/11/2022	15.24	15.18	15.21	30.02	181.70	0.005455	12.65	2319.16
	HLCM8	22/11/2022	15.19	15.22	15.21	30.00	181.58	0.005447	12.68	2329.40
Rotura										
Fecha	Edad (días)	Carga kN	Resistencia		Resistencia Prom.	Eficiencia %	Resistencia diseño	Eficiencia diseño %		
			Mpa	kg/cm ²						
29/11/2022	7	311.2	17.61	179.57	187.73	78.22	156.0	65		
29/11/2022		339.5	19.21	195.88						
6/12/2022	14	444.7	25.16	256.56	258.80	107.83	216.0	90		
6/12/2022		452.4	25.60	261.04						
13/12/2022	21	460.6	26.06	265.73	266.86	111.19	228.0	95		
13/12/2022		464.4	26.28	267.98						
20/12/2022	28	476.3	26.95	274.81	275.98	114.99	237.6	99		
20/12/2022		480.2	27.18	277.15						

Figura 27.

Curva Resistencia vs Edad (diseño patrón "HLCM").

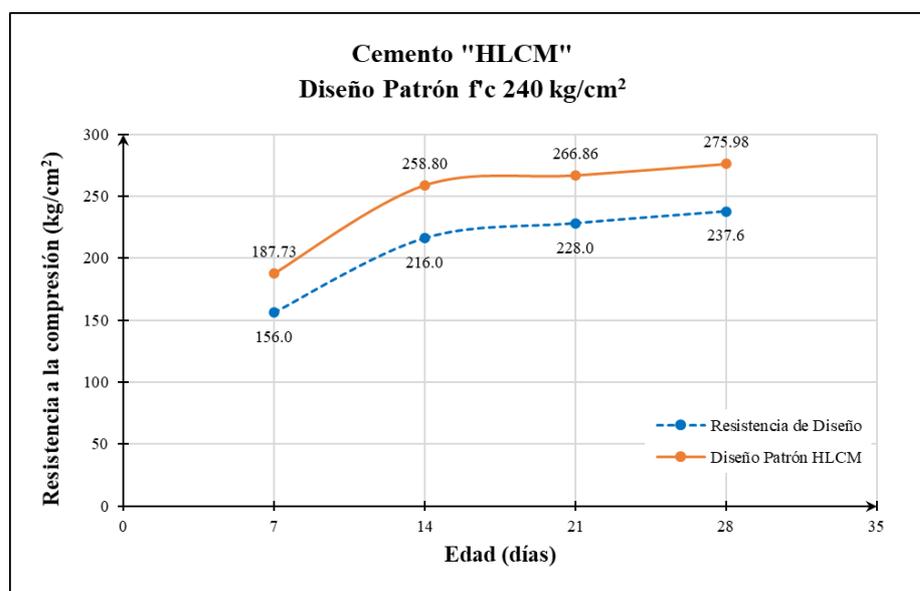


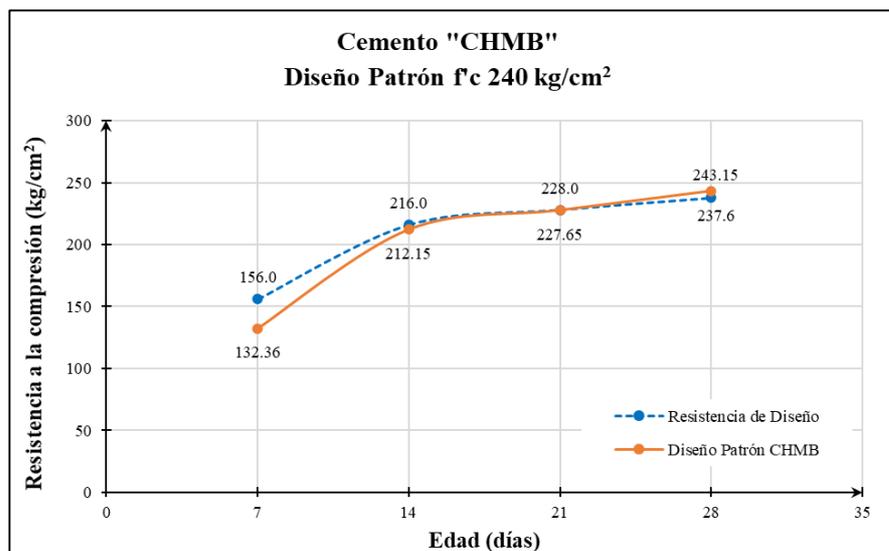
Tabla 43.

Resultados de ensayo a compresión (diseño patrón "CHMB").

Diseño patrón "CHMB" f'c 240 kg/cm²										
Descripción de Probetas	Fecha (vaciado de muestra)	Dimensiones del cilindro					Vol m³	Peso kg	δ kg/m³	
		Diámetro (cm)			Altura cm	Área cm²				
		D1	D2	Prom.						
REVENIMIENTO 4.4 cm	CHMB1	22/11/2022	15.10	15.07	15.09	30.22	178.72	0.005401	12.439	2303.09
	CHMB2	22/11/2022	14.96	14.96	14.96	30.15	175.77	0.005300	12.192	2300.57
	CHMB3	22/11/2022	15.26	15.15	15.21	30.06	181.58	0.005458	12.671	2321.45
	CHMB4	22/11/2022	15.17	15.20	15.19	30.26	181.10	0.005480	12.577	2295.03
	CHMB5	22/11/2022	15.08	15.11	15.10	30.16	178.96	0.005397	12.532	2321.84
	CHMB6	22/11/2022	15.03	15.06	15.05	30.04	177.78	0.005340	12.604	2360.12
	CHMB7	22/11/2022	15.16	15.18	15.17	30.00	180.74	0.005422	12.646	2332.23
	CHMB8	22/11/2022	15.21	15.14	15.18	30.00	180.86	0.005426	12.492	2302.31
Rotura										
Fecha	Edad (días)	Carga kN	Resistencia		Resistencia Prom.	Eficiencia %	Resistencia diseño	Eficiencia diseño %		
			Mpa	kg/cm²						
29/11/2022	7	216.1	12.23	124.71	132.26	55.15	156.0	65		
29/11/2022		242.7	13.73	140.00						
6/12/2022	14	355.6	20.12	205.16	212.15	88.40	216.0	90		
6/12/2022		379.8	21.49	219.13						
13/12/2022	21	398.6	22.55	229.94	227.65	94.85	228.0	95		
13/12/2022		390.7	22.10	225.35						
20/12/2022	28	425.7	24.08	245.54	243.15	101.31	237.6	99		
20/12/2022		417.3	23.61	240.75						

Figura 28.

Curva Resistencia vs Edad (diseño patrón "CHBM").



4.3.2. Dosificación f'c 240 kg/cm², muestras patrón de los hormigones elaborados con diferente cemento Tipo GU y la adición del 0.5% de solución de lignosulfonato "A".

La Tabla 44 muestra los resultados del diseño patrón "ATS" con la inclusión del 0.5% de solución de lignosulfonato "A"

Tabla 44.

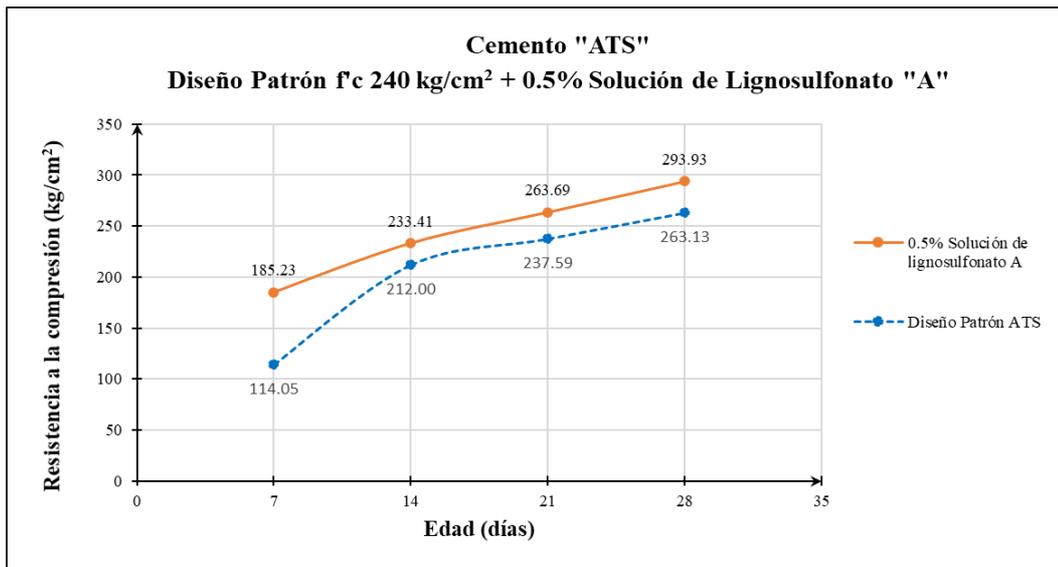
Resultados de ensayo a compresión, diseño patrón "ATS" más el 0,5% solución de lignosulfonato "A".

Diseño patrón "ATS" f'c 240 kg/cm ² + 0.5% solución de lignosulfonato "A"							
Revenimiento 8 cm							
Fecha (vaciado de muestra)	Fecha (rotura de muestra)	Edad (días)	Carga (kN)	Resistencia Prom.	Eficiencia (%)	Resistencia diseño	Eficiencia diseño %
23/11/2022	30/11/2022	7	315.9	185.23	77.18	156.0	65
23/11/2022	30/11/2022		326.0				
23/11/2022	7/12/2022	14	398.5	233.41	97.25	216.0	90
23/11/2022	7/12/2022		410.5				
23/11/2022	14/12/2022	21	455.2	263.69	109.87	228.0	95
23/11/2022	14/12/2022		458.7				
23/11/2022	21/11/2022	28	511.9	293.93	122.47	237.6	99
23/11/2022	21/11/2022		506.8				

La Figura 29 muestra la curva del Hormigón patrón “ATS” con la inclusión del 0.5% de solución de lignosulfonato “A”.

Figura 29.

Curva Resistencia vs Edad (patrón “ATS” + 0.5% solución de lignosulfonato “A”).



Los resultados obtenidos en el ensayo a compresión del diseño patrón “HLCM” con la inclusión del 0.5% de aditivo con solución de lignosulfonato “A” se muestra detalladamente en la Tabla 45 y en la Figura 30 se muestra la curva resistencia vs edad en la que se compara su comportamiento frente al hormigón patrón del mismo.

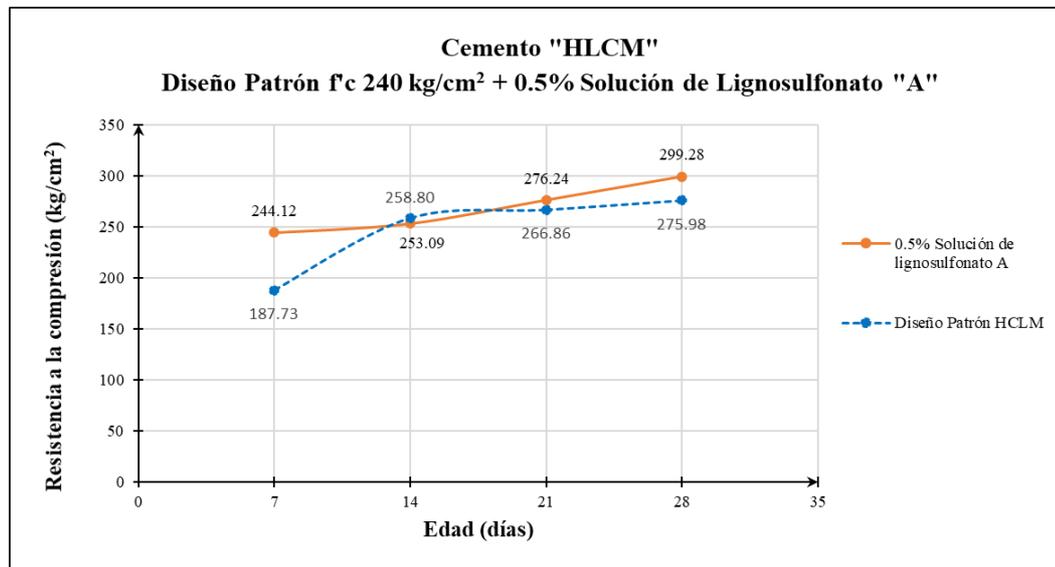
Tabla 45.

Resultados de ensayo a compresión, diseño patrón “HLCM” más el 0,5% solución de lignosulfonato “A”.

Diseño patrón “HLCM” f'c 240 kg/cm ² + 0.5% solución de lignosulfonato “A”							
Revenimiento 7 cm							
Fecha (vaciado de muestra)	Fecha (rotura de muestra)	Edad (días)	Carga kN	Resistencia Prom.	Eficiencia %	Resistencia diseño	Eficiencia diseño %
24/11/2022	1/12/2022	7	411.9	244.12	101.72	156.0	65
24/11/2022	1/12/2022		434.1				
24/11/2022	8/12/2022	14	439.1	253.09	105.45	216.0	90
24/11/2022	8/12/2022		438.0				
24/11/2022	15/12/2022	21	487.6	276.24	115.10	228.0	95
24/11/2022	15/12/2022		469.9				
24/11/2022	22/12/2022	28	535.9	299.28	124.70	237.6	99
24/11/2022	22/12/2022		501.6				

Figura 30.

Curva Resistencia vs Edad (patrón “HLCM” + 0.5% solución de lignosulfonato “A”).



En la Tabla 46 se muestran los resultados del diseño patrón “CHMB” con la inclusión del 0.5% de aditivo con solución de lignosulfonato “A”, de igual manera se hace la respectiva comparación de las resistencias obtenidas con el

hormigón patrón en la curva resistencia vs edad en la que se puede apreciar cómo influye este aditivo en la mezcla de hormigón, Figura 31.

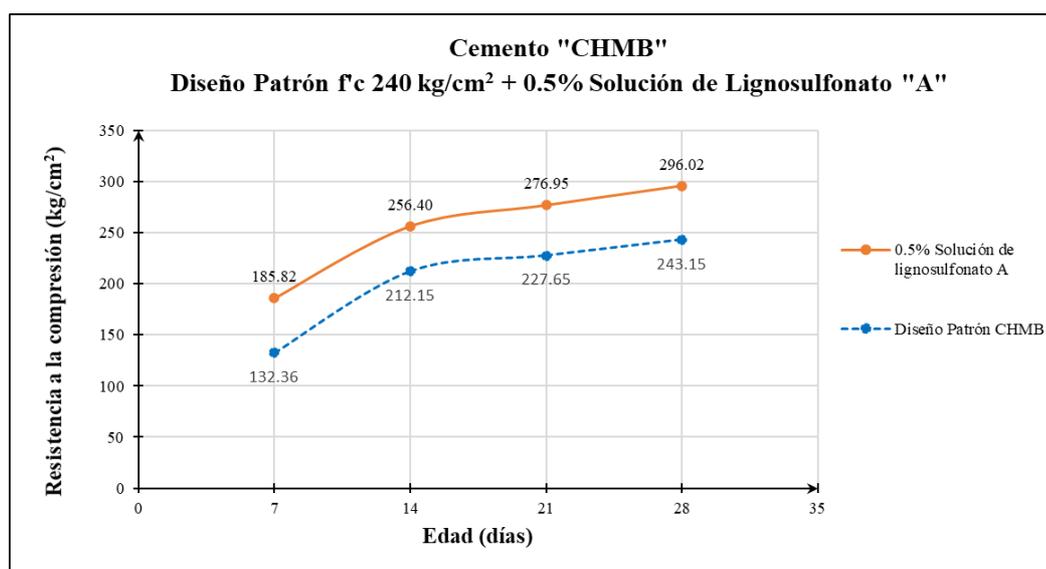
Tabla 46.

Resultados de ensayo a compresión, diseño patrón "CHMB" más el 0,5% solución de lignosulfonato "A".

Diseño patrón "CHMB" f'c 240 kg/cm ² + 0.5% solución de lignosulfonato "A"							
Revenimiento 4.5 cm							
Fecha (vaciado de muestra)	Fecha (rotura de muestra)	Edad (días)	Carga kN	Resistencia Prom.	Eficiencia %	Resistencia diseño	Eficiencia diseño %
24/11/2022	1/12/2022	7	312.0	185.82	77.43	156.0	65
24/11/2022	1/12/2022		332.0				
24/11/2022	8/12/2022	14	446.5	256.40	106.83	216.0	90
24/11/2022	8/12/2022		442.1				
24/11/2022	15/12/2022	21	481.0	276.95	115.40	228.0	95
24/11/2022	15/12/2022		478.9				
24/11/2022	22/12/2022	28	515.5	296.02	123.34	237.6	99
24/11/2022	22/12/2022		510.6				

Figura 31.

Curva Resistencia vs Edad (patrón "CHMB" + 0.5% solución de lignosulfonato "A").



4.3.3. Dosificación $f'c$ 240 kg/cm², muestras patrón de los hormigones elaborados con diferente cemento Tipo GU más la adición del 0.5% de solución de lignosulfonato “B”.

En la Tabla 47 se muestran los resultados del diseño patrón “ATS” con la inclusión del 0.5% de aditivo con solución de lignosulfonato “B”, de igual manera se hace la respectiva comparación de las resistencias obtenidas con el hormigón patrón en la curva resistencia vs edad en la que se puede apreciar cómo influye este aditivo en la mezcla de hormigón, Figura 32.

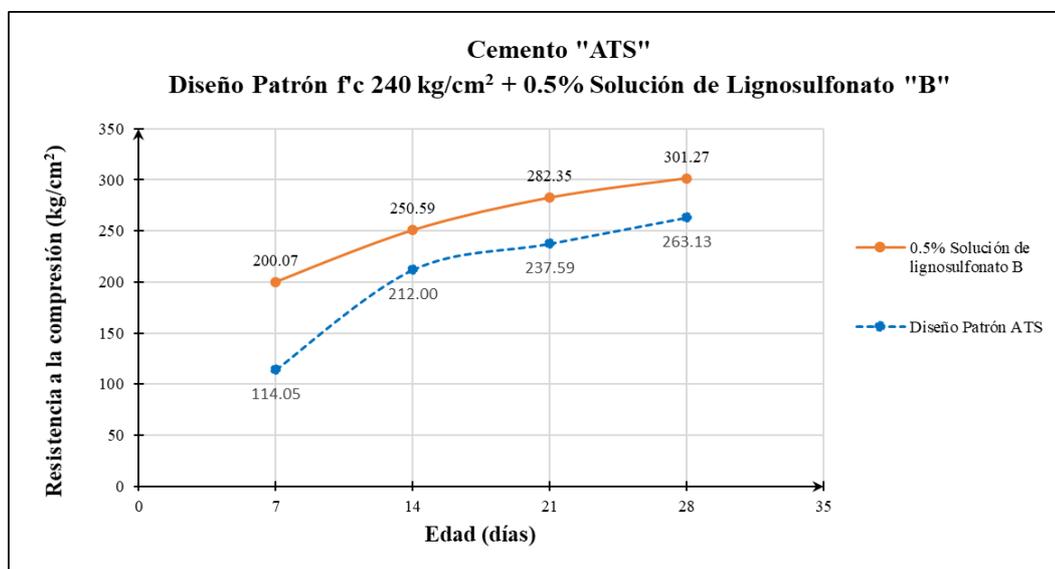
Tabla 47.

Resultados de ensayo a compresión, diseño patrón “ATS” más el 0,5% solución de lignosulfonato “B”.

Diseño patrón “ATS” $f'c$ 240 kg/cm ² + 0.5% solución de lignosulfonato “B”							
Revenimiento 8.5 cm							
Fecha (vaciado de muestra)	Fecha (rotura de muestra)	Edad (días)	Carga kN	Resistencia Prom.	Eficiencia %	Resistencia diseño	Eficiencia diseño %
24/11/2022	1/12/2022	7	354.4	200.07	83.36	156.0	65
24/11/2022	1/12/2022		338.9				
24/11/2022	8/12/2022	14	451.9	250.59	104.41	216.0	90
24/11/2022	8/12/2022		416.8				
24/11/2022	15/12/2022	21	507.6	282.35	117.65	228.0	95
24/11/2022	15/12/2022		471.2				
24/11/2022	22/12/2022	28	518.6	301.27	125.53	237.6	99
24/11/2022	22/12/2022		525.5				

Figura 32.

Curva Resistencia vs Edad (patrón “ATS” + 0.5% solución de lignosulfonato “B”).



Los resultados obtenidos en el ensayo a compresión del diseño patrón “HLCM” con la inclusión del 0.5% de aditivo con solución de lignosulfonato “B” se presentan en la Tabla 48 y la representación gráfica de los resultados en la Figura 33 en la que se muestra la curva resistencia vs edad.

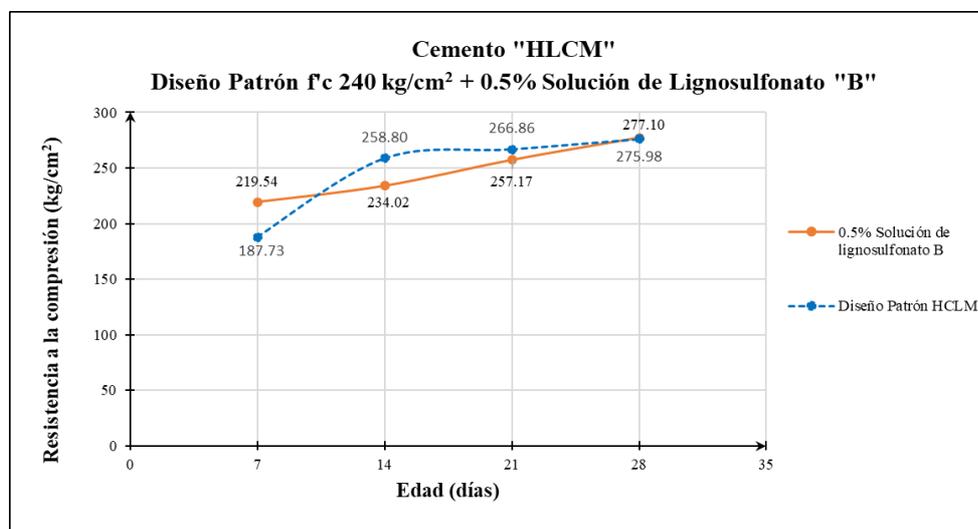
Tabla 48.

Resultados de ensayo a compresión, diseño patrón “HLCM” más el 0,5% solución de lignosulfonato “B”.

Diseño patrón “HLCM” f'c 240 kg/cm ² + 0.5% solución de lignosulfonato “B”							
Revenimiento 7.5 cm							
Fecha (vaciado de muestra)	Fecha (rotura de muestra)	Edad (días)	Carga kN	Resistencia Prom.	Eficiencia %	Resistencia diseño	Eficiencia diseño %
24/11/2022	1/12/2022	7	381.8	219.54	91.48	156.0	65
24/11/2022	1/12/2022		379.0				
24/11/2022	8/12/2022	14	419.6	234.02	97.51	216.0	90
24/11/2022	8/12/2022		391.3				
24/11/2022	15/12/2022	21	453.4	257.17	107.15	228.0	95
24/11/2022	15/12/2022		437.9				
24/11/2022	22/12/2022	28	487.1	277.10	115.46	237.6	99
24/11/2022	22/12/2022		473.3				

Figura 33.

Curva Resistencia vs Edad (patrón "HLCM" + 0.5% solución de lignosulfonato "B").



A continuación, se presentan los resultados del diseño patrón "CHMB" Tabla 49, que incluye un 0,5% de aditivo de solución de lignosulfonato "B". Además, se ha realizado una comparación entre las resistencias obtenidas en la muestra con el hormigón patrón, representadas en una curva de resistencia vs edad. De esta forma, se puede evaluar claramente la influencia del aditivo en la mezcla de hormigón tal como se muestra en la Figura 34.

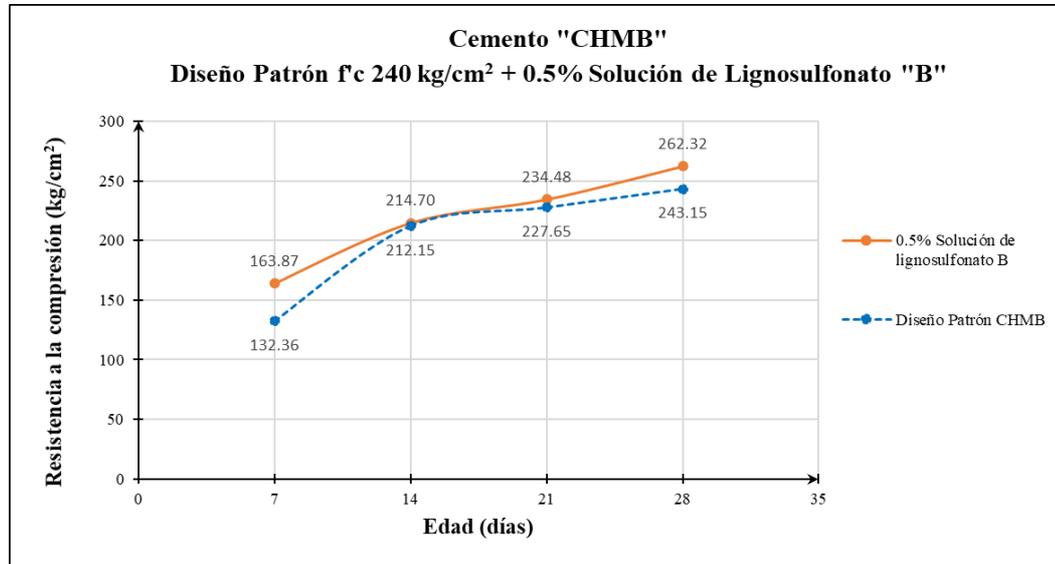
Tabla 49.

Resultados de ensayo a compresión, diseño patrón "CHMB" más el 0,5% solución de lignosulfonato "B".

Diseño patrón "CHMB" f'c 240 kg/cm ² + 0.5% solución de lignosulfonato "B"							
Revenimiento 6.5 cm							
Fecha (vaciado de muestra)	Fecha (rotura de muestra)	Edad (días)	Carga kN	Resistencia Prom.	Eficiencia %	Resistencia diseño	Eficiencia diseño %
28/11/2022	5/12/2022	7	287.5	163.87	68.28	156.0	65
28/11/2022	5/12/2022		280.4				
28/11/2022	12/12/2022	14	394.7	214.70	89.46	216.0	90
28/11/2022	12/12/2022		349.5				
28/11/2022	19/12/2022	21	403.9	234.48	97.70	228.0	95
28/11/2022	19/12/2022		406.7				
28/11/2022	26/12/2022	28	438.0	262.32	109.30	237.6	99
28/11/2022	26/12/2022		469.7				

Figura 34.

Curva Resistencia vs Edad (patrón "CHMB" + 0.5% solución de lignosulfonato "B").



4.3.4. Dosificación f'c 240 kg/cm², muestras patrón de los hormigones elaborados con diferente cemento Tipo GU más el 2.5% de aditivo impermeabilizante por cristalización.

En la Tabla 50 se muestran los resultados del diseño patrón "ATS" con la inclusión del 2.5% de aditivo impermeabilizante por cristalización, de igual manera se hace la respectiva comparación de las resistencias obtenidas con el hormigón patrón en la curva resistencia vs edad en la que se puede apreciar cómo influye este aditivo en la mezcla de hormigón, Figura 35.

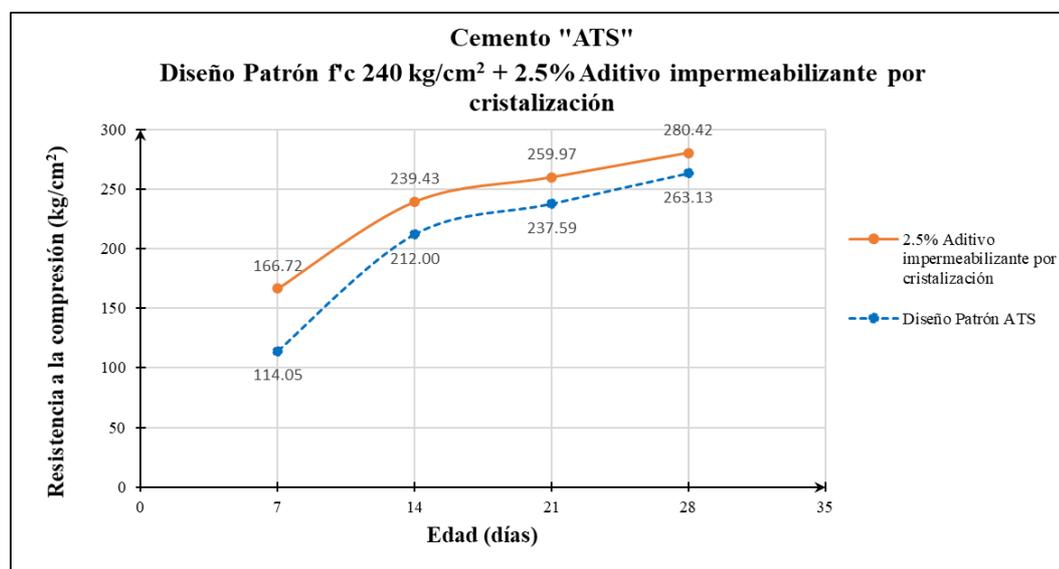
Tabla 50.

Resultados de ensayo a compresión, diseño patrón “ATS” más el 2,5% de aditivo impermeabilizante por cristalización.

Diseño patrón “ATS” f'c 240 kg/cm ² + 2.5% de aditivo impermeabilizante por cristalización							
Revenimiento 3.5 cm							
Fecha (vaciado de muestra)	Fecha (rotura de muestra)	Edad (días)	Carga kN	Resistencia Prom.	Eficiencia %	Resistencia diseño	Eficiencia diseño %
28/11/2022	5/12/2022	7	260.1	166.72	69.47	156.0	65
28/11/2022	5/12/2022	7	317.8				
28/11/2022	12/12/2022	14	424.8	239.43	99.76	216.0	90
28/11/2022	12/12/2022	14	405.0				
28/11/2022	19/12/2022	21	454.0	259.97	108.32	228.0	95
28/11/2022	19/12/2022	21	447.1				
28/11/2022	26/12/2022	28	483.0	280.42	116.84	237.6	99
28/11/2022	26/12/2022	28	489.0				

Figura 35.

Curva Resistencia vs Edad (patrón “ATS” + 2.5% de aditivo impermeabilizante por cristalización).



El hormigón patrón “HLCM” y la inclusión del 2.5% de aditivo impermeabilizante por cristalización obtuvo resultados favorables en cuanto al aumento de resistencia a la compresión a los 28 días los cuales se muestran detalladamente en la Tabla 51 y su representación gráfica en la Figura 36.

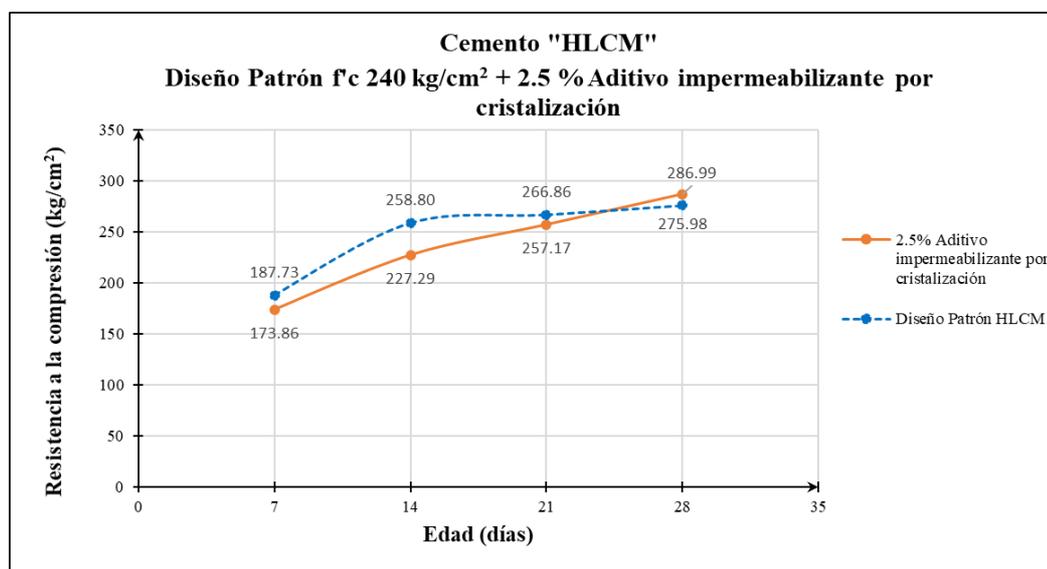
Tabla 51.

Resultados de ensayo a compresión, diseño patrón "HLCM" más el 2,5% de aditivo impermeabilizante por cristalización.

Diseño patrón "HLCM" f' c 240 kg/cm ² + 2.5% aditivo impermeabilizante por cristalización							
Revenimiento 5.5 cm							
Fecha (vaciado de muestra)	Fecha (rotura de muestra)	Edad (días)	Carga kN	Resistencia Prom.	Eficiencia %	Resistencia diseño	Eficiencia diseño %
28/11/2022	5/12/2022	7	316.4	173.86	72.44	156.0	65
28/11/2022	5/12/2022	7	286.2				
28/11/2022	12/12/2022	14	391.5	227.29	94.70	216.0	90
28/11/2022	12/12/2022	14	396.3				
28/11/2022	19/12/2022	21	433.3	257.17	107.15	228.0	95
28/11/2022	19/12/2022	21	458.1				
28/11/2022	26/12/2022	28	475.1	286.99	119.58	237.6	99
28/11/2022	26/12/2022	28	519.7				

Figura 36.

Curva Resistencia vs Edad (patrón "HLCM" + 2.5% de aditivo impermeabilizante por cristalización).



Los resultados del ensayo a compresión del diseño patrón "CHMB" con la adición del 2.5% de impermeabilizante por cristalización se detallan en la Tabla 52 y su comparativa en la curva resistencia vs edad en la Figura 37.

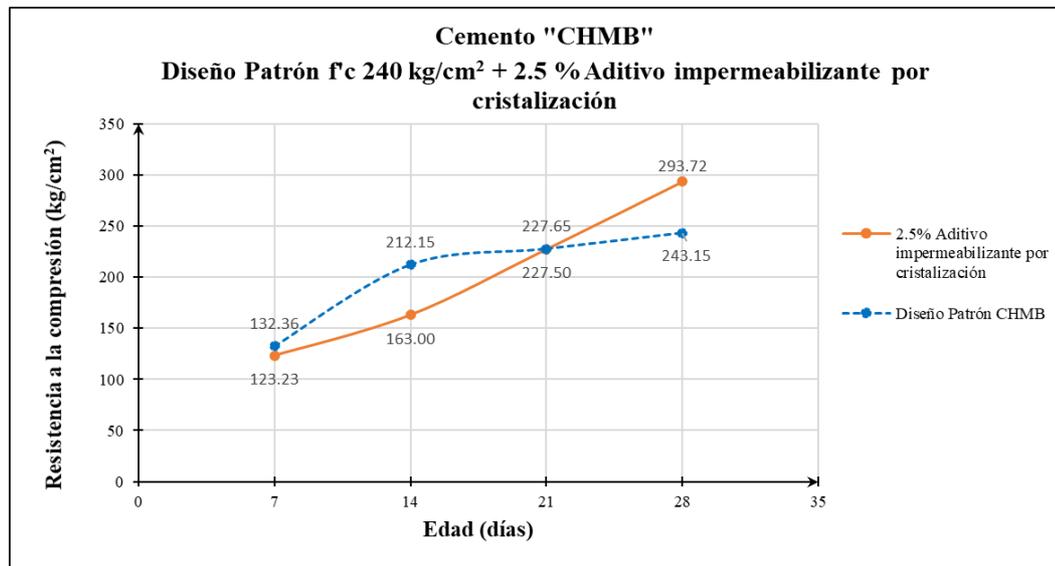
Tabla 52.

Resultados de ensayo a compresión, diseño patrón "CHMB" más el 2,5% de aditivo impermeabilizante por cristalización.

Diseño patrón "CHMB" f'c 240 kg/cm ² + 2.5% de aditivo impermeabilizante por cristalización							
Revenimiento 4 cm							
Fecha (vaciado de muestra)	Fecha (rotura de muestra)	Edad (días)	Carga kN	Resistencia Prom.	Eficiencia %	Resistencia diseño	Eficiencia diseño %
28/11/2022	5/12/2022	7	204.9	123.23	51.35	156.0	65
28/11/2022	5/12/2022	7	222.1				
28/11/2022	12/12/2022	14	288.8	163.00	67.92	216.0	90
28/11/2022	12/12/2022	14	276.2				
28/11/2022	19/12/2022	21	396.9	227.50	94.79	228.0	95
28/11/2022	19/12/2022	21	391.6				
28/11/2022	26/12/2022	28	504.9	293.72	122.39	237.6	99
28/11/2022	26/12/2022	28	513.2				

Figura 37.

Curva Resistencia vs Edad (patrón "CHMB" + 2.5% de aditivo impermeabilizante por cristalización).



4.3.5. Analisis de resultados de resistencia a la compresion de los hormigones elaborados con la inclusion de diferentes aditivos Tipo S.

- *Diseño de hormigón "ATS"*

Figura 38.

Curva Resistencia vs Edad (Hormigón "ATS" con la inclusión de diferentes aditivos Tipos S).

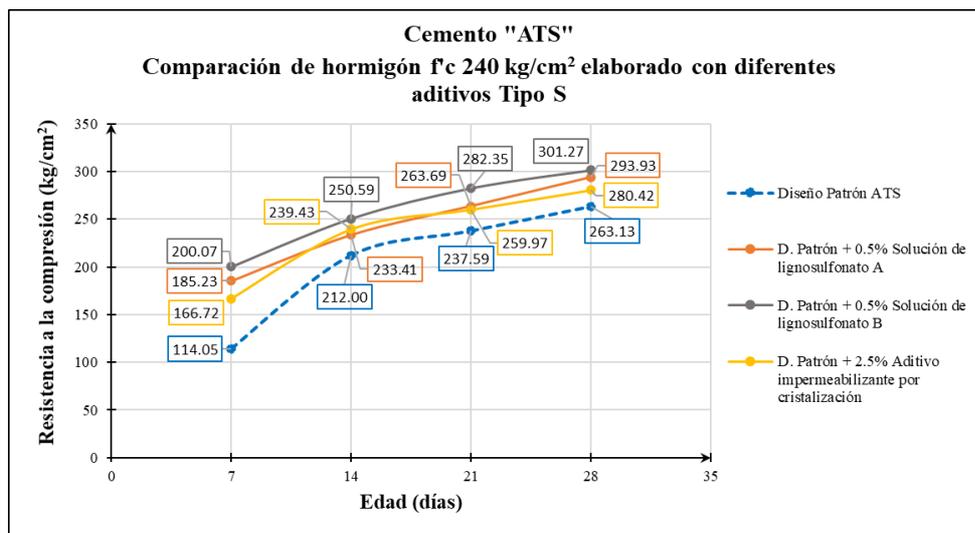
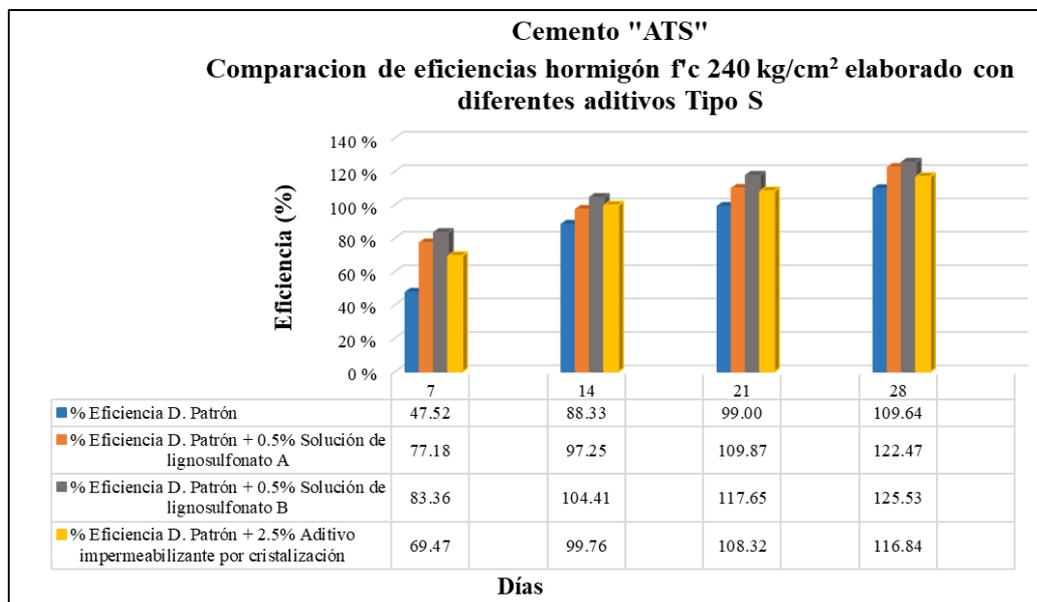


Figura 39.

Consolidado comparativo de eficiencias del Hormigón "ATS" con la inclusión de diferentes aditivos Tipos S.

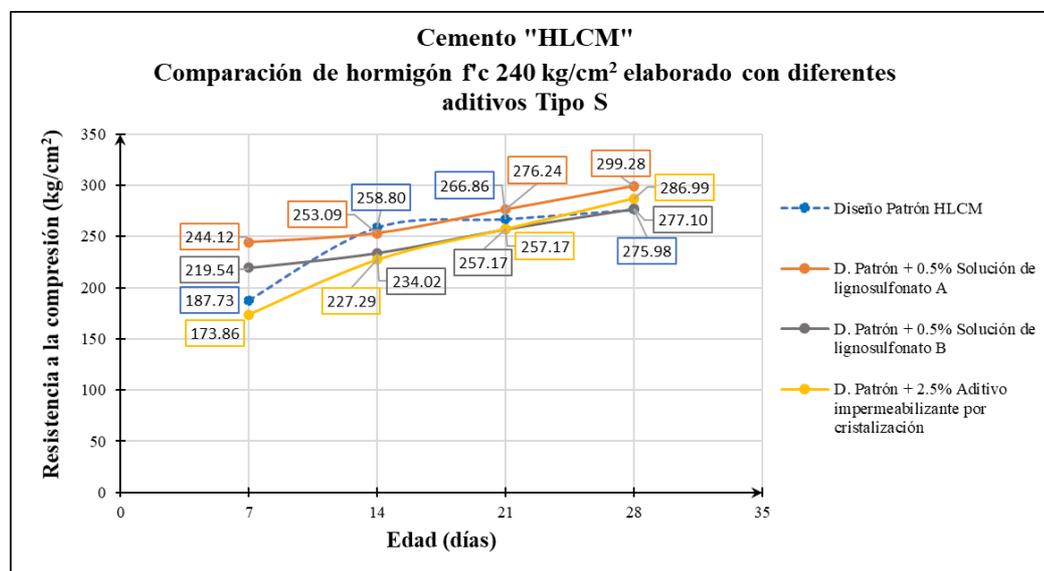


En la Figura 38 muestra que la inclusión de diferentes aditivos Tipo S en la mezcla de hormigón “ATS”, aumenta la resistencia a la compresión considerablemente en comparación al diseño patrón a edades de 7, 14, 21 y 28 días, alcanzando a los 28 días una resistencia máxima de 293.93 kg/cm² con la inclusión del 0.5% de solución de lignosulfonato “A”, 301.27 kg/cm² con el 0.5% de solución de lignosulfonato “B” y 280.42 kg/cm² con el 2.5% de aditivo impermeabilizante por cristalización, mostrando una mayor resistencia con la inclusión de solución de lignosulfonato “B”. Así mismo se muestra en la Figura 39 la comparación de las eficiencias alcanzadas en el hormigón con la inclusión de aditivos Tipo S a diferentes edades, respecto a las eficiencias obtenidas en el diseño patrón del hormigón.

- **Diseño de hormigón “HLCM”**

Figura 40.

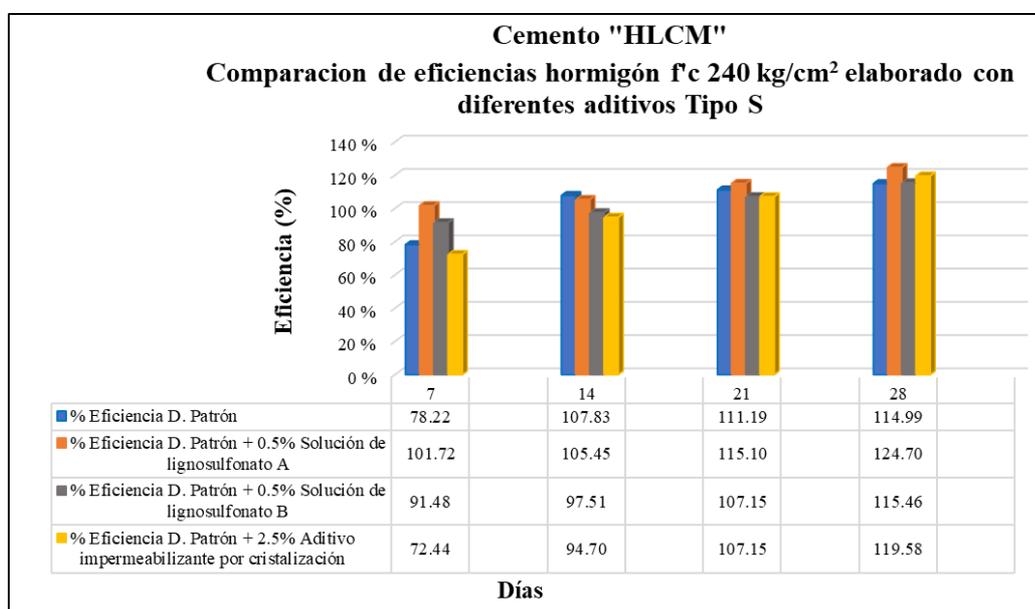
Curva Resistencia vs Edad (Hormigón “HLCM” con la inclusión de diferentes aditivos Tipos S).



La Figura 41 presenta la comparación de las eficiencias alcanzadas en el hormigón a diferentes edades comparándolas con las eficiencias del diseño patrón.

Figura 41.

Consolidado comparativo de eficiencias del Hormigón "HLCM" con la inclusión de diferentes aditivos Tipos S.

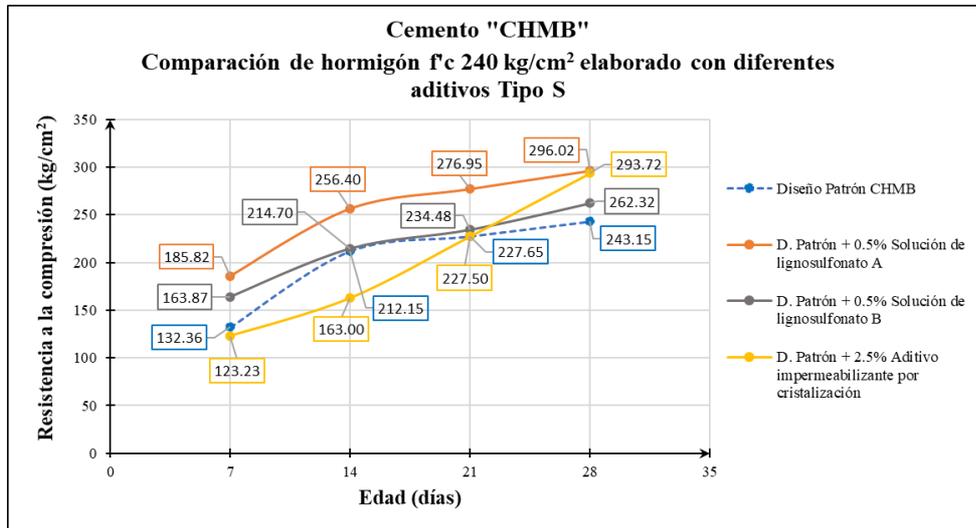


La Figura 40 muestra que la inclusión del 0.5% de solución de lignosulfonato "A", 0.5% de solución de lignosulfonato "B" y 2.5% de aditivo impermeabilizante por cristalización en el hormigón "HLCM", aumentan la resistencia a la compresión considerablemente en comparación al diseño patrón a edades de 7, 14, 21 y 28 días, alcanzando a los 28 días una resistencia máxima de 299.28 kg/cm², 277.10 kg/cm² y 286.99 kg/cm² respectivamente, obteniendo una mayor resistencia con la inclusión de solución de lignosulfonato "A".

- **Diseño de hormigón "CHMB"**

Figura 42.

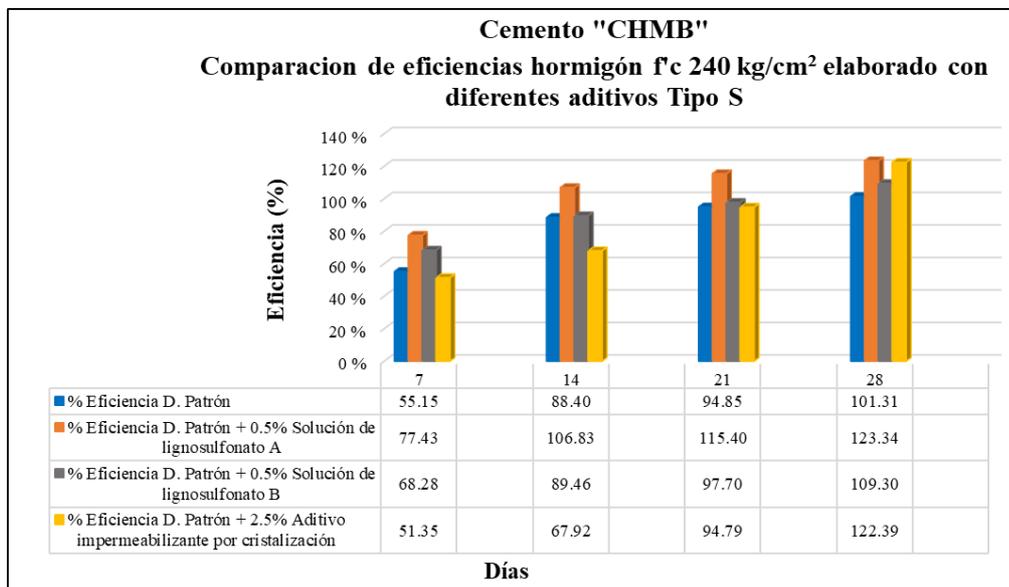
Curva Resistencia vs Edad (Hormigón "CHMB" con la inclusión de diferentes aditivos Tipos S).



La Figura 43 presenta la comparación de las eficiencias alcanzadas a diferentes edades en el hormigón con la inclusión de aditivos Tipo S, respecto a las eficiencias obtenidas con el diseño patrón del hormigón.

Figura 43.

Consolidado comparativo de eficiencias del Hormigón "CHMB" con la inclusión de diferentes aditivos Tipos S.



La Figura 42 muestra que la inclusión del 0.5% de solución de lignosulfonato “A”, 0.5% de solución de lignosulfonato “B” y 2.5% de aditivo impermeabilizante por cristalización en el hormigón “CHMB”, aumentan la resistencia a la compresión considerablemente en comparación al diseño patrón a edades de 7, 14, 21 y 28 días, alcanzando a los 28 días una resistencia máxima de 296.02 kg/cm², 262.32 kg/cm² y 293.72 kg/cm² respectivamente, obteniendo una mayor resistencia con la inclusión de solución de lignosulfonato “A”.

4.4. RESULTADOS DE ENSAYOS DE PERMEABILIDAD

Se presentan los resultados obtenidos de los ensayos de permeabilidad realizados en probetas de concreto utilizando tres variantes de aditivos tipo S. Se evaluó la influencia de los aditivos en la reducción de la permeabilidad del concreto, y se compararon los resultados entre las distintas variantes de aditivos utilizadas. Los ensayos se llevaron a cabo siguiendo estrictamente los procedimientos estándar para garantizar la fiabilidad y comparabilidad de los resultados. Este informe brinda una visión general de los hallazgos más relevantes y una interpretación de los mismos.

Los resultados de los ensayos de permeabilidad son de gran importancia para la industria del concreto, ya que la permeabilidad del concreto es un factor crítico que afecta la durabilidad y la resistencia a la corrosión de las estructuras de concreto. Por lo tanto, es fundamental comprender la influencia de los aditivos en la permeabilidad del concreto y utilizar esta información para mejorar la calidad y la durabilidad de las estructuras de concreto.

La Tabla 53 y Figura 44 muestran los resultados obtenidos en el ensayo de permeabilidad de los hormigones elaborados con diferentes cementos Tipo GU.

4.4.1. Diseño patrón de los hormigones elaborados con diferente cemento Tipo GU sin la inclusión de aditivo impermeabilizante.

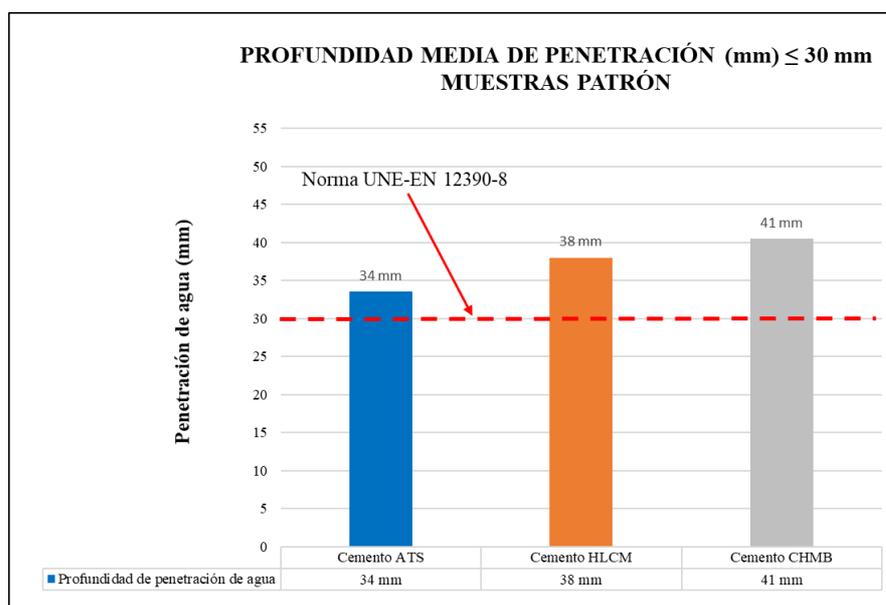
Tabla 53.

Resultados de ensayo de permeabilidad, diseños patrón.

ENSAYO DE PERMEABILIDAD EN MUESTRAS DE HORMIGÓN ENDURECIDO					
RESISTENCIA DE DISEÑO 240 kg/cm ²					
Identificación de muestras		Dirección de aplicación del agua a presión	Observaciones	Profundidad de penetración	
Probeta	Carga aplicada (kpa)			máx. (mm)	Prom. (mm)
ATS1 (S.A)	500	Puntual en dirección perpendicular a la base	Regulación de presión de agua por fugas	35	34
ATS2 (S.A)	500	Puntual en dirección perpendicular a la base	Ninguna	32	
HLCM1 (S.A)	500	Puntual en dirección perpendicular a la base	Regulación de presión de agua por fugas	39	38
HCLM2 (S.A)	500	Puntual en dirección perpendicular a la base	Ninguna	37	
CHMB1 (S.A)	500	Puntual en dirección perpendicular a la base	Regulación de presión de agua por fugas	41	41
CHMB2 (S.A)	500	Puntual en dirección perpendicular a la base	Regulación de presión de agua por fugas	40	

Figura 44.

Consolidado comparativo de penetración de agua bajo presión (Diseños patrón).



4.4.2. Diseño patrón de los hormigones elaborados con diferente cemento Tipo GU y la inclusión de aditivo impermeabilizante “A”.

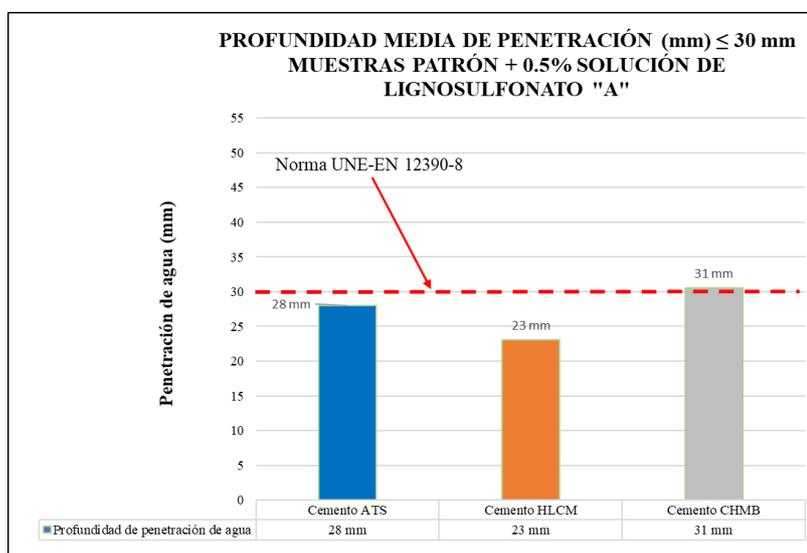
Tabla 54.

Resultados de ensayo de permeabilidad, diseños patrón más el 0.5% de solución de lignosulfonato “A”.

ENSAYO DE PERMEABILIDAD EN MUESTRAS DE HORMIGÓN ENDURECIDO					
RESISTENCIA DE DISEÑO 240 kg/cm ²					
Identificación de muestras		Dirección de aplicación del agua a presión	Observaciones	Profundidad de penetración	
Probeta	Carga aplicada (kpa)			máx. (mm)	Prom. (mm)
ATS 1 (C.A)	500	Puntual en dirección perpendicular a la base	Ninguna	26	28
ATS 2 (C.A)	500	Puntual en dirección perpendicular a la base	Ninguna	30	
HLCM 1 (C.A)	500	Puntual en dirección perpendicular a la base	Regulación de presión de agua por fugas	21	23
HCLM 2 (C.A)	500	Puntual en dirección perpendicular a la base	Ninguna	25	
CHMB 1 (C.A)	500	Puntual en dirección perpendicular a la base	Regulación de presión de agua por fugas	32	31
CHMB 2 (C.A)	500	Puntual en dirección perpendicular a la base	Ninguna	29	

Figura 45.

Consolidado comparativo de penetración de agua bajo presión (Diseños patrón más el 0.5% de solución de lignosulfonato “A”).



4.4.3. Diseño patrón de los hormigones elaborados con diferente cemento Tipo GU y la inclusión de aditivo impermeabilizante “B”.

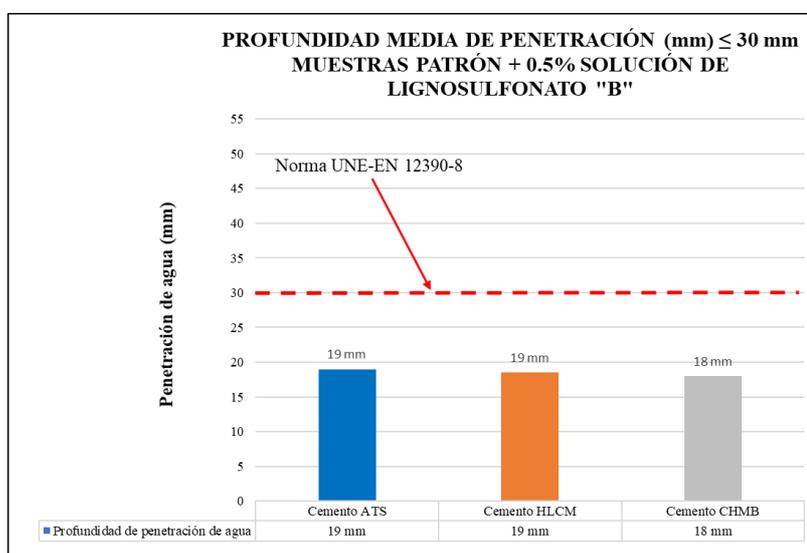
Tabla 55.

Resultados de ensayo de permeabilidad, diseños patrón más el 0.5% de solución de lignosulfonato “B”.

ENSAYO DE PERMEABILIDAD EN MUESTRAS DE HORMIGÓN ENDURECIDO					
RESISTENCIA DE DISEÑO 240 kg/cm ²					
Identificación de muestras		Dirección de aplicación del agua a presión	Observaciones	Profundidad de penetración	
Probeta	Carga aplicada (kpa)			máx. (mm)	Prom. (mm)
ATS 1 (C.A)	500	Puntual en dirección perpendicular a la base	Ninguna	23	19
ATS 2 (C.A)	500	Puntual en dirección perpendicular a la base	Ninguna	15	
HLCM 1 (C.A)	500	Puntual en dirección perpendicular a la base	Ninguna	16	19
HCLM 2 (C.A)	500	Puntual en dirección perpendicular a la base	Ninguna	21	
CHMB 1 (C.A)	500	Puntual en dirección perpendicular a la base	Ninguna	19	18
CHMB 2 (C.A)	500	Puntual en dirección perpendicular a la base	Ninguna	17	

Figura 46.

Consolidado comparativo de penetración de agua bajo presión (Diseños patrón más el 0.5% de solución de lignosulfonato “B”).



4.4.4. Diseño patrón de los hormigones elaborados con diferente cemento Tipo GU y la inclusión de aditivo impermeabilizante por cristalización.

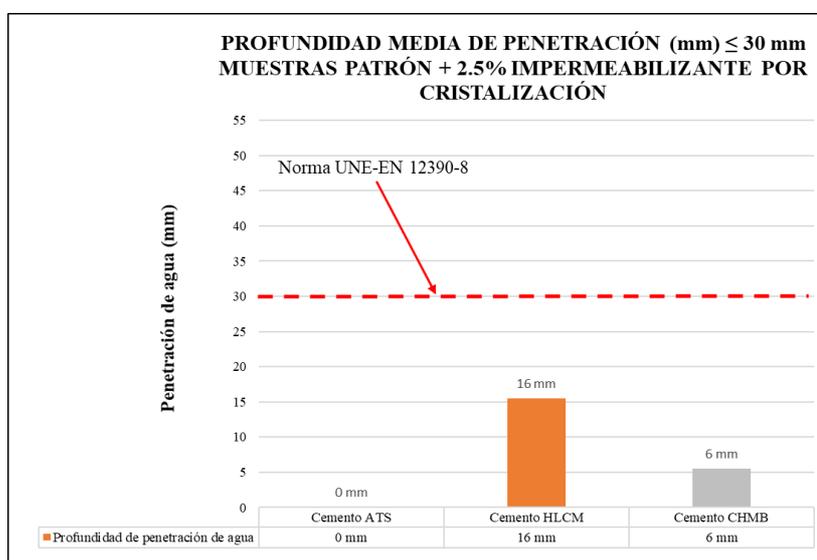
Tabla 56.

Resultados de ensayo de permeabilidad, diseños patrón más el 2.5% de aditivo impermeabilizante por cristalización.

ENSAYO DE PERMEABILIDAD EN MUESTRAS DE HORMIGÓN ENDURECIDO					
RESISTENCIA DE DISEÑO 240 kg/cm ²					
Identificación de muestras		Dirección de aplicación del agua a presión	Observaciones	Profundidad de penetración	
Probeta	Carga aplicada (kpa)			máx. (mm)	Prom. (mm)
ATS 1 (C.A)	500	Puntual en dirección perpendicular a la base	Ninguna	0	0
ATS 2 (C.A)	500	Puntual en dirección perpendicular a la base	Ninguna	0	
HLCM 1 (C.A)	500	Puntual en dirección perpendicular a la base	Ninguna	18	16
HCLM 2 (C.A)	500	Puntual en dirección perpendicular a la base	Ninguna	13	
CHMB 1 (C.A)	500	Puntual en dirección perpendicular a la base	Ninguna	6	6
CHMB 2 (C.A)	500	Puntual en dirección perpendicular a la base	Ninguna	5	

Figura 47.

Consolidado comparativo de penetración de agua bajo presión (Diseños patrón más el 2.5% de aditivo impermeabilizante por cristalización).



4.4.5. Análisis de los resultados de ensayos de permeabilidad.

Los resultados obtenidos en los ensayos de permeabilidad de los hormigones elaborados con diferentes tipo de cemento GU y que se presentan en la Tabla 54 y Figura 45, muestran que al adicionar en la mezcla el 0.5% de solución de lignosulfonato “A”, el hormigón logra una reducción de penetración al agua en un 17.65% en el hormigón elaborado con cemento “ATS”, 39.47% en el hormigón elaborado con cemento “HLCM” y en el hormigón elaborado con cemento “CHMB” el 24.39%, mostrando un mejor desempeño con el diseño de hormigón “HLCM” en el que obtiene un porcentaje más alto en cuanto a la reducción de penetración de agua, todos estos porcentajes son en comparación con la muestra de hormigón patrón elaborado para cada tipo de cemento GU.

Así mismo cuando se incorpora en la mezcla de hormigón el 0.5% de solución de lignosulfonato “B”, los resultados de ensayos de permeabilidad de la Tabla 55 y Figura 46, indicaron que el aditivo tuvo un efecto positivo en cada mezcla elaborada presentando una reducción de penetración de agua del 44.12% en el hormigón “ATS”, el 50% en el hormigón “HLCM” y 56.10% en el hormigón “CHMB”, mostrando que el aditivo tuvo un mejor comportamiento con el hormigón elaborado con cemento “CHMB”, además que este aditivo obtuvo un mejor resultado en comparación a los diseños de hormigón elaborados con la inclusión de solución de lignosulfonato “A”.

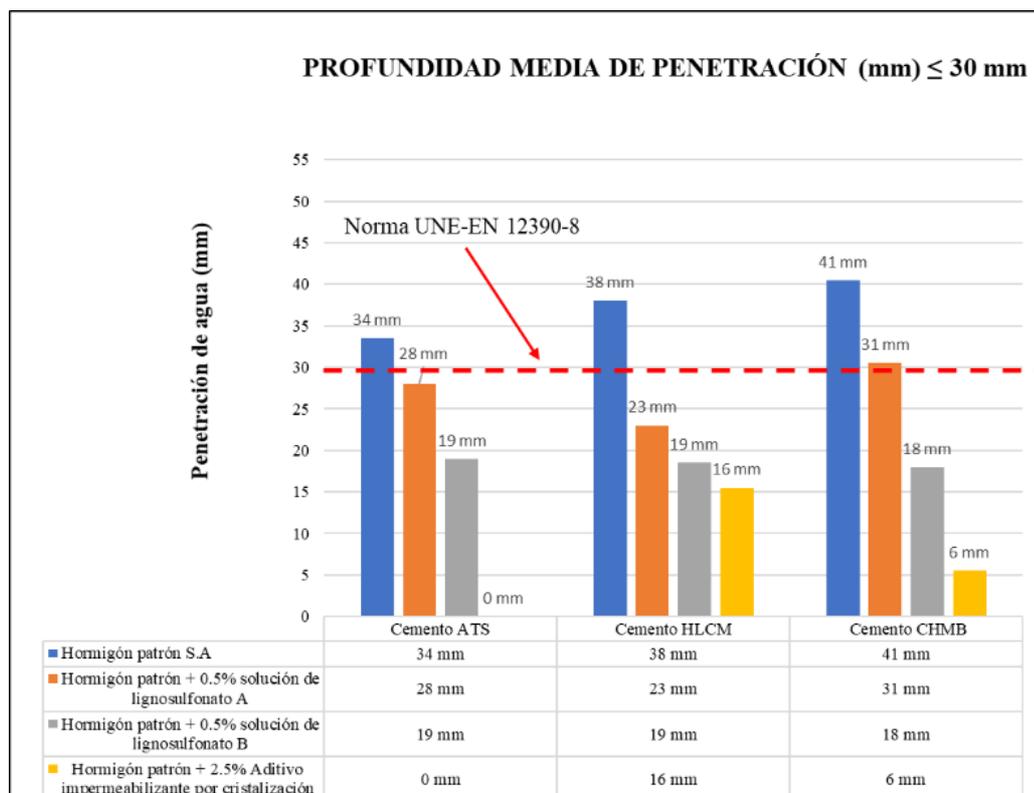
Por último, con la inclusión del 2.5% de aditivo impermeabilizante por cristalización en los diferentes diseños de hormigón, los resultados presentados en la Tabla 56 y Figura 47, mostraron que este tipo de aditivo tuvo un mejor desempeño en cuanto a la reducción de penetración de agua, logrando el 100% de reducción en el hormigón elaborado con cemento “ATS”, 57.89% en el hormigón elaborado con cemento “HLCM” y 85.37% en el hormigón elaborado con cemento “CHMB”, mostrando mejores resultados con la inclusión de este aditivo en comparación a los hormigones elaborados con la adición de solución de lignosulfonatos.

Se demuestra entonces que los aditivos Tipo S reductores de permeabilidad al ser añadidos en la mezcla de hormigón cumplen con su función de desempeño específico de acuerdo a la norma ASTM C494/C494M-2019, además que estos aditivos también mejoran la resistencia a la compresión de un hormigón convencional, siendo este acto para su uso en estructuras que estén expuestas constantemente al agua o ambientes de mucha humedad.

A continuación, se muestra en la Figura 48 el consolidado comparativo de penetración de agua bajo presión de los hormigones de baja permeabilidad elaborados con diferentes cementos Tipo Gu y la inclusión de aditivos Tipo S reductores de permeabilidad.

Figura 48.

Consolidado comparativo de penetración de agua bajo presión, hormigones elaborados con diferentes tipos de cemento GU y la inclusión de aditivos Tipo S.



4.5. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

El análisis de precios unitarios nos permitirá determinar el costo de producción de cada uno de los tres tipos de hormigones elaborados con aditivos Tipo S reductores de permeabilidad y se comparará con el costo del hormigón convencional para determinar su viabilidad económica para el uso en la zona costera de la provincia de Santa Elena.

Esta técnica es ampliamente utilizada en la industria de la construcción para determinar el costo real de producción para un proyecto y ayudar a la toma de decisiones en la selección de materiales y sistemas constructivos, tener una visión clara de los costos asociados con el uso de los diferentes tipos de hormigones con aditivos S y permitirá una evaluación objetiva del costo-beneficio de su uso.

En la Tabla 57 se muestra el resumen con los precios unitarios de los hormigones de resistencia $f'c$ 240 kg/cm² elaborados con la inclusión de aditivos tipo S reductores de permeabilidad, comparándolos con el precio unitario del hormigón patrón. En los Anexos del 64 al 75 se muestran más a detalles los precios unitarios de cada tipo de hormigón con la inclusión de aditivos Tipo S.

Tabla 57.

Resumen comparativo de precios unitarios.

Diseño 240 kg/cm ²	Precio unitario por m ³		
	Valor ofertado		
	ATS	HLCM	CHMB
Hormigón patrón	\$147.36	\$151.90	\$144.33
Hormigón patrón con 2.5% de aditivo impermeabilizante por cristalización	\$222.22	\$226.76	\$219.20
Hormigón patrón con 0.5% de solución de lignosulfonato "A"	\$154.56	\$159.09	\$151.53
Hormigón patrón con 0.5% de solución de lignosulfonato "B"	\$150.97	\$155.50	\$147.94

Se han considerado, los precios unitarios con base en los valores comerciales de la Provincia de Santa Elena, se determinaron valores diferentes para cada diseño de hormigón de baja permeabilidad debido al precio de cada tipo de aditivo y cemento, el hormigón “ATS”, para una resistencia $f'c$ 240 kg/cm² sin la incorporación de aditivos tiene un costo de \$147.36 por m³, con la inclusión de aditivo impermeabilizante por cristalización, solución de lignosulfonato “A” y solución de lignosulfonato “B”, el costo incrementa a \$222.22, \$154.56 y \$150.97 respectivamente tal como se detalla en la Tabla 57, siendo más caro el hormigón elaborado con aditivo impermeabilizante por cristalización, pero el que mejor comportamiento presenta en cuanto a la penetración de agua.

De igual manera el hormigón “HLCM” tiene un costo por m³ de \$151.90 sin la inclusión de aditivo, aumentando su precio a \$226.76 cuando se incorpora el aditivo impermeabilizante por cristalización, \$159.09 con la inclusión de lignosulfonato “A” y \$155.50 con la inclusión de lignosulfonato “B”, resultando más costoso el hormigón con la inclusión de impermeabilizante por cristalización, pero que presenta mejores resultados en cuanto a la penetración de agua bajo presión.

La fabricación del hormigón “CHMB” sin la inclusión de aditivo tiene un costo de \$144.33 por m³, con la inclusión de aditivo impermeabilizante por cristalización el costo es de \$219.20 siendo este más costoso en comparación al hormigón elaborado con solución de lignosulfonato “A” y “B”, que tienen un costo por m³ de \$151.53 y \$147,94 respectivamente, teniendo una mejor eficiencia a la penetración de agua el hormigón fabricado con el aditivo impermeabilizante por cristalización.

Es importante tener en cuenta que la incorporación de aditivos impermeabilizantes en el hormigón puede aumentar significativamente su costo. Sin embargo, estos aditivos también pueden mejorar significativamente la resistencia del hormigón a la penetración de agua y otros líquidos, lo que puede resultar en ahorros significativos en costos de mantenimiento y reparación a largo plazo, y por lo tanto aumentar la vida útil de la estructura en el que se empleara este tipo de hormigón de baja permeabilidad.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

✓ Los resultados obtenidos en este estudio demuestran que la incorporación de aditivos tipo S en hormigones $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$ son efectivos en la reducción de la permeabilidad del hormigón ya que son capaces de reducir la penetración de agua en el mismo, lo que reduce la posibilidad de daños por el medio ambiente, aumentando su durabilidad a largo plazo. Además, la inclusión del 2.5% de aditivo impermeabilizante por cristalización en el diseño de hormigón con cemento “ATS” y cemento “CHMB” mejoran de manera satisfactoria la resistencia a la compresión alcanzando un aumento del 7% y 20% en comparación al hormigón patrón de cada variante.

✓ El módulo de finura de los tres tipos de cemento GU cumplen con los requisitos físicos que establece la norma NTE INEN 152:2012, el agregado grueso con tamaño $\frac{3}{4}$ proveniente de la Cantera Calizas Huayco cumplió con los requerimientos establecidos en la norma NTE INEN 696, y de igual manera cumplió el agregado fino proveniente de la Cantera Villingota, pero para ello se tuvo que realizar el retiro de deletéreos a través del tamiz #4. Los componentes y agregados utilizados en este trabajo de investigación satisfacen los requisitos establecidos por las normas para el diseño de hormigón.

✓ Se elaboraron 9 diseños de mezclas de hormigón de baja permeabilidad aplicando los parámetros establecidos por la norma ACI 211.1, obteniendo dos diseños óptimos que se pueden implementar:

✓ El primer diseño se obtuvo con el cemento “ATS” y la inclusión del 2,5% de aditivo impermeabilizante por cristalización, el cual tuvo una penetración de agua nula, lo que lo categoriza como hormigón impermeable de acuerdo a la Norma Española UNE-EN 18390-8 y que se obtiene con la siguiente

dosificación: cemento 399.28 kg, agua 0.174 m³, agregado fino 0.294 m³, agregado grueso 0.355 m³; aditivo impermeabilizante por cristalización 9.982 kg, una relación a/c de 0.44 y un costo por 1 m³ de \$222.22.

- ✓ El segundo diseño se obtuvo con el cemento “CHMB” y la adición del 2.5% de aditivo “impermeabilizante por cristalización” el cual alcanzó una penetración máxima de agua bajo presión de 6 mm en comparación al diseño patrón que obtuvo una penetración máxima de agua a presión de 41 mm calificándolo como hormigón impermeable de acuerdo a la Norma Española UNE-EN 18390-8 y que tiene la siguiente dosificación: cemento 399.28 kg, agua 0.175 m³, agregado fino 0.288 m³, agregado grueso 0.355 m³; aditivo impermeabilizante por cristalización 9.982 kg, una relación a/c de 0.44 y un costo por 1 m³ de \$ 219.20.

- ✓ Después de llevar a cabo los ensayos de permeabilidad en los diferentes diseños de hormigón de acuerdo a la Norma Española UNE-EN 12390-8, podemos concluir que los diseños evaluados cumplen con los estándares establecidos por la normativa. Esto significa que los hormigones con la inclusión de aditivos tipo S, poseen una resistencia adecuada a la penetración de líquidos, lo que garantiza su durabilidad y protección contra agentes que se encuentran en la intemperie.
 - Los diseños de hormigones de baja permeabilidad elaborados en esta investigación presentaron reducciones a la penetración de agua entre el 17.65% al 39.47% con la inclusión de solución de lignosulfonato “A”, del 44.12% al 50% con la inclusión de solución de lignosulfonato “B” y con la inclusión de aditivo impermeabilizante por cristalización se obtuvo una reducción del 57.89% al 100%, siendo este último el que presentó mejor comportamiento comparado al resto de diseños.

5.2. RECOMENDACIONES

Después del análisis comparativo de la permeabilidad de hormigones f'c 240 kg/cm² con tres aditivos tipo S, para el uso en la zona costera de la provincia de Santa Elena, se pueden hacer las siguientes recomendaciones:

- ✓ Se recomienda el uso de aditivos Tipo S reductores de permeabilidad debido a que se ha demostrado que cumplen con su función de comportamiento específico para el que han sido diseñados de acuerdo a lo establecido por la norma ASTM C494/C494M-19.

- ✓ Se recomienda incluir este tipo de ensayos de permeabilidad para complementar el diseño de hormigón, con el fin de garantizar un rendimiento efectivo ante la presencia de agua y agentes agresivos presentes en el ambiente. Estos ensayos deben ser realizados de acuerdo con la Norma Española UNE-EN 12390-8:2022, ya que actualmente no existe una normativa ecuatoriana que permita determinar la permeabilidad del hormigón, propiedad física crucial para su desempeño.

- ✓ En el ámbito de la ingeniería civil se recomienda el uso de este tipo de hormigón de baja permeabilidad para estructuras que permanezcan constantemente saturadas por el nivel de agua existente; además es necesario mencionar que todos los diseños planteados se puedan utilizar en elementos estructurales tales como cisternas, represas, alcantarillados, reservorios, estaciones de bombeo, pozos de visita, estructuras que están en constante contacto con el agua y que requieran una resistencia f_c 240 kg/cm² puesto que, todos cumplen con los parámetros de resistencia a la penetración de agua de acuerdo a la Norma Española UNE-EN 12390-8:2020.

- ✓ Se recomienda a los estudiantes de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, Carrera de Ingeniería Civil, que elaboren trabajos experimentales que incorporen otro tipo de agregados y la inclusión de aditivos Tipo S reductores de permeabilidad en el diseño de hormigones, para evaluar el desempeño ante los agentes desfavorables del ambiente y su uso en diferentes estructuras que requieran de hormigones de baja permeabilidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A. C. I. Committee 211. (2002). ACI PRC-211.1-91: Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete (Reapproved 2009) [Práctica estándar para seleccionar proporciones para concreto normal, pesado y en masa]. *Technical Documents*, 38. <https://es.scribd.com/document/563035484/Committee-ACI-211-ACI-211-1-91-2009-Standar-Practice-for-Selecting-Proportions-for-Normal-Heavyweight-and-Mass-Concrete>
- A. C. I. Committee 212. (2016). 212.3R-16 Report on Chemical Admixtures for Concrete [Informe sobre Aditivos Químicos para Concreto]. *Technical Documents*, 76. <https://www.concrete.org/publications/internationalconcreteabstractsportal.aspx?m=details&id=51688972>
- A. C. I. Committee 225. (2019). ACI 225R-19 Guide to the Selection and Use of Hydraulic Cements [Guía para la Selección y Uso de Cementos Hidráulicos]. *Technical Documents*, 40. <https://www.concrete.org/publications/internationalconcreteabstractsportal.aspx?m=details&id=51720183>
- A. C. I. Committee 363. (2005). High-Strength Concrete (ACI 363R) [Concreto de Alta Resistencia]. *ACI Symposium Publication*, 228, 79-80. <https://www.concrete.org/publications/internationalconcreteabstractsportal.aspx?m=details&i=14461>
- Aditec. (2015). *Hoja Técnica* <https://www.aditec-ec.com/productos/impermeabilizantes/admix-c-2000/ficha-seguridad-admix-c-2000.pdf>
- AGRECONS S.A. (2018). *Manual Técnico* <https://agrecons.com/html/manualtecnico.html>
- Al-Rashed, R., & Jabari, M. (2020). Dual-crystallization waterproofing technology for topical treatment of concrete. *Case Studies in Construction Materials*, 13, e00408. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2020.e00408>
- Alvarado Boza, I. A., & Tivanta Jaramillo, K. J. (2020). *Análisis comparativo de sensibilidad de diferentes aditivos superplastificantes en el hormigón*. [Tesis de Grado, Universidad Estatal Península de Santa Elena]. Repositorio Universidad Estatal Península de Santa Elena. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/5267>
- ASTM C33/C33M-18. (2018). *C33/C33M-18 Standard Specification for Concrete Aggregates* [Especificación estándar para agregados de concreto] (Vol. 04.02). https://doi.org/10.1520/C0033_C0033M-18

- ASTM C494/C494M-19. (2019). *C494/C494M-19 Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete* [Especificación estándar para aditivos químicos para concreto] (Vol. 04.02). https://doi.org/10.1520/C0494_C0494M-19
- Basheer, L., Kropp, J., & Cleland, D. (2001). Assessment of the durability of concrete from its permeation properties: A review. *Construction and Building Materials*, 15(2), 93-103. [https://doi.org/10.1016/S0950-0618\(00\)00058-1](https://doi.org/10.1016/S0950-0618(00)00058-1)
- Benites Bacilio, P. O., & Moreno Carranza, M. J. (2018). *Influencia de los aditivos SIKA WT-100, SIKA 1 líquido y SIKA 1 en polvo en la resistencia a la compresión y permeabilidad del concreto, Trujillo, 2018* [Tesis de Licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio de la Universidad Privada del Norte. <https://hdl.handle.net/11537/14116>
- Bornand Araya, J. P. (2012). *Evaluación del desempeño de aditivos impermeabilizantes por cristalización como agentes promotores de la durabilidad del hormigón confeccionado con cementos Portland Puzolanicos* [Tesis de Grado, Universidad de Chile]. Repositorio Académico de la Universidad de Chile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/112264>
- Cargua Sánchez, P. A. (2017). *Análisis comparativo de impermeabilidad del hormigón mediante estudio experimental de aditivos por cristalización* [Tesis de Grado, Universidad de Especialidades Espíritu Santo]. Repositorio digital de la Universidad de Especialidades Espíritu Santo. <http://repositorio.uees.edu.ec/handle/123456789/1937>
- CEMENTO ATENAS. (2022). *Cemento Atenas Tipo GU. Ficha Técnica* <https://drive.google.com/file/d/1yfzeCWVovJvWH7ATmZnn9HK7q1KSBrCN/view>
- Falcon Nestares, L. L. (2022). *Propiedades físicas y mecánicas del concreto hidráulico modificados con mucílago de huaraco en zonas altoandinas, Huancayo, Junín 2021* [Tesis de Grado, Universidad Continental]. Repositorio Institucional Continental. <https://hdl.handle.net/20.500.12394/11791>
- Fernández Bello, G., & Huamán Quispe, J. C. (2019). *Evaluación del uso del aditivo impermeabilizante por cristalización para reducir la permeabilidad y mejorar la resistencia a la compresión del concreto $f'_{c}=280$ kg/cm², Carapongo, Lurigancho, Lima 2019*. [Tesis de Grado, Universidad César Vallejo]. Repositorio de la Universidad César Vallejo. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/46270>
- Gómez Marcolles, D. (2010). *Uso de plastificantes a partir de microorganismos eficientes en hormigones* [Tesis de Pregrado, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas]. Tesis de Pregrado - UCLV. <http://dspace.uclv.edu.cu:8089/handle/123456789/5818>

- Granizo, L. (2018). Tecnología de aditivos para hormigon [Artículo Técnico]. *Aditivos-Adiciones*. <https://www.concretonline.com/aditivos-adiciones/tecnologia-de-aditivos-para-hormigon>
- Guo, B., Wang, C., Ma, X., Jiang, R., Wang, B., Yan, J., & Liu, H. (2022). Research on Impermeability of Underwater Non-Dispersible Concrete in Saline Soil. *Materials*, 15(22), 7915. <https://doi.org/10.3390/ma15227915>
- Hermedia, G. (2018). *SIKA INFORMACIONES TÉCNICAS: Hormigón Impermeable*. <https://arg.sika.com/es/documentacion.html>
- HOLCIM ECUADOR S.A. (2021). *Especificaciones Técnicas* <https://www.holcim.com.ec/cemento-holcim-fuerte>
- Huijun, W., Diao, Z., & Fan, K. (2020). Study on durability of non-dispersible concrete in seawater environment. *International Journal of Structural Integrity*, 11(3), 443-452. <https://doi.org/10.1108/IJSI-07-2019-0066>
- Instituto Ecuatoriano del Cemento y el Concreto - INECYC. (2007). *Consejos Prácticos sobre el Hormigón* (1 ed.). <https://es.scribd.com/document/435178925/Pepe-Hormigon#>
- Lea, F. M., & Mason, T. O. (2022). Cement. In *Encyclopedia Britannica*. <https://www.britannica.com/technology/cement-building-material>
- Li, T., & Wu, Y. (2022). Effect of Modified Tetraethyl Orthosilicate Surface Treatment Agents on the Permeability of Airport Pavement Concrete. *Coatings*, 12(7), 1027. <https://doi.org/10.3390/coatings12071027>
- Malakopoulos, A., & Salifoglou, A. (2022). Assessment of Durability Indicators for Service Life Prediction of Portland Limestone Cementitious Systems Produced with Permeability-Reducing Admixtures. *Buildings*, 12(10), 1712. <https://doi.org/10.3390/buildings12101712>
- Martínez Soto, I., & Mendoza Escobedo, C. (2006). Comportamiento mecánico de concreto fabricado con agregados reciclados. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 7(3), 151-164. <https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2006.07n3.012>
- Matar, P., & Barhoun, J. (2020). Effects of waterproofing admixture on the compressive strength and permeability of recycled aggregate concrete. *Journal of Building Engineering*, 32, 101521. <https://doi.org/10.1016/j.jobee.2020.101521>
- Mehta, P. K. (1991). Durability of Concrete: Fifty Years of Progress? *ACI Symposium Publication*, 126, 1-32. <https://doi.org/10.14359/1998>
- Neyra Neyra, J. M., & Santos Espinoza, R. S. (2018). *Análisis Comparativo del Grado de Permeabilidad y Resistencia a los Sulfatos entre Concretos Convencionales y un Concreto Impermeable* [Tesis de Grado, Universidad Católica de Santa María]. Repositorio Institucional de la Universidad Católica de Santa María. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/7681>

- Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC. (2015). *NEC-SE-HM: ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO* https://cicp-ec.com/documentos/NEC_2015/NEC_SE_HM_Hormigon_Armado.pdf
- Norma Española UNE-EN 12390-8. (2019). *Ensayos de hormigón endurecido. Technical Documents*, 10. <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/64402/1359b1b93b0d4d9fa8ee808deb10a06/SIST-EN-12390-8-2019.pdf>
- NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 151. (2021). *CEMENTO HIDRÁULICO. TERMINOLOGÍA RELACIONADA CON EL CEMENTO HIDRÁULICO* <https://inencloud.normalizacion.gob.ec/index.php/s/T7TSKaMToA4zZzy>
- NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 872. (2011). *ÁRIDOS PARA HORMIGÓN. REQUISITOS*. (1 ed.) <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/872-1.pdf>
- NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1573. (2010). *HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO*. (1 ed.) <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1573.pdf>
- NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1762. (2015). *HORMIGÓN. DEFINICIONES Y TERMINOLOGÍA* <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte-inen-1762-1.pdf>
- NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2380. (2011). *CEMENTO HIDRÁULICO. REQUISITOS DE DESEMPEÑO PARA CEMENTOS HIDRÁULICOS*. (1 ed.) <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2380.pdf>
- NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2617. (2012). *HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO. AGUA PARA MEZCLA. REQUISITOS*. (1 ed.) <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2617-.pdf>
- Panesar, D. K., & Zhang, R. (2020). Performance comparison of cement replacing materials in concrete: Limestone fillers and supplementary cementing materials - A review. *Construction and Building Materials*, 251, 118866. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118866>
- Parrales Plua, E. G., & Quirumbay Vera, M. D. (2022). *Diseño de mezcla de hormigón utilizando Metacaolin para obtener una resistencia a la compresión mayor a 210 Kg/cm²* [Tesis de Grado, Universidad Estatal Península de Santa Elena]. Repositorio Universidad Estatal Península de Santa Elena. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/8441>
- Pere Borralleras. (2022). *Superplastificantes avanzados para los cementos del mañana*. <https://blog.master-builders-solutions.com/es/aditivos-superplastificantes>

- Peréz Monroy, I. J. (2019). *Permeabilidad del concreto, elaborado con cemento hidráulico para uso general, según Norma UNE-EN 12390-8 y ASTM C1202, utilizando diferentes relaciones agua-cemento* [Tesis de Grado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Repositorio Institucional USAC. Guatemala. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/id/eprint/14126>
- PSI Concreto. (2020). *Aditivos para concreto: claves para aumentar el desempeño de tu elemento*. <https://psiconcreto.com/aditivos-para-concreto/>
- Rodríguez Villacís, S. I. (2016). *Estudio de hormigones impermeables, según el origen local de materiales y la adición de aditivo impermeabilizante* [Tesis de Grado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio Universidad Técnica de Ambato. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/23635>
- Shiyu, Z., Qiang, W., & Yuqi, Z. (2019). Research on the resistance to saline soil erosion of high-volume mineral admixture steam-cured concrete. *Construction and Building Materials*, 202, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.01.012>
- Sika. (2018). *Hoja Técnica de Producto Plastocrete® DM* <https://ecu.sika.com/es/construccion/concreto/aditivos-impermeabilizantesparaconcreto/sika-plastocretedm.html#documents>
- Sun, J., & Chen, Z. (2018). Influences of limestone powder on the resistance of concretes to the chloride ion penetration and sulfate attack. *Powder Technology*, 338, 725-733. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2018.07.041>
- Tonelli, M., Baglioni, P., & Ridi, F. (2020). Halloysite Nanotubes as Nano-Carriers of Corrosion Inhibitors in Cement Formulations. *Materials*, 13(14), 3150. <https://doi.org/10.3390/ma13143150>
- UNIÓN CEMENTERA NACIONAL UCEM. (2022). *CERTIFICADO CEMENTO CHIMBORAZO. Cemento Hidráulico Tipo GU*. <https://www.ucem.com.ec/categoria-producto/cemento-chimborazo/>
- Zhang, Y., Li, S., Zhang, W., Chen, X., Hou, D., Zhao, T., & Li, X. (2019). Preparation and mechanism of graphene oxide/isobutyltriethoxysilane composite emulsion and its effects on waterproof performance of concrete. *Construction and Building Materials*, 208, 343-349. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.03.015>

ANEXOS

Anexo 1

Tamizado de agregado grueso.



Anexo 2

Tamizado de agregado fino.



Anexo 3

Lavado del agregado grueso.



Anexo 4

Peso de materiales para la mezcla de concreto.



Anexo 5

Elaboración de la mezcla de concreto.



Anexo 6

Ensayo de Cono de Abrams.



Anexo 7

Vaciado y varillada de la mezcla en moldes cilíndricos.



Anexo 8

Elaboración de probetas con los diferentes tipos de cemento tipo GU.



Anexo 9

Elaboración de mezcla de concreto con la incorporación de aditivo impermeabilizante.



Anexo 10

Probetas con la inclusión del 0.5% solución de lignosulfonato A.



Anexo 11

Curado de cilindros elaborados.



Anexo 12

Toma de medidas de las probetas previo al ensayo de compresión.



Anexo 13

Rotura de cilindros



Anexo 14

Montaje de placas en la estructura base del equipo



Anexo 15

Montaje y soldadura de neoplos en placas.



Anexo 16

Fabricación y montaje de anillo de estanquidad en placas.



Anexo 17

Colocación de cauchos de estanquidad en los anillos de la placa.



Anexo 18

Armado de tuberías para el ingreso de agua a presión en el equipo.



Anexo 19

Montaje de equipo terminado.



Anexo 20

Cilindros sometidos a ensayo de permeabilidad.



Anexo 21

Preparación de cilindros para ensayo de tracción indirecta



Anexo 22

Ensayo de tracción indirecta.



Anexo 23

Toma de medidas de penetración de agua en probetas.



Anexo 24

Verificación de estado de probetas por el docente tutor.



Anexo 25

Ensayos de agregado grueso y fino (muestra 1).

		UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL			
TEMA: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA PERMEABILIDAD DE HORMIGONES F' C 240 kg/cm² CON TRES ADITIVOS TIPO S, PARA EL USO EN LA ZONA COSTERA DE LA PROVINCIA DE SANTA ELENA					
TUTOR:		Ing. Richard Ramirez Palma, Mg.			
FUENTE DE AGREGADO GRUESO		CANTERA "CALIZAS HUAYCO"	FUENTE DE AGREGADO FINO		CANTERA "VILLINGOTA"
DETERMINACIÓN DE PESO VOLUMÉTRICO, DENSIDAD Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS					
MUESTRA 1					
AGREGADO GRUESO (3/4")					
PESO VOLUMÉTRICO SUELTO			PESO VOLUMÉTRICO VARILLADO		
VOLUMEN	0.009736876	m ³	VOLUMEN	0.009736876	m ³
P.V.S + RECIPIENTE	23.47	kg	P.V.V + RECIPIENTE	25.1	kg
RECIPIENTE	10.94	kg	RECIPIENTE	10.94	kg
PESO	12.53	kg	PESO	14.16	kg
P.V.S	1286.86	kg/m³	P.V.V	1454.27	kg/m³
DENSIDAD SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (D.S.S.S)					
P.S.S.S.		2000	gr		
W(canastilla sumergida)		1049	gr		
W(canastilla sumergida + material)		2285	gr		
W(canastilla sumergida + material) - W(canastilla sumergida)		1236	gr		
VOLUMEN		764	cm ³		
D.S.S.S.		2.62	gr/cm³		
		2617.801	kg/m³		
PESO GRAVA SATURADA (gr)		PESO GRAVA SECA (gr)	AGUA DESALOJADA		% Absorción
1105.1		1084.2	20.9		1.93

AGREGADO FINO (ARENA GRUESA)					
PESO VOLUMÉTRICO SUELTO			DENSIDAD SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA		
VOLUMEN	0.00281	m ³	P.S.S.S.	500.03	gr
P.V.S + RECIPIENTE	8.01	kg	LECTURA INICIAL	505	gr
RECIPIENTE	4.42	kg	LECTURA FINAL	700	gr
PESO	3.59	kg	W Desalojado	195	gr
P.V.S	1277.58	kg/m³	V Desalojado	195	cm ³
D.S.S.S.			2.56	gr/cm³	2564.26
					kg/m³
PESO ARENA SATURADA (gr)		PESO ARENA SECA (gr)	AGUA DESALOJADA		% Absorción
184.91		180.42	4.49		2.49

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD			
ÁRIDO GRUESO GRAVA		ARENA GRUESA	
RECIPIENTE	I	RECIPIENTE	N
W RECIPIENTE (gr)	76.00	W RECIPIENTE (gr)	53.11
W GRAVA + R	950.00	W ARENA+ R	770.00
W GRAVA SECA+ R	947.00	W ARENA SECA+ R	708.00
W de AGUA	3.00	W de AGUA	62.00
W GRAVA SECA	871.00	W ARENA SECA	654.89
HUMEDAD	0.34	HUMEDAD	9.47

Anexo 26

Ensayos de agregado grueso y fino (muestra 2).

		UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL					
TEMA: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA PERMEABILIDAD DE HORMIGONES F'C 240 kg/cm² CON TRES ADITIVOS TIPO S, PARA EL USO EN LA ZONA COSTERA DE LA PROVINCIA DE SANTA ELENA							
TUTOR:		Ing. Richard Ramirez Palma, Mg.					
FUENTE DE AGREGADO GRUESO		CANTERA "CALIZAS HUAYCO"		FUENTE DE AGREGADO FINO		CANTERA "VILLINGOTA"	
DETERMINACIÓN DE PESO VOLUMÉTRICO, DENSIDAD Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS							
MUESTRA 2							
AGREGADO GRUESO (3/4")							
PESO VOLUMÉTRICO SUELTO				PESO VOLUMÉTRICO VARILLADO			
VOLUMEN	0.00973688	m ³	VOLUMEN	0.00973688	m ³		
P.V.S + RECIPIENTE	23.49	kg	P.V.V + RECIPIENTE	25.5	kg		
RECIPIENTE	10.94	kg	RECIPIENTE	10.94	kg		
PESO	12.55	kg	PESO	14.56	kg		
P.V.S	1288.91	kg/m³	P.V.V	1495.35	kg/m³		
DENSIDAD SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (D.S.S.S)							
P.S.S.S.				2000	gr		
W(canastilla sumergida)				1049	gr		
W(canastilla sumergida + material)				2285	gr		
W(canastilla sumergida + material) - W(canastilla sumergida)				1236	gr		
VOLUMEN				764	cm ³		
D.S.S.S.				2.62	gr/cm³		
D.S.S.S.				2617.801	kg/m³		
PESO GRAVA SATURADA (gr)		PESO GRAVA SECA (gr)		AGUA DESALOJADA		% Absorción	
1105.5		1084.4		21.1		1.95	

AGREGADO FINO (ARENA GRUESA)							
PESO VOLUMÉTRICO SUELTO				DENSIDAD SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA			
VOLUMEN	0.00281	m ³	P.S.S.S.	500.03	gr		
P.V.S + RECIPIENTE	8.03	kg	LECTURA INICIAL	505	gr		
RECIPIENTE	4.42	kg	LECTURA FINAL	700	gr		
PESO	3.61	kg	W Desalojado	195	gr		
P.V.S	1284.70	kg/m³	V Desalojado	195	cm ³		
D.S.S.S.				2.56	gr/cm³	2564.26	kg/m³
PESO ARENA SATURADA (gr)		PESO ARENA SECA (gr)		AGUA DESALOJADA		% Absorción	
184.93		180.46		4.47		2.48	

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD			
ÁRIDO GRUESO GRAVA		ARENA GRUESA	
RECIPIENTE	I	RECIPIENTE	N
W RECIPIENTE (gr)	76.00	W RECIPIENTE (gr)	53.11
W GRAVA + R	950.00	W ARENA+ R	770.00
W GRAVA SECA+ R	949.00	W ARENA SECA+ R	712.00
W de AGUA	1.00	W de AGUA	58.00
W GRAVA SECA	873.00	W ARENA SECA	658.89
HUMEDAD		HUMEDAD	
0.11		8.80	

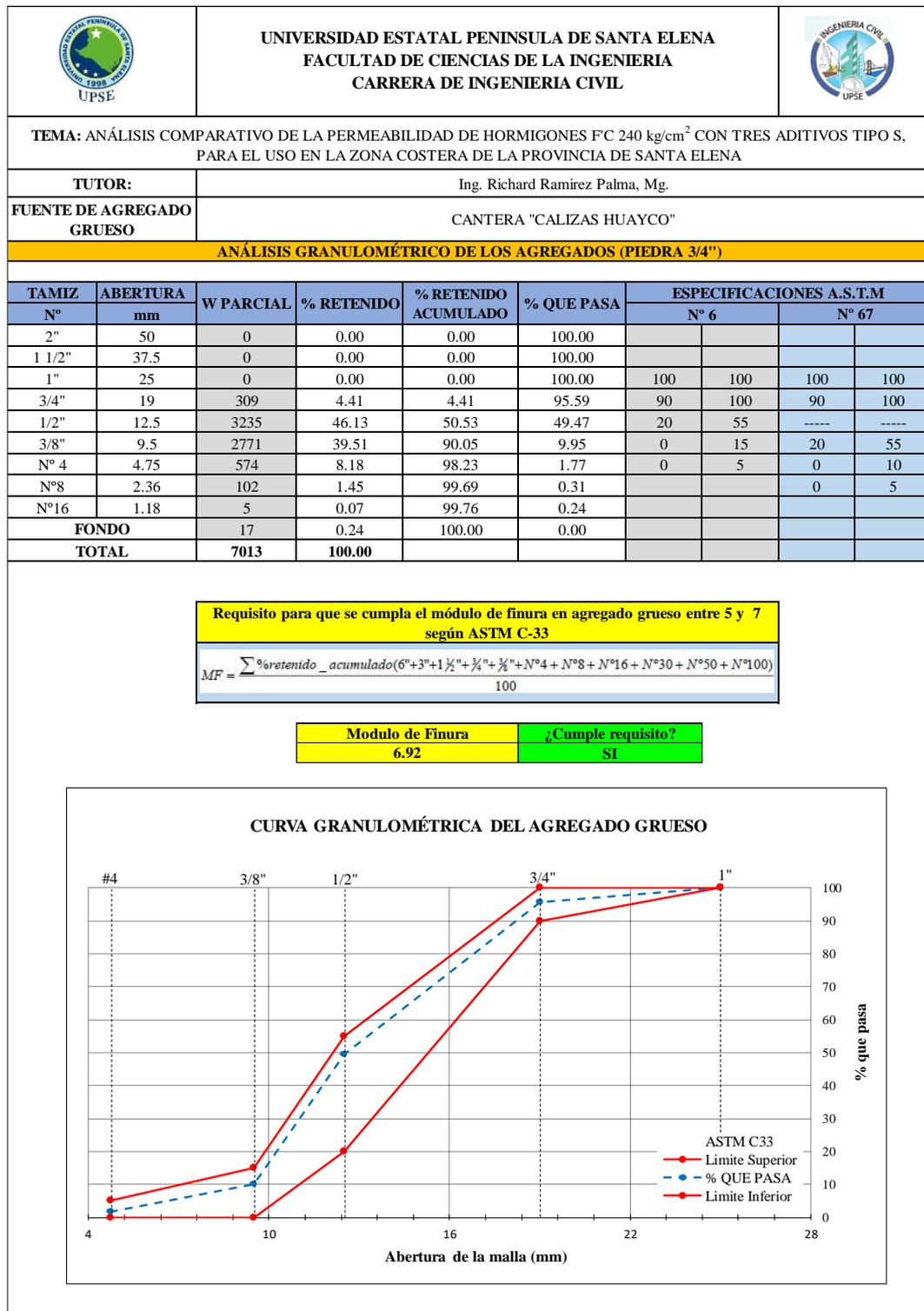
Anexo 27

Promedio de resultados de ensayos de agregado grueso y fino.

DETERMINACIÓN PROMEDIO DE PESO VOLUMÉTRICO, DENSIDAD Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS		
AGREGADO GRUESO (3/4")		
P.V.S. Final	1287.89	kg/m3
P.V.V. Final	1474.81	kg/m3
D.S.S. Final	2617.801	kg/m3
% Absorción Final	1.94	%
% de Humedad	0.23	%
AGREGADO FINO (ARENA GRUESA)		
P.V.S. Final	1281.14	kg/m3
D.S.S. Final	2564.26	kg/m3
% Absorción Final	2.48	%
% de Humedad	9.13	%

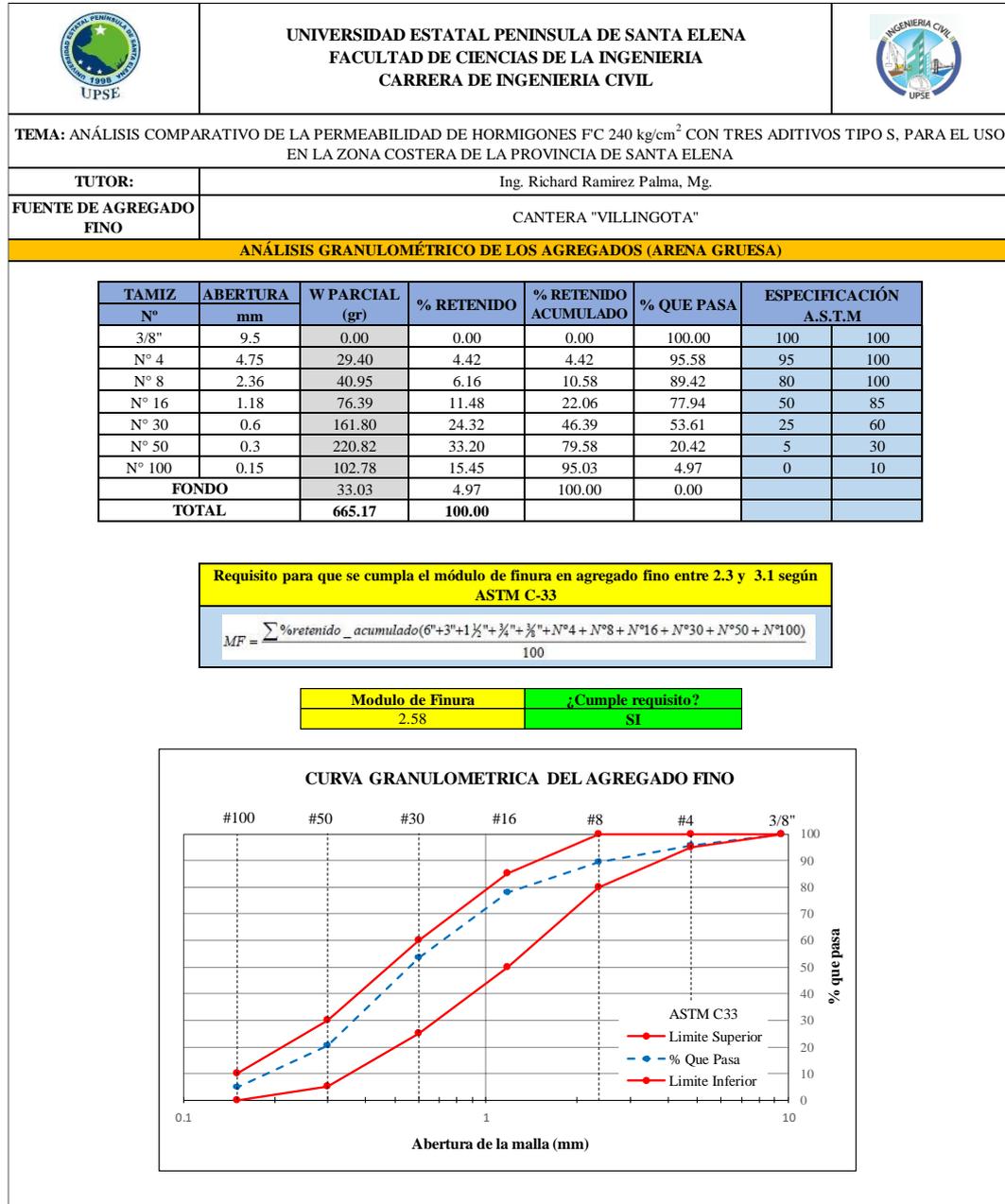
Anexo 28

Ensayo de granulometría de agregado grueso.



Anexo 29

Ensayo de granulometría de agregado fino.



Anexo 30

Diseño de mezcla patrón "HLCM".

CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS																					
Peso específico del cemento		2950	kg/m3																		
AGREGADO FINO (ARENA GRUESA)																					
Módulo de finura		2.58																			
Peso volumetrico		1281.14	kg/m3																		
D.S.S.S.		2564.26	Kg/m3																		
% de Absorción		2.48	%																		
Contenido de Humedad		9.13	%																		
AGREGADO GRUESO (PIEDRA 3/4")																					
Peso volumetrico suelto		1287.89	kg/m3																		
Peso volumetrico varillado		1474.81	kg/m3																		
D.S.S.S.		2617.80	kg/m3																		
Tamaño máximo NOMINAL del agregado		19	mm																		
% de Absorción		1.94	%																		
Contenido de Humedad		0.23	%																		
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS																					
Tipo de cemento	GU de uso general		Tipo de construccion	Muros o subestructuras sencillas, zapatas, muros y cajones de cimentacion.																	
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>f'c</th> <td>240</td> <td>kg/cm2</td> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Desviacion</td> <td>84</td> <td></td> </tr> <tr> <td>f'cr (sin aire)</td> <td>324</td> <td>kg/cm2</td> </tr> <tr> <td>f'cr (con aire)</td> <td>0</td> <td>kg/cm2</td> </tr> <tr> <td>Revenimiento</td> <td>7.50</td> <td>cm</td> </tr> </tbody> </table>							f'c	240	kg/cm2	Desviacion	84		f'cr (sin aire)	324	kg/cm2	f'cr (con aire)	0	kg/cm2	Revenimiento	7.50	cm
f'c	240	kg/cm2																			
Desviacion	84																				
f'cr (sin aire)	324	kg/cm2																			
f'cr (con aire)	0	kg/cm2																			
Revenimiento	7.50	cm																			
CANTIDAD DE COMPONENTES PARA 1M3 DE HORMIGON																					
AGUA																					
Tamaño máximo de la grava	19	mm	Relacion a/c 0.51																		
CANTIDAD DE AGUA	205	kg/m3	CANTIDAD DE CEMENTO																		
AIRE ATRAPADO	2	%	399.28 kg/m3																		
AGREGADO GRUESO																					
Tabla A5.	MF. Arena	P.V.V.		CANTIDAD DE GRAVA																	
0.642	2.58	1474.81	kg/m3	946.74	kg/m3																
AGREGADO FINO																					
	W (kg)	δ (kg/m3)	V (m3)	Correccion 60-40 de agregados																	
Agua	205	1000	0.205	Agreg.Total	1659.60	kg															
Cemento	399.28	2950	0.135	Grava	995.76	kg															
Grava	946.74	2617.80	0.362	Arena	663.84	kg															
Arena	712.86	2564.26	0.278																		
Aire	0	0	0.020																		
VOLUMEN TOTAL			1.000																		
CORRECCIÓN POR HUMEDAD Y ABSORCIÓN																					
	W (kg)	Humedad		Absorción		Diferencia	W (kg)	δ (kg/m3)	V (m3)	% Propor V											
		%	kg	%	kg																
AIRE									0.020	2.0											
CEMENTO	399.28						399.28	2950	0.135	13.8											
GRAVA	946.74	0.23	2.17	1.94	-18.34	-16.16	930.58	2617.80	0.355	36.2											
ARENA	712.86	9.13	65.12	2.48	-17.70	47.42	760.28	2564.26	0.296	30.2											
AGUA	205		-67.29		36.03	31.26	173.74	1000	0.174	17.7											
TOTAL	2263.87						2263.87		0.981	100.00											

Anexo 31

Diseño de mezcla patrón "ATS".

CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS																					
Peso específico del cemento		2900	kg/m ³																		
AGREGADO FINO (ARENA GRUESA)																					
Módulo de finura		2.58																			
Peso volumetrico		1281.14	kg/m ³																		
D.S.S.S.		2564.26	Kg/m ³																		
% de Absorción		2.48	%																		
Contenido de Humedad		9.13	%																		
AGREGADO GRUESO (PIEDRA 3/4")																					
Peso volumetrico suelto		1287.89	kg/m ³																		
Peso volumetrico varillado		1474.81	kg/m ³																		
D.S.S.S.		2617.80	kg/m ³																		
Tamaño máximo NOMINAL del agregado		19	mm																		
% de Absorción		1.94	%																		
Contenido de Humedad		0.23	%																		
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS																					
Tipo de cemento	GU de uso general	Tipo de construccion	Muros o subestructuras sencillas, zapatas, muros y cajones de cimentacion.																		
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>f'c</td> <td>240</td> <td>kg/cm²</td> </tr> <tr> <td>Desviacion</td> <td>84</td> <td></td> </tr> <tr> <td>f'cr (sin aire)</td> <td>324</td> <td>kg/cm²</td> </tr> <tr> <td>f'cr (con aire)</td> <td>0</td> <td>kg/cm²</td> </tr> <tr> <td>Revenimiento</td> <td>7.50</td> <td>cm</td> </tr> </table>							f'c	240	kg/cm ²	Desviacion	84		f'cr (sin aire)	324	kg/cm ²	f'cr (con aire)	0	kg/cm ²	Revenimiento	7.50	cm
f'c	240	kg/cm ²																			
Desviacion	84																				
f'cr (sin aire)	324	kg/cm ²																			
f'cr (con aire)	0	kg/cm ²																			
Revenimiento	7.50	cm																			
CANTIDAD DE COMPONENTES PARA 1M3 DE HORMIGON																					
AGUA																					
Tamaño máximo de la grava	19	mm	Relacion a/c	0.51																	
CANTIDAD DE AGUA	205	kg/m ³	CANTIDAD DE CEMENTO	399.28																	
AIRE ATRAPADO	2	%		kg/m ³																	
AGREGADO GRUESO																					
Tabla A5.	MF. Arena	P.V.V.		CANTIDAD DE GRAVA																	
0.642	2.58	1474.81	kg/m ³	946.74	kg/m ³																
AGREGADO FINO																					
	W (kg)	δ (kg/m ³)	V (m ³)	Correccion 60-40 de agregados																	
Agua	205	1000	0.205	Agreg. Total	1653.61	kg															
Cemento	399.28	2900	0.138	Grava	992.17	kg															
Grava	946.74	2617.80	0.362	Arena	661.44	kg															
Arena	706.87	2564.26	0.276																		
Aire	0	0	0.020																		
VOLUMEN TOTAL			1.000																		
CORRECCIÓN POR HUMEDAD Y ABSORCIÓN																					
	W (kg)	Humedad		Absorción		Diferencia	W (kg)	δ (kg/m ³)	V (m ³)	% Propor V											
		%	kg	%	kg																
AIRE									0.020	2.0											
CEMENTO	399.28						399.28	2900	0.138	14.0											
GRAVA	946.74	0.23	2.17	1.94	-18.34	-16.16	930.58	2617.80	0.355	36.2											
ARENA	706.87	9.13	64.57	2.48	-17.55	47.02	753.90	2564.26	0.294	30.0											
AGUA	205		-66.75		35.89	30.86	174.14	1000	0.174	17.7											
TOTAL	2257.89	Para 1m ³					2257.89		0.981	100.00											

Anexo 32

Diseño de mezcla patrón "CHMB".

CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS																					
Peso específico del cemento		2790	kg/m3																		
AGREGADO FINO (ARENA GRUESA)																					
Módulo de finura		2.58																			
Peso volumetrico		1281.14	kg/m3																		
D.S.S.S.		2564.26	Kg/m3																		
% de Absorción		2.48	%																		
Contenido de Humedad		9.13	%																		
AGREGADO GRUESO (PIEDRA 3/4")																					
Peso volumetrico suelto		1287.89	kg/m3																		
Peso volumetrico varillado		1474.81	kg/m3																		
D.S.S.S.		2617.80	kg/m3																		
Tamaño máximo NOMINAL del agregado		19	mm																		
% de Absorción		1.94	%																		
Contenido de Humedad		0.23	%																		
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS																					
Tipo de cemento	GU de uso general	Tipo de construccion	Muros o subestructuras sencillas, zapatas, muros y cajones de cimentacion.																		
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>f'c</th> <td>240</td> <td>kg/cm2</td> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th>Desviacion</th> <td>84</td> <td></td> </tr> <tr> <th>f'cr (sin aire)</th> <td>324</td> <td>kg/cm2</td> </tr> <tr> <th>f'cr (con aire)</th> <td>0</td> <td>kg/cm2</td> </tr> <tr> <th>Revenimiento</th> <td>7.50</td> <td>cm</td> </tr> </tbody> </table>							f'c	240	kg/cm2	Desviacion	84		f'cr (sin aire)	324	kg/cm2	f'cr (con aire)	0	kg/cm2	Revenimiento	7.50	cm
f'c	240	kg/cm2																			
Desviacion	84																				
f'cr (sin aire)	324	kg/cm2																			
f'cr (con aire)	0	kg/cm2																			
Revenimiento	7.50	cm																			
CANTIDAD DE COMPONENTES PARA 1M3 DE HORMIGON																					
AGUA																					
Tamaño máximo de la grava	19	mm	Relacion a/c	0.51																	
CANTIDAD DE AGUA	205	kg/m3	CANTIDAD DE CEMENTO	399.28																	
AIRE ATRAPADO	2	%		kg/m3																	
AGREGADO GRUESO																					
Tabla A5.	MF. Arena	P.V.V.		CANTIDAD DE GRAVA																	
0.642	2.58	1474.81	kg/m3	946.74	kg/m3																
AGREGADO FINO																					
	W (kg)	δ (kg/m3)	V (m3)	Correccion 60-40 de agregados																	
Agua	205	1000	0.205	Agreg.Total	1639.69	kg															
Cemento	399.28	2790	0.143	Grava	983.82	kg															
Grava	946.74	2617.80	0.362	Arena	655.88	kg															
Arena	692.95	2564.26	0.270																		
Aire	0	0	0.020																		
VOLUMEN TOTAL			1.000																		
CORRECCIÓN POR HUMEDAD Y ABSORCIÓN																					
	W (kg)	Humedad		Absorción		Diferencia	W (kg)	δ (kg/m3)	V (m3)	% Propor V											
		%	kg	%	kg																
AIRE									0.020	2.0											
CEMENTO	399.28						399.28	2790	0.143	14.6											
GRAVA	946.74	0.23	2.17	1.94	-18.34	-16.16	930.58	2617.80	0.355	36.2											
ARENA	692.95	9.13	63.30	2.48	-17.20	46.10	739.05	2564.26	0.288	29.4											
AGUA	205		-65.47		35.54	29.93	175.07	1000	0.175	17.8											
TOTAL	2243.97						2243.97		0.982	100.00											

Anexo 33

Datos de probetas para fundir testigos.

Datos de cilindro		
Pi	3.14156	
Radio	0.075	m
$A = \text{Pi} \cdot r^2$	0.01767	m ²
h	0.3	m
Vol. Cilindro	0.005301	m ³
Nº Cilindros	10	U
Vol. 10 Cilindros	0.053	m ³
Vol. Total	0.053	m ³
Desperdicio 10 %	0.0053	m ³
Vol. requerido a fundir	0.058	m³

Anexo 34

Componentes para volumen de hormigón requerido (diseño patrón "HLCM").

CEMENTO TIPO GU "HLCM"				
F' C = 240 kg/cm ² (PATRÓN)				
	% Propor. V	Vol. Material	δ (kg/m ³)	kg (PESAR)
AIRE	2.0	0.001189		
CEMENTO	13.8	0.008045	2950	23.73
ADITIVO	-----	-----	-----	-----
GRAVA	36.23	0.021130	2617.80	55.31
ARENA	30.2	0.017624	2564.26	45.19
AGUA	17.7	0.010327	1000	10.33
TOTAL	100.0	0.058315		134.57

Anexo 35

Componentes para volumen de hormigón requerido (patrón "HLCM" + 0.5% solución de lignosulfonato "A").

PATRÓN + 0.5 % SOLUCIÓN DE LIGNOSULFONATO "A"				
	% Propor. V	Vol. Material	δ (kg/m ³)	kg (PESAR)
AIRE	2.0	0.001189		
CEMENTO	13.8	0.008045	2950	23.73
ADITIVO	-----	-----	-----	0.119
GRAVA	36.2	0.021130	2617.80	55.31
ARENA	30.2	0.017624	2564.26	45.19
AGUA	17.7	0.010327	1000	10.21
TOTAL	100.0	0.058315		134.57

Anexo 36

Componentes para volumen de hormigón requerido (patrón "HLCM" + 0.5% solución de lignosulfonato "B").

PATRÓN + 0.5 % SOLUCIÓN DE LIGNOSULFONATO "B"				
	% Propor. V	Vol. Material	δ (kg/m ³)	kg (PESAR)
AIRE	2.0	0.001189		
CEMENTO	13.8	0.008045	2950	23.73
ADITIVO	-----	-----	-----	0.119
GRAVA	36.2	0.021130	2617.80	55.31
ARENA	30.2	0.017624	2564.26	45.19
AGUA	17.7	0.010327	1000	10.21
TOTAL	100.0	0.058315		134.57

Anexo 37

Componentes para volumen de hormigón requerido (patrón "HLCM" + 2.5% aditivo impermeabilizante por cristalización).

PATRÓN + 2.5 % ADITIVO IMPERMEABILIZANTE POR CRISTALIZACIÓN				
	% Propor. V	Vol. Material	δ (kg/m ³)	kg (PESAR)
AIRE	2.0	0.001189		
CEMENTO	13.8	0.008045	2950	23.73
ADITIVO	-----	-----	-----	0.593
GRAVA	36.23	0.021130	2617.80	55.31
ARENA	30.22	0.017624	2564.26	45.19
AGUA	17.71	0.010327	1000	10.33
TOTAL	100.0	0.058315		135.16

Anexo 38

Componentes para volumen de hormigón requerido (Diseño patrón "ATS").

CEMENTO TIPO GU "ATS"				
F'C = 240 kg/cm ² (PATRÓN)				
	% Propor. V	Vol. Material	δ (kg/m ³)	kg (PESAR)
AIRE	2.0	0.001189		
CEMENTO	14.0	0.008182	2900	23.73
ADITIVO	-----	-----	-----	-----
GRAVA	36.23	0.021125	2617.80	55.30
ARENA	30.0	0.017471	2564.26	44.80
AGUA	17.7	0.010349	1000	10.35
TOTAL	100.0	0.058315		134.18

Anexo 39

Componentes para volumen de hormigón requerido (patrón "ATS" + 0.5% solución de lignosulfonato "A").

PATRÓN + 0.5 % SOLUCIÓN DE LIGNOSULFONATO "A"				
	% Propor. V	Vol. Material	δ (kg/m ³)	kg (PESAR)
AIRE	2.0	0.001189		
CEMENTO	14.0	0.008182	2900	23.73
ADITIVO	-----	-----	-----	0.119
GRAVA	36.2	0.021125	2617.80	55.30
ARENA	30.0	0.017471	2564.26	44.80
AGUA	17.7	0.010349	1000	10.23
TOTAL	100.0	0.058315		134.18

Anexo 40

Componentes para volumen de hormigón requerido (patrón "ATS" + 0.5% solución de lignosulfonato "B").

PATRÓN + 0.5 % SOLUCIÓN DE LIGNOSULFONATO "B"				
	% Propor. V	Vol. Material	δ (kg/m ³)	kg (PESAR)
AIRE	2.0	0.001189		
CEMENTO	14.0	0.008182	2900	23.73
ADITIVO	-----	-----	-----	0.119
GRAVA	36.2	0.021125	2617.80	55.30
ARENA	30.0	0.017471	2564.26	44.80
AGUA	17.7	0.010349	1000	10.23
TOTAL	100.0	0.058315		134.18

Anexo 41

Componentes para volumen de hormigón requerido (patrón "ATS" + 2.5% aditivo impermeabilizante por cristalización).

PATRÓN + 2.5 % ADITIVO IMPERMEABILIZANTE POR CRISTALIZACIÓN				
	% Propor. V	Vol. Material	δ (kg/m ³)	kg (PESAR)
AIRE	2.0	0.001189		
CEMENTO	14.0	0.008182	2900	23.73
ADITIVO	-----	-----	-----	0.593
GRAVA	36.23	0.021125	2617.80	55.30
ARENA	29.96	0.017471	2564.26	44.80
AGUA	17.75	0.010349	1000	10.35
TOTAL	100.0	0.058315		134.77

Anexo 42

Componentes para volumen de hormigón requerido (diseño patrón "CHMB").

CEMENTO TIPO GU "CHMB"				
F'C = 240 kg/cm² (PATRÓN)				
	% Propor. V	Vol. Material	δ (kg/m³)	kg (PESAR)
AIRE	2.0	0.001188		
CEMENTO	14.6	0.008500	2790	23.71
ADITIVO	-----	-----	-----	-----
GRAVA	36.20	0.021113	2617.80	55.27
ARENA	29.4	0.017118	2564.26	43.89
AGUA	17.8	0.010398	1000	10.40
TOTAL	100.0	0.058315		133.27

Anexo 43

Componentes para volumen de hormigón requerido (patrón "CHMB" + 0.5% solución de lignosulfonato "A").

PATRÓN + 0.5 % SOLUCIÓN DE LIGNOSULFONATO "A"				
	% Propor. V	Vol. Material	δ (kg/m³)	kg (PESAR)
AIRE	2.0	0.001188		
CEMENTO	14.6	0.008500	2790	23.71
ADITIVO	-----	-----	-----	0.119
GRAVA	36.2	0.021113	2617.80	55.27
ARENA	29.4	0.017118	2564.26	43.89
AGUA	17.8	0.010398	1000	10.28
TOTAL	100.0	0.058315		133.27

Anexo 44

Componentes para volumen de hormigón requerido (patrón "CHMB" + 0.5% solución de lignosulfonato "B").

PATRÓN + 0.5 % SOLUCIÓN DE LIGNOSULFONATO "B"				
	% Propor. V	Vol. Material	δ (kg/m³)	kg (PESAR)
AIRE	2.0	0.001188		
CEMENTO	14.6	0.008500	2790	23.71
ADITIVO	-----	-----	-----	0.119
GRAVA	36.2	0.021113	2617.80	55.27
ARENA	29.4	0.017118	2564.26	43.89
AGUA	17.8	0.010398	1000	10.28
TOTAL	100.0	0.058315		133.27

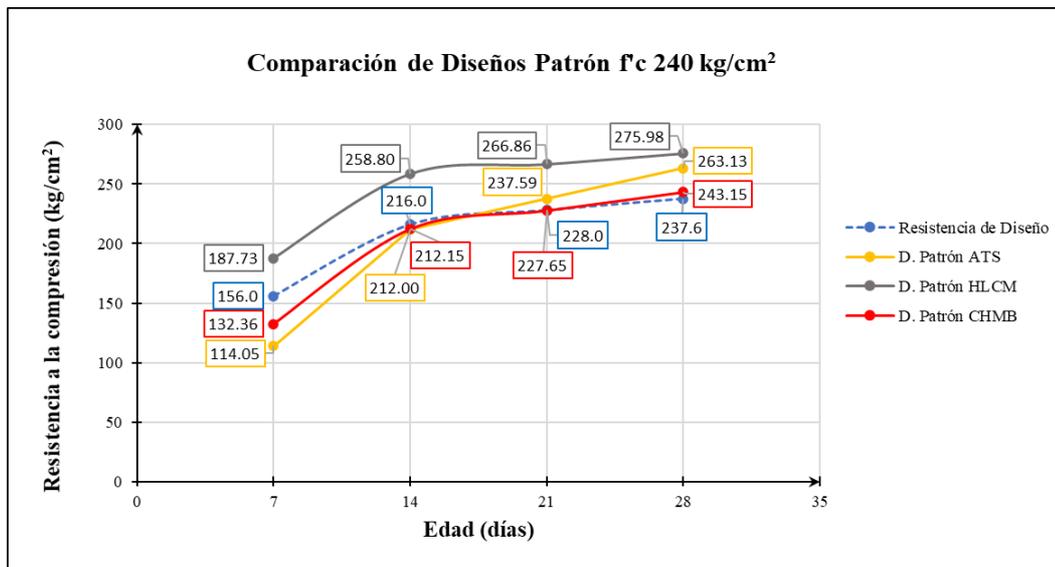
Anexo 45

Componentes para volumen de hormigón requerido (patrón “CHMB” + 2.5% aditivo impermeabilizante por cristalización).

PATRÓN + 2.5 % ADITIVO IMPERMEABILIZANTE POR CRISTALIZACIÓN				
	% Propor. V	Vol. Material	δ (kg/m ³)	kg (PESAR)
AIRE	2.0	0.001188		
CEMENTO	14.6	0.008500	2790	23.71
ADITIVO	-----	-----	-----	0.593
GRAVA	36.20	0.021113	2617.80	55.27
ARENA	29.35	0.017118	2564.26	43.89
AGUA	17.83	0.010398	1000	10.40
TOTAL	100.0	0.058315		133.87

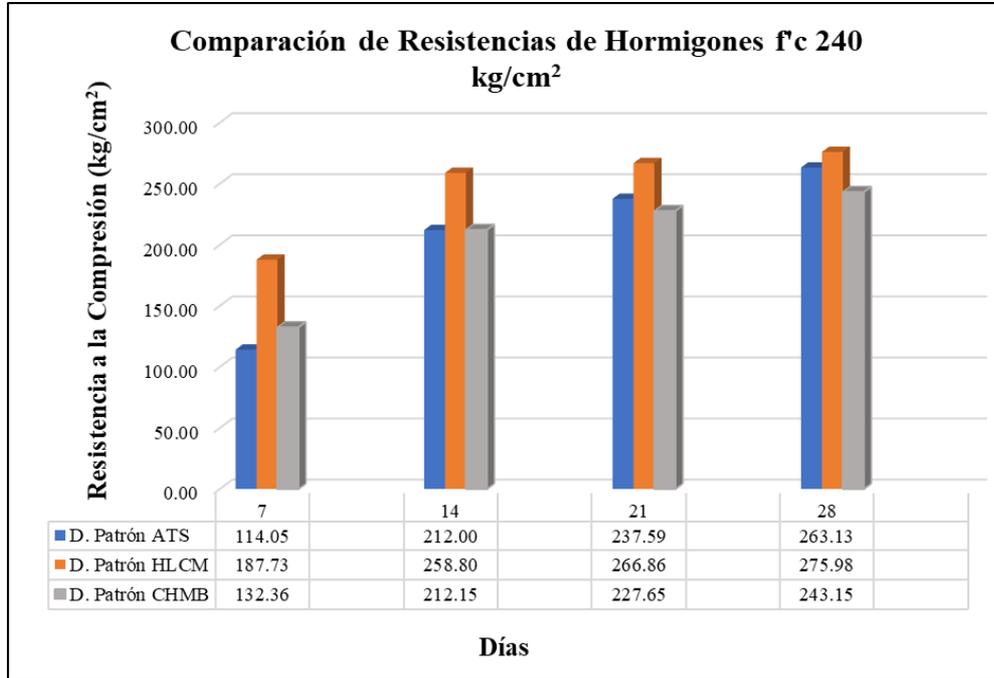
Anexo 46

Curva comparativa Resistencias vs Edad (diseño patrón de los hormigones elaborados con diferente cemento Tipo GU).



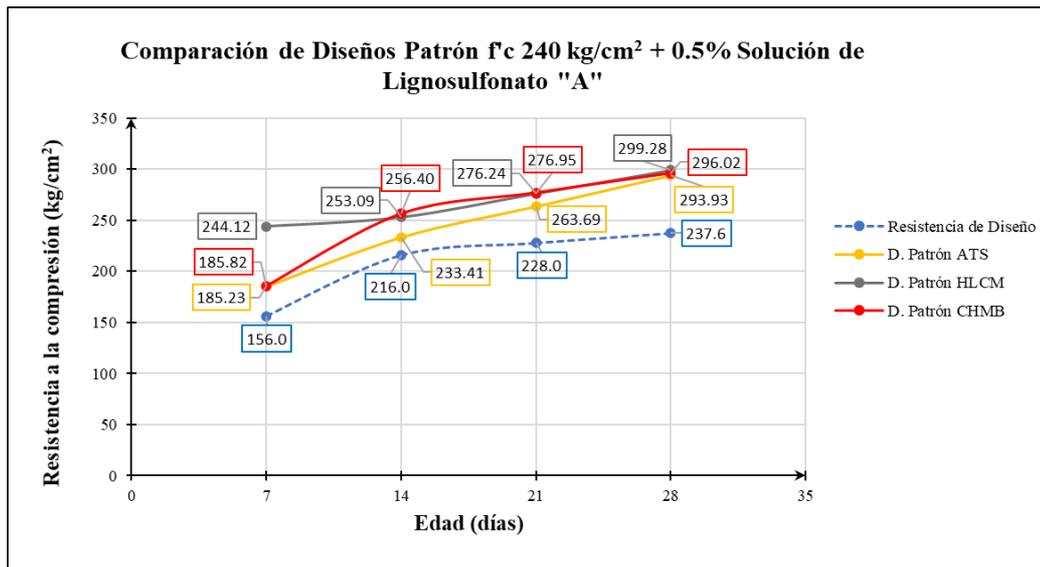
Anexo 47

Consolidado comparativo de resistencias $f'c$ 240 kg/cm^2 (diseño patrón de los hormigones elaborados con diferente cemento Tipo GU).



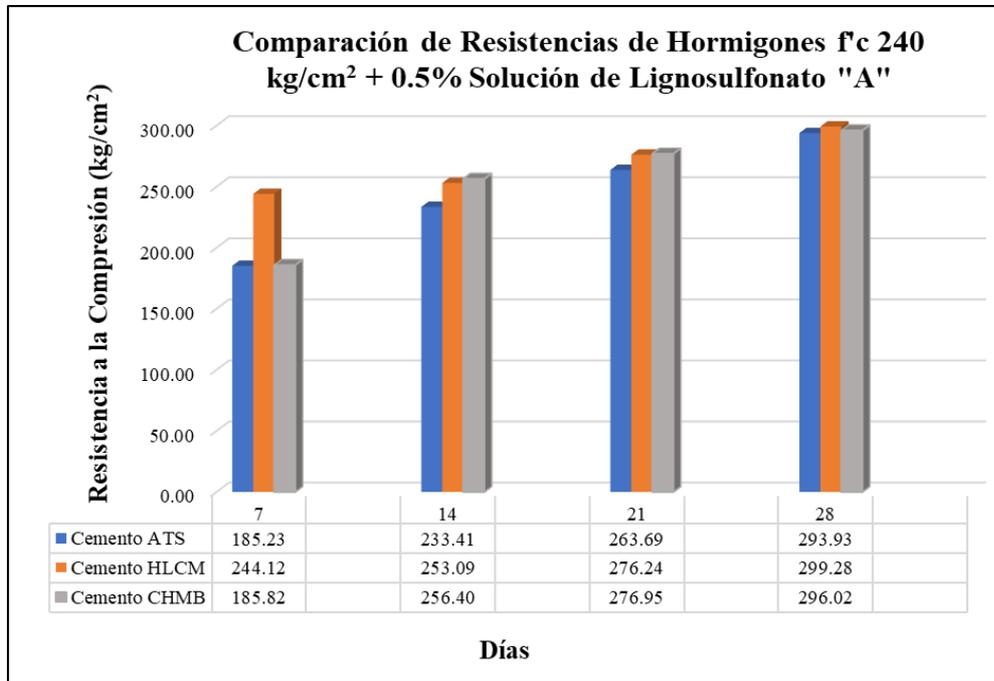
Anexo 48

Curva comparativa Resistencias vs Edad (diseños patrón + 0.5% solución de lignosulfonato "A").



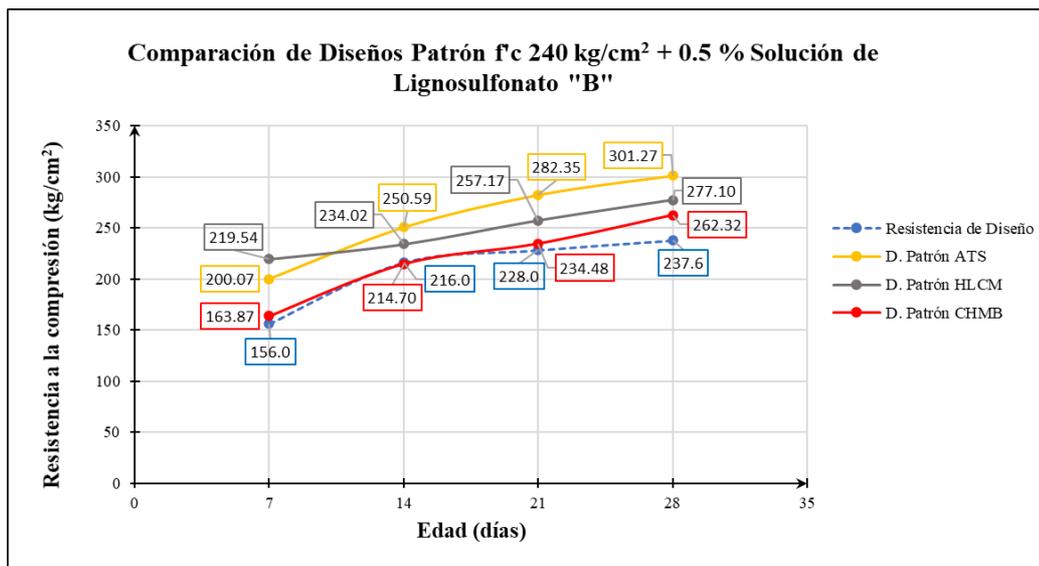
Anexo 49

Consolidado comparativo de resistencias $f'c$ 240 kg/cm^2 (diseños patrón + 0.5% solución de lignosulfonato "A").



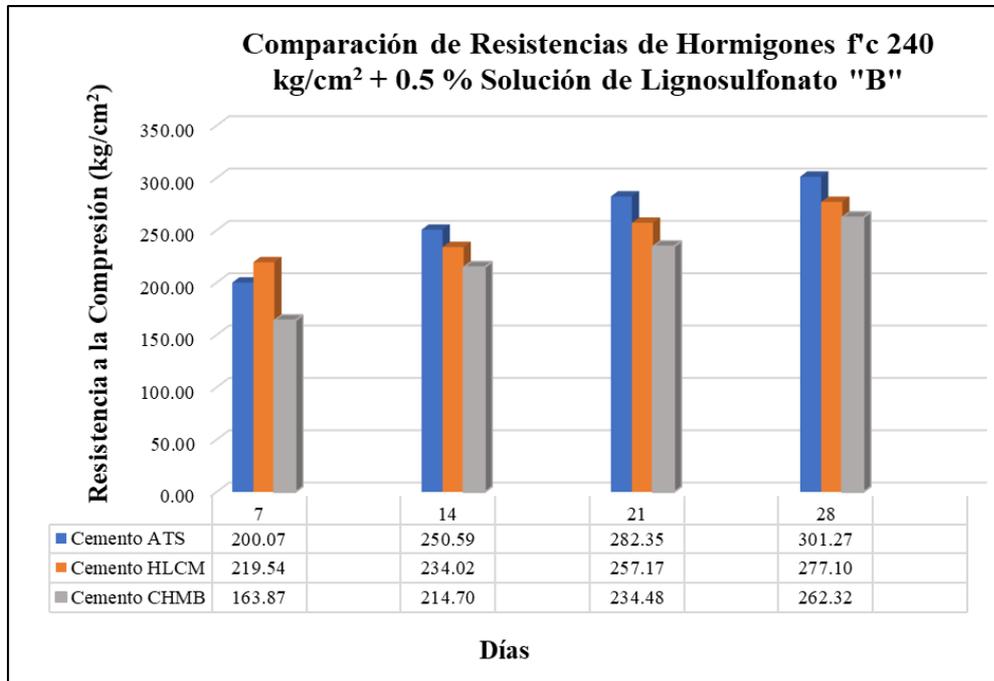
Anexo 50

Curva comparativa Resistencias vs Edad (diseños patrón + 0.5% solución de lignosulfonato "B").



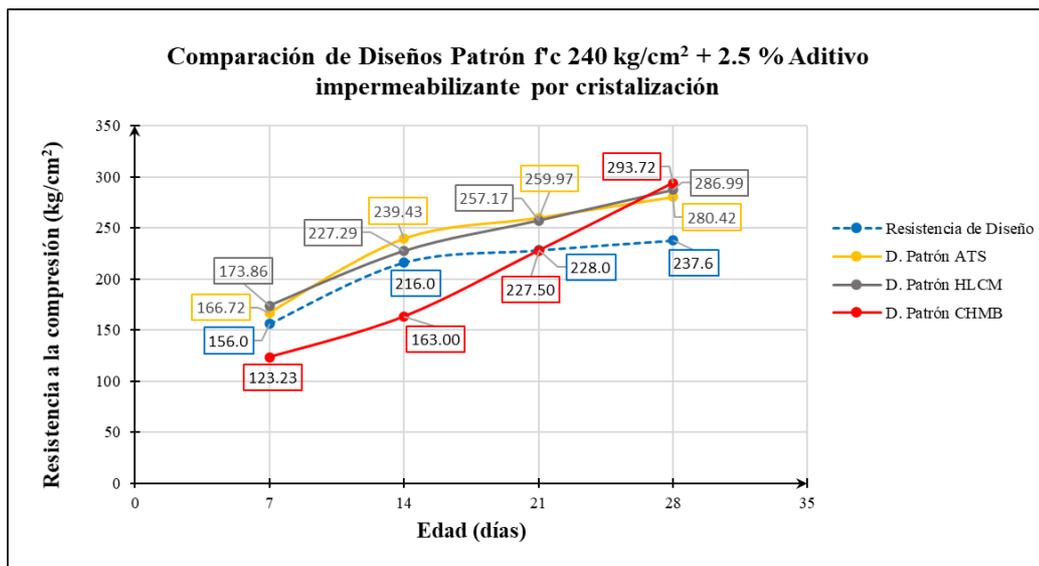
Anexo 51

Consolidado comparativo de resistencias $f'c$ 240 kg/cm^2 (diseños patrón + 0.5% solución de lignosulfonato "B").



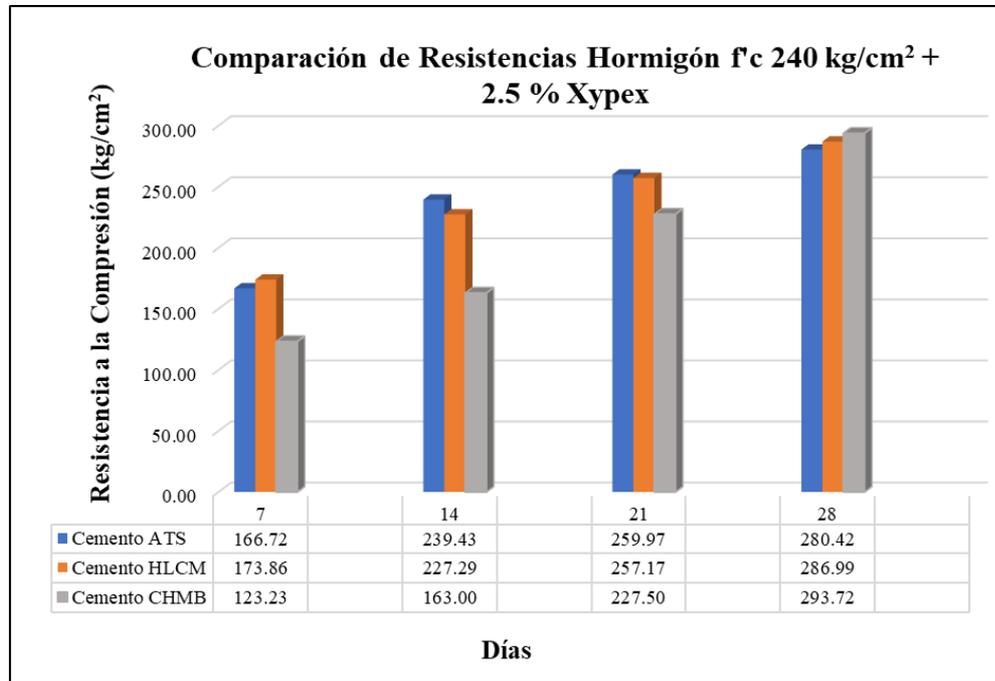
Anexo 52

Curva comparativa Resistencias vs Edad (diseños patrón + 2.5% aditivo impermeabilizante por cristalización).



Anexo 53

Consolidado comparativo de resistencias $f'c$ 240 kg/cm^2 (diseños patrón + 2.5% aditivo impermeabilizante por cristalización).



Anexo 54

Reporte de ensayos de permeabilidad en probetas de hormigones elaborados con diferente cemento Tipo GU (diseños patrón).

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS				DIRECCIÓN DE APLICACIÓN DEL AGUA A PRESIÓN	OBSERVACIONES	FECHA FIN ENSAYO	HORA FIN ENSAYO	PROFUNDIDAD DE PENETRACIÓN MÁXIMA (mm)	PROFUNDIDAD DE PENETRACIÓN PROM. (mm)
PROBETA	FECHA INICIO ENSAYO	HORA INICIO ENSAYO	CARGA APLICADA (kPa)						
ATS 1 (S.A)	20/12/2022	11:10	500	Puntual en dirección perpendicular a la base	Regulación de presión de agua por fugas	23/12/2022	11:30	35	34
ATS 2 (S.A)	3/1/2023	11:45	500	Puntual en dirección perpendicular a la base	Ninguna	6/1/2023	12:40	32	
HLCM 1 (S.A)	20/12/2022	11:10	500	Puntual en dirección perpendicular a la base	Regulación de presión de agua por fugas	23/12/2022	11:30	39	38
HCLM 2 (S.A)	3/1/2023	11:45	500	Puntual en dirección perpendicular a la base	Ninguna	6/1/2023	12:40	37	
CHMB 1 (S.A)	20/12/2022	11:10	500	Puntual en dirección perpendicular a la base	Regulación de presión de agua por fugas	23/12/2022	11:30	41	41
CHMB 2 (S.A)	3/1/2023	11:45	500	Puntual en dirección perpendicular a la base	Regulación de presión de agua por fugas	6/1/2023	12:40	40	

ENSAYO DE PERMEABILIDAD EN MUESTRAS DE HORMIGÓN ENDURECIDO									
RESISTENCIA DE DISEÑO 240 kg/cm ²									
									
									

Anexo 55

Reporte de ensayos de permeabilidad en probetas de hormigones elaborados con diferente cemento Tipo GU (patrón + 0.5% solución de lignosulfonato "A").

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS				DIRECCIÓN DE APLICACIÓN DEL AGUA A PRESIÓN	OBSERVACIONES	FECHA FIN ENSAYO	HORA FIN ENSAYO	PROFUNDIDAD DE PENETRACIÓN MÁXIMA (mm)	PROFUNDIDAD DE PENETRACIÓN PROM. (mm)
PROBETA	FECHA INICIO ENSAYO	HORA INICIO ENSAYO	CARGA APLICADA (kPa)						
ATS 1 (C.A)	6/1/2023	11:50	500	Puntual en dirección perpendicular a la base	Ninguna	9/1/2023	12:30	26	28
ATS 2 (C.A)	9/1/2023	12:20	500	Puntual en dirección perpendicular a la base	Ninguna	12/1/2023	13:00	30	
HLCM 1 (C.A)	6/1/2023	11:50	500	Puntual en dirección perpendicular a la base	Regulación de presión de agua por fugas	9/1/2023	12:30	21	23
HCLM 2 (C.A)	9/1/2023	12:20	500	Puntual en dirección perpendicular a la base	Ninguna	12/1/2023	13:00	25	
CHMB 1 (C.A)	6/1/2023	11:50	500	Puntual en dirección perpendicular a la base	Regulación de presión de agua por fugas	9/1/2023	12:30	32	31
CHMB 2 (C.A)	9/1/2023	12:20	500	Puntual en dirección perpendicular a la base	Ninguna	12/1/2023	13:00	29	

ENSAYO DE PERMEABILIDAD EN MUESTRAS DE HORMIGÓN ENDURECIDO									
RESISTENCIA DE DISEÑO 240 kg/cm ²									











Anexo 56

Reporte de ensayos de permeabilidad en probetas de hormigones elaborados con diferente cemento Tipo GU (patrón + 0.5% solución de lignosulfonato "B").

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS				DIRECCIÓN DE APLICACIÓN DEL AGUA A PRESIÓN	OBSERVACIONES	FECHA FIN ENSAYO	HORA FIN ENSAYO	PROFUNDIDAD DE PENETRACIÓN MÁXIMA (mm)	PROFUNDIDAD DE PENETRACIÓN PROM. (mm)
PROBETA	FECHA INICIO ENSAYO	HORA INICIO ENSAYO	CARGA APLICADA (kPa)						
ATS 1 (C.A)	13/1/2023	12:15	500	Puntual en dirección perpendicular a la base	Ninguna	16/1/2023	12:50	23	19
ATS 2 (C.A)	16/1/2023	12:50	500	Puntual en dirección perpendicular a la base	Ninguna	19/1/2023	14:00	15	
HLCM 1 (C.A)	13/1/2023	12:15	500	Puntual en dirección perpendicular a la base	Ninguna	16/1/2023	12:50	16	19
HCLM 2 (C.A)	16/1/2023	12:50	500	Puntual en dirección perpendicular a la base	Ninguna	19/1/2023	14:00	21	
CHMB 1 (C.A)	13/1/2023	12:15	500	Puntual en dirección perpendicular a la base	Ninguna	16/1/2023	12:50	19	18
CHMB 2 (C.A)	16/1/2023	12:50	500	Puntual en dirección perpendicular a la base	Ninguna	19/1/2023	14:00	17	

ENSAYO DE PERMEABILIDAD EN MUESTRAS DE HORMIGÓN ENDURECIDO												
RESISTENCIA DE DISEÑO 240 kg/cm ²												
												
												

Anexo 57

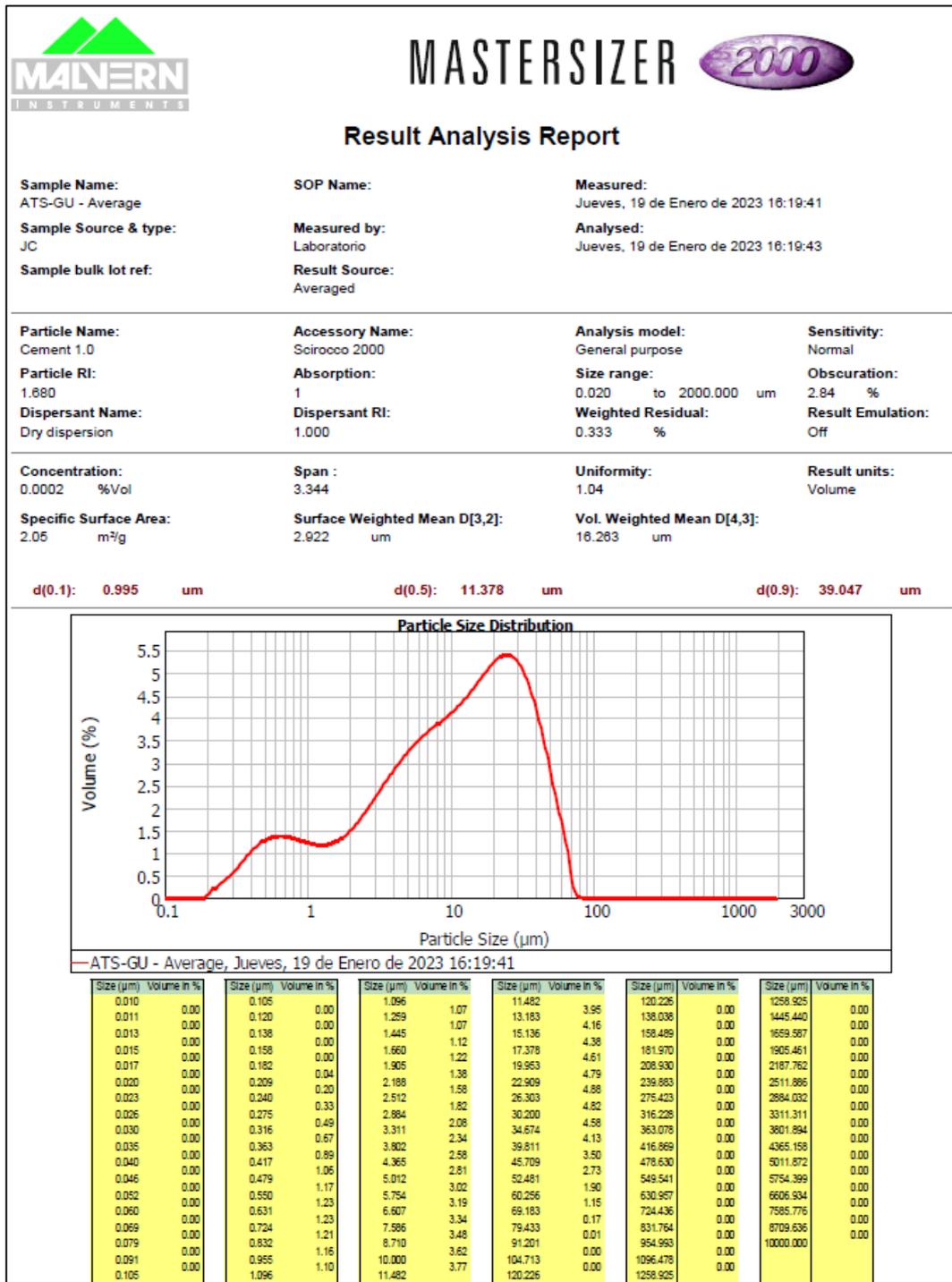
Reporte de ensayos de permeabilidad en probetas de hormigones elaborados con diferente cemento Tipo GU (patrón + 2.5% aditivo impermeabilizante por cristalización).

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS				DIRECCIÓN DE APLICACIÓN DEL AGUA A PRESIÓN	OBSERVACIONES	FECHA FIN ENSAYO	HORA FIN ENSAYO	PROFUNDIDAD DE PENETRACIÓN MÁXIMA (mm)	PROFUNDIDAD DE PENETRACIÓN PROM. (mm)
PROBETA	FECHA INICIO ENSAYO	HORA INICIO ENSAYO	CARGA APLICADA (kPa)						
ATS 1 (C.A)	20/1/2023	13:00	500	Puntual en dirección perpendicular a la base	Ninguna	23/1/2023	14:00	0	0
ATS 2 (C.A)	23/1/2023	13:30	500	Puntual en dirección perpendicular a la base	Ninguna	26/1/2023	14:20	0	
HLCM 1 (C.A)	20/1/2023	13:00	500	Puntual en dirección perpendicular a la base	Ninguna	23/1/2023	14:00	18	16
HCLM 2 (C.A)	23/1/2023	13:30	500	Puntual en dirección perpendicular a la base	Ninguna	26/1/2023	14:20	13	
CHMB 1 (C.A)	20/1/2023	13:00	500	Puntual en dirección perpendicular a la base	Ninguna	23/1/2023	14:00	6	6
CHMB 2 (C.A)	23/1/2023	13:30	500	Puntual en dirección perpendicular a la base	Ninguna	26/1/2023	14:20	5	

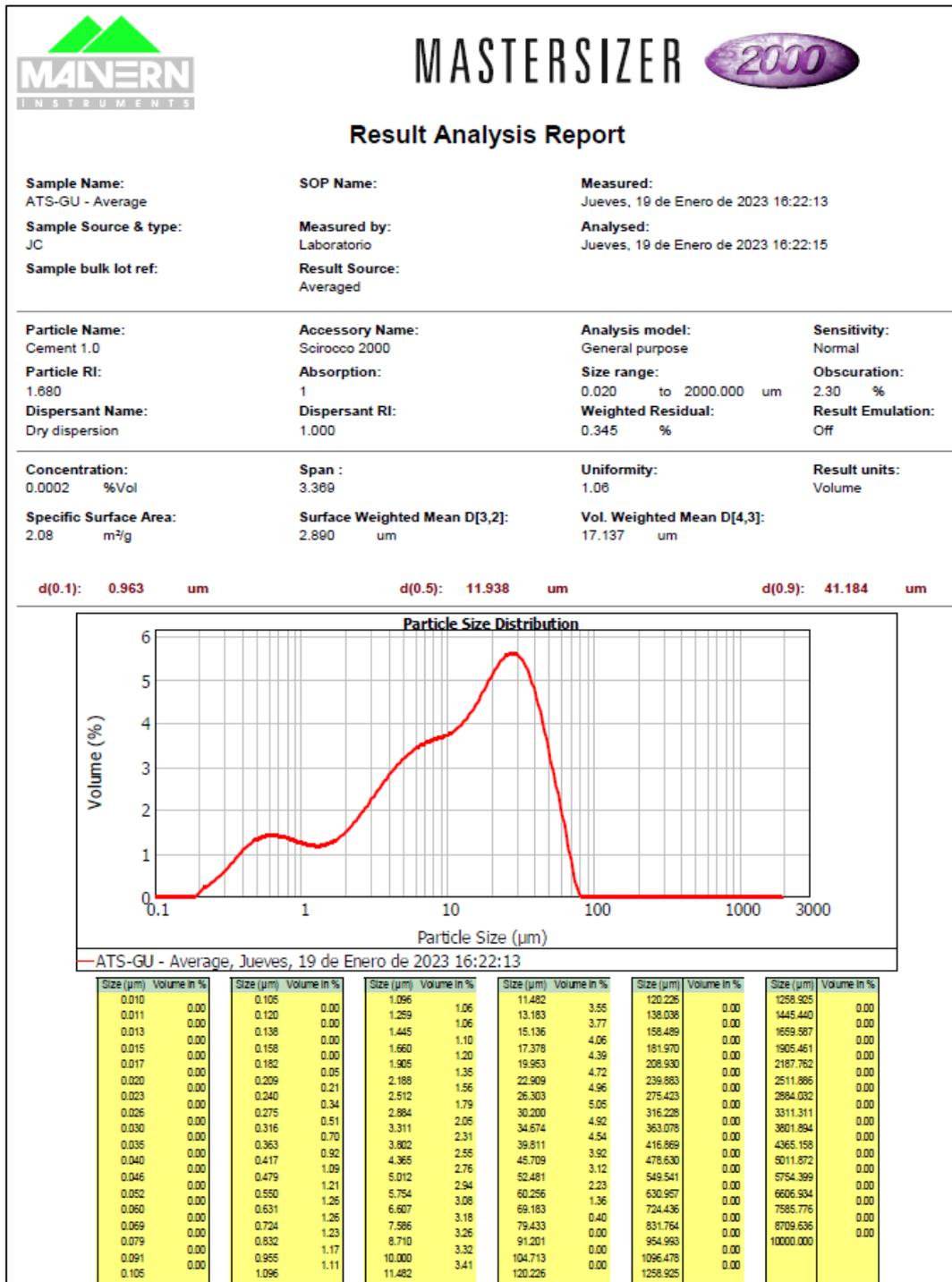
Anexo 58

Reporte de ensayos de granulometría laser del cemento "ATS" muestra 1.



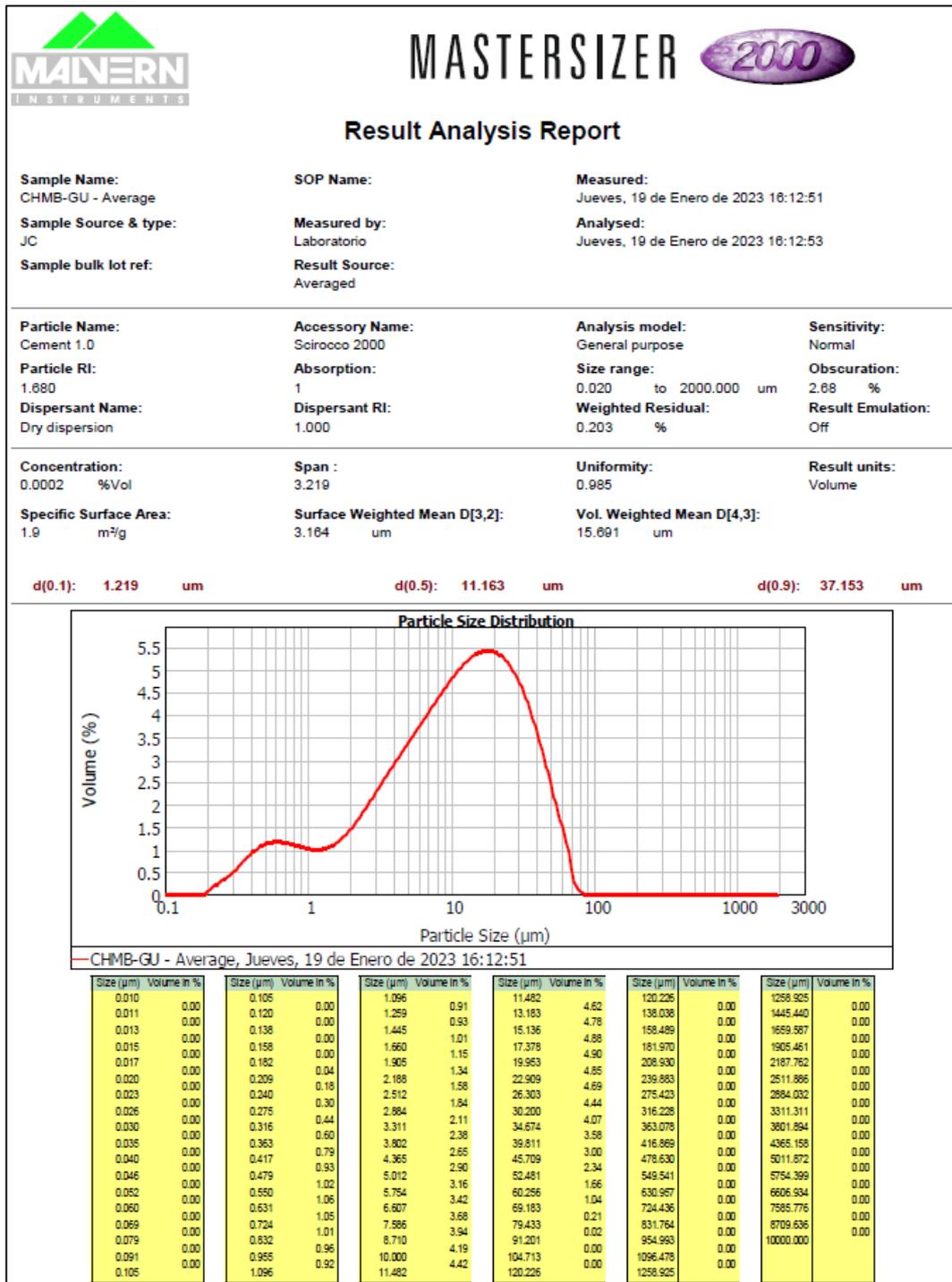
Anexo 59

Reporte de ensayos de granulometría laser del cemento "ATS" muestra 2.



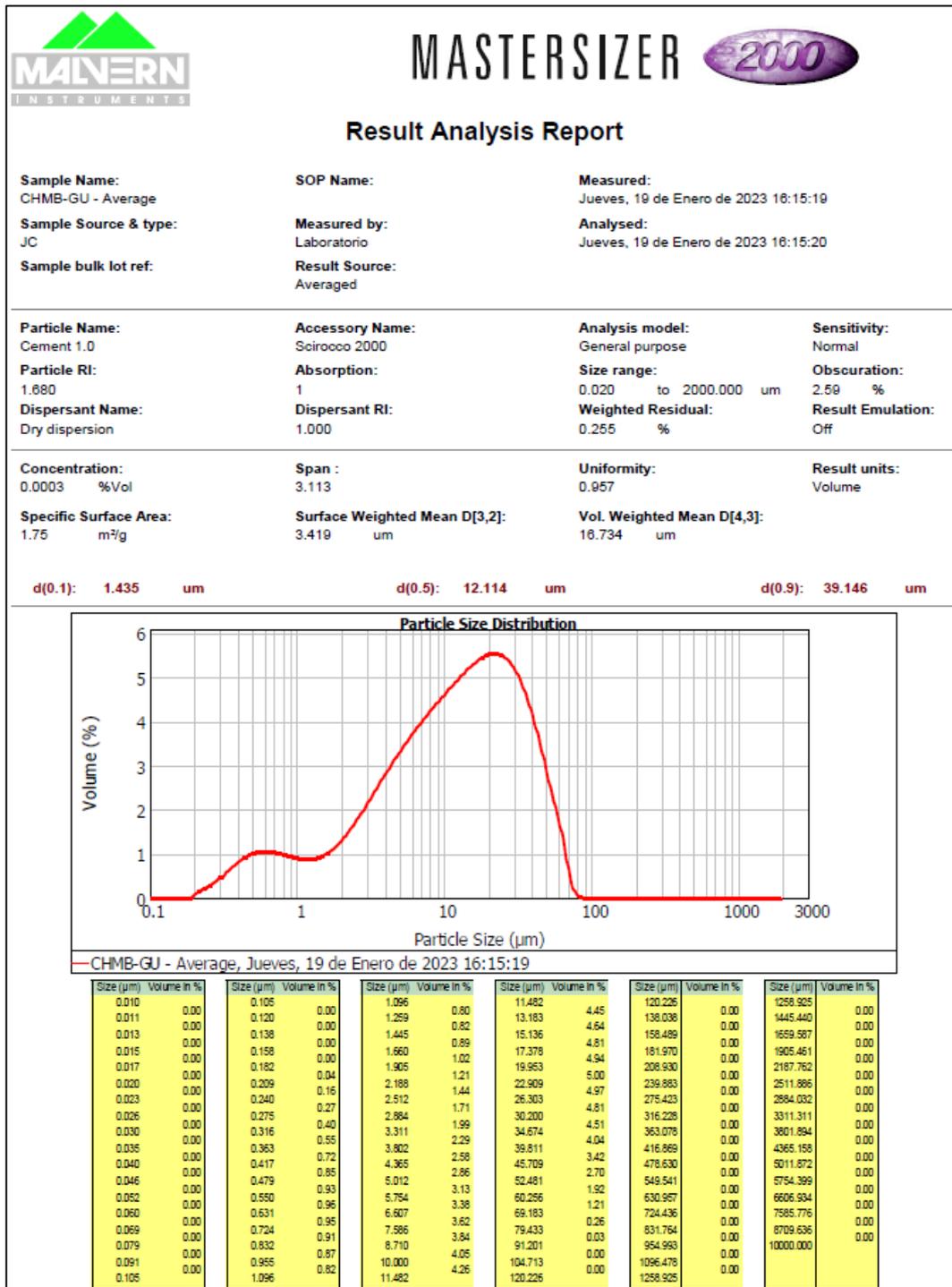
Anexo 60

Reporte de ensayos de granulometría laser del cemento "CHMB" muestra 1.



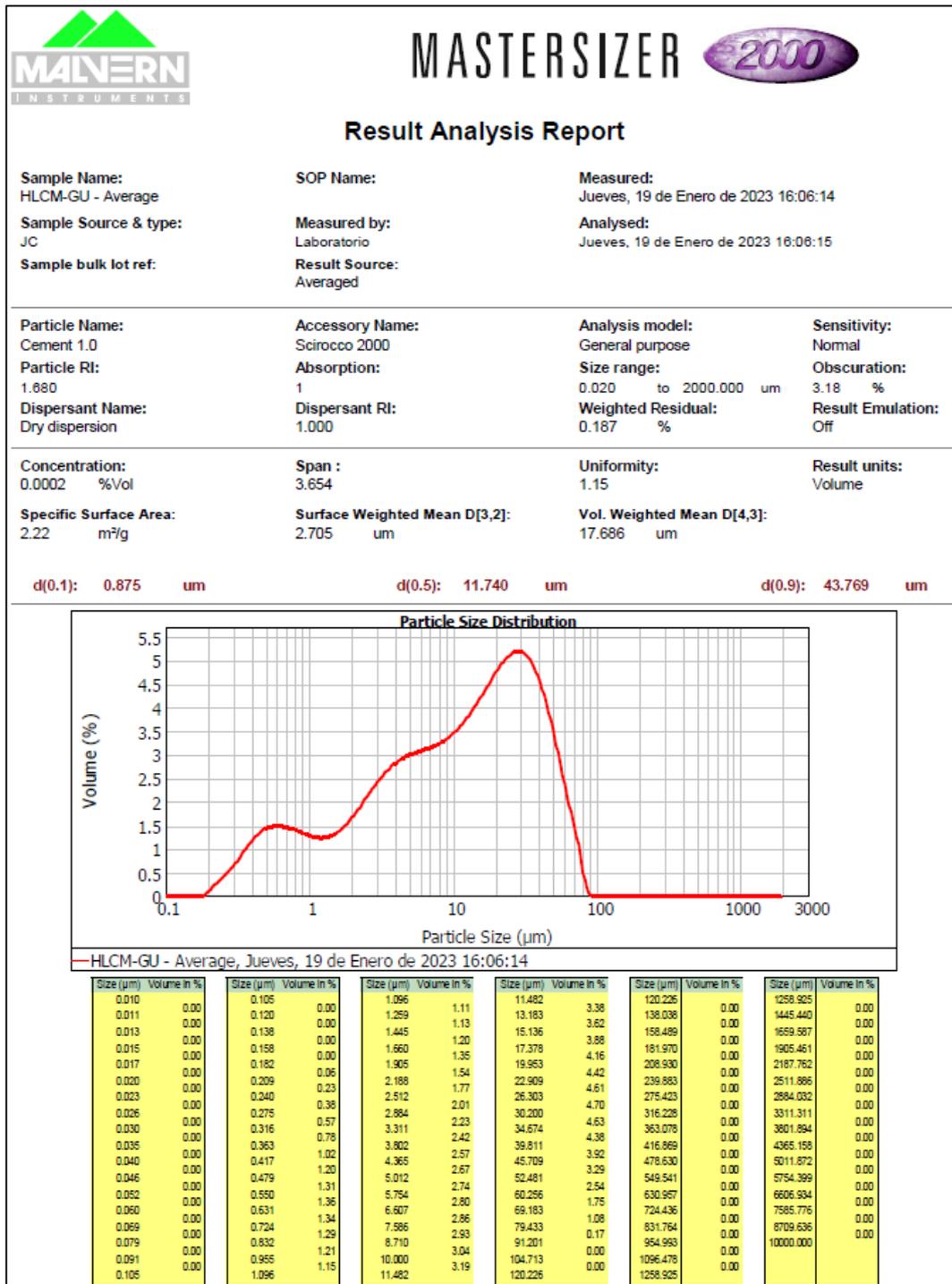
Anexo 61

Reporte de ensayos de granulometría laser del cemento "CHMB" muestra 2.



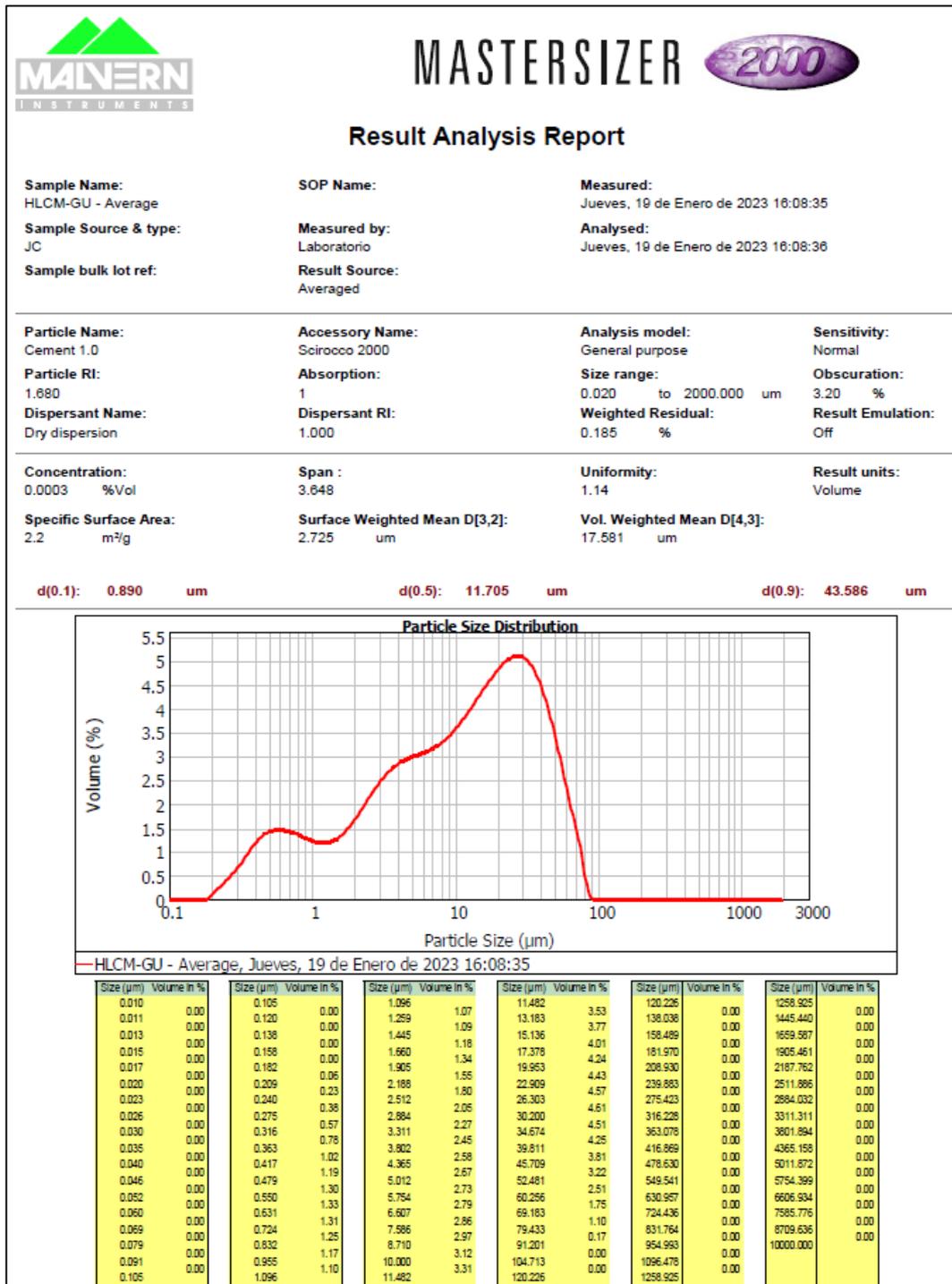
Anexo 62

Reporte de ensayos de granulometría laser del cemento "HLCM" muestra 1.



Anexo 63

Reporte de ensayos de granulometría laser del cemento "HLCM" muestra 2.



Anexo 64

Análisis de precio unitario del Hormigón Patrón "ATS".

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
TEMA	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA PERMEABILIDAD DE HORMIGONES F'C 240 kg/cm ² CON TRES ADITIVOS TIPO S, PARA EL USO EN LA ZONA COSTERA DE LA PROVINCIA DE SANTA ELENA"				
RUBRO:	1.00	UNIDAD:	m ³		
DETALLE:	HORMIGÓN f _c = 240 kg/cm ² CEMENTO TIPO GU "ATS"				
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor 5 % M/O					1.5363
Concreteira de 1 saco	1.000	4.3750	4.3750	1.0000	4.3750
Vibrador	1.000	3.7500	3.7500	1.0000	3.7500
SUBTOTAL M =					9.6613
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
(CATEGORIAS)	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Peon (estr.ocp. E2)	5.000	4.0500	20.2500	1.0000	20.2500
Albañil (estr.ocp. D2)	2.000	4.1000	8.2000	1.0000	8.2000
Maestro (estr.ocp. C1)	0.500	4.5500	2.2750	1.0000	2.2750
SUBTOTAL N =					30.7250
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C=A*B	
Cemento tipo GU "ATS" (50 Kg)	KG	399.280	0.1610	64.2841	
Agua	m ³	0.174	0.6600	0.1148	
Arena	m ³	0.294	18.0000	5.2920	
Piedra	m ³	0.355	22.0000	7.8100	
SUBTOTAL O =					77.5009
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C=A*B	
SUBTOTAL P =					0.0000
TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)					117.8872
INDIRECTOS Y UTILIDAD					25.00%
OTROS INDIRECTOS					0.00%
COSTO TOTAL DEL RUBRO					147.3590
VALOR OFERTADO					\$ 147.36

Anexo 65

Análisis de precio unitario del Hormigón Patrón "ATS" + 2.5% aditivo impermeabilizante por cristalización.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
TEMA	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA PERMEABILIDAD DE HORMIGONES F'c 240 kg/cm ² CON TRES ADITIVOS TIPO S, PARA EL USO EN LA ZONA COSTERA DE LA PROVINCIA DE SANTA ELENA"				
RUBRO:	2.00	UNIDAD:	m ³		
DETALLE:	HORMIGÓN DE f'c = 240 kg/cm ² CEMENTO TIPO GU "ATS" + 2,5% ADITIVO IMPERMEABILIZANTE POR CRISTALIZACIÓN				
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor 5 % M/O					1.5363
Concretera de 1 saco	1.000	4.3750	4.3750	1.0000	4.3750
Vibrador	1.000	3.7500	3.7500	1.0000	3.7500
SUBTOTAL M =					9.6613
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
(CATEGORIAS)	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Peon (estr.ocp. E2)	5.000	4.0500	20.2500	1.0000	20.2500
Albañil (estr.ocp. D2)	2.000	4.1000	8.2000	1.0000	8.2000
Maestro (estr.ocp. C1)	0.500	4.5500	2.2750	1.0000	2.2750
SUBTOTAL N =					30.7250
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C=A*B	
Cemento tipo GU "ATS" (50 Kg)	KG	399.280	0.1610	64.2841	
Agua	m ³	0.174	0.6600	0.1148	
Arena	m ³	0.294	18.0000	5.2920	
Piedra	m ³	0.355	22.0000	7.8100	
Aditivo Imper. por crista.	KG	9.982	6.0000	59.8920	
SUBTOTAL O =					137.3929
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C=A*B	
SUBTOTAL P =					0.0000
TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)					177.7792
INDIRECTOS Y UTILIDAD				25.00%	44.4448
OTROS INDIRECTOS				0.00%	0.0000
COSTO TOTAL DEL RUBRO					222.2240
VALOR OFERTADO				\$	222.22

Anexo 66

Análisis de precio unitario del Hormigón Patrón "ATS" + 0.5% solución de lignosulfonato "A".

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
TEMA	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA PERMEABILIDAD DE HORMIGONES F'C 240 kg/cm ² CON TRES ADITIVOS TIPO S, PARA EL USO EN LA ZONA COSTERA DE LA PROVINCIA DE SANTA ELENA"				
RUBRO:	1.00	UNIDAD:	m ³		
DETALLE:	HORMIGÓN f'c = 240 kg/cm ² CEMENTO TIPO GU "ATS" + 0.5% SOLUCIÓN DE LIGNOSULFONATO "A"				
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor 5 % M/O					1.5363
Concreteira de 1 saco	1.000	4.3750	4.3750	1.0000	4.3750
Vibrador	1.000	3.7500	3.7500	1.0000	3.7500
SUBTOTAL M =					9.6613
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
(CATEGORIAS)	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Peon (estr.ocp. E2)	5.000	4.0500	20.2500	1.0000	20.2500
Albañil (estr.ocp. D2)	2.000	4.1000	8.2000	1.0000	8.2000
Maestro (estr.ocp. C1)	0.500	4.5500	2.2750	1.0000	2.2750
SUBTOTAL N =					30.7250
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C=A*B	
Cemento tipo GU "ATS" (50 Kg)	KG	399.280	0.1610	64.2841	
Agua	m3	0.174	0.6600	0.1148	
Arena	m3	0.294	18.0000	5.2920	
Piedra	m3	0.355	22.0000	7.8100	
Solución de Lignosulfonato "A"	KG	1.996	2.8840	5.7576	
SUBTOTAL O =					83.2585
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C=A*B	
SUBTOTAL P =					0.0000
TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)					123.6448
INDIRECTOS Y UTILIDAD				25.00%	30.9112
OTROS INDIRECTOS				0.00%	0.0000
COSTO TOTAL DEL RUBRO					154.5560
VALOR OFERTADO				\$	154.56

Anexo 67

Análisis de precio unitario del Hormigón Patrón "ATS" + 0.5% solución de lignosulfonato "B".

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
TEMA	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA PERMEABILIDAD DE HORMIGONES F'C 240 kg/cm ² CON TRES ADITIVOS TIPO S, PARA EL USO EN LA ZONA COSTERA DE LA PROVINCIA DE SANTA ELENA"				
RUBRO:	2.00	UNIDAD:	m ³		
DETALLE:	HORMIGÓN f'c = 240 kg/cm ² CEMENTO TIPO GU "ATS" + 0.5% SOLUCIÓN DE LIGNOSULFONATO "B"				
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor 5 % M/O					1.5363
Concretera de 1 saco	1.000	4.3750	4.3750	1.0000	4.3750
Vibrador	1.000	3.7500	3.7500	1.0000	3.7500
SUBTOTAL M =					9.6613
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
(CATEGORIAS)	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Peon (estr.ocp. E2)	5.000	4.0500	20.2500	1.0000	20.2500
Albañil (estr.ocp. D2)	2.000	4.1000	8.2000	1.0000	8.2000
Maestro (estr.ocp. C1)	0.500	4.5500	2.2750	1.0000	2.2750
SUBTOTAL N =					30.7250
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C=A*B	
Cemento tipo GU "ATS" (50 Kg)	KG	399.280	0.1610	64.2841	
Agua	m3	0.174	0.6600	0.1148	
Arena	m3	0.294	18.0000	5.2920	
Piedra	m3	0.355	22.0000	7.8100	
Solución de Lignosulfonato "B"	KG	1.996	1.4450	2.8848	
SUBTOTAL O =				80.3857	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C=A*B	
SUBTOTAL P =				0.0000	
TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)					120.7720
INDIRECTOS Y UTILIDAD				25.00%	30.1930
OTROS INDIRECTOS				0.00%	0.0000
COSTO TOTAL DEL RUBRO					150.9650
VALOR OFERTADO				\$	150.97

Anexo 68

Análisis de precio unitario del Hormigón Patrón "HLCM".

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
TEMA	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA PERMEABILIDAD DE HORMIGONES F'C 240 kg/cm ² CON TRES ADITIVOS TIPO S, PARA EL USO EN LA ZONA COSTERA DE LA PROVINCIA DE SANTA ELENA"				
RUBRO:	1.00	UNIDAD:	m ³		
DETALLE:	HORMIGÓN f'c = 240 kg/cm ² CEMENTO TIPO GU "HLCM"				
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor 5 % M/O					1.5363
Concretera de 1 saco	1.000	4.3750	4.3750	1.0000	4.3750
Vibrador	1.000	3.7500	3.7500	1.0000	3.7500
SUBTOTAL M =					9.6613
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
(CATEGORIAS)	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Peon (estr.ocp. E2)	5.000	4.0500	20.2500	1.0000	20.2500
Albañil (estr.ocp. D2)	2.000	4.1000	8.2000	1.0000	8.2000
Maestro (estr.ocp. C1)	0.500	4.5500	2.2750	1.0000	2.2750
SUBTOTAL N =					30.7250
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C=A*B	
Cemento tipo GU "HLCM" (50 Kg)	KG	399.280	0.1700	67.8776	
Agua	m3	0.174	0.6600	0.1148	
Arena	m3	0.296	18.0000	5.3280	
Piedra	m3	0.355	22.0000	7.8100	
SUBTOTAL O =					81.1304
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C=A*B	
SUBTOTAL P =					0.0000
TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)					121.5167
INDIRECTOS Y UTILIDAD					25.00%
OTROS INDIRECTOS					0.00%
COSTO TOTAL DEL RUBRO					151.8959
VALOR OFERTADO					\$ 151.90

Anexo 69

Análisis de precio unitario del Hormigón Patrón "HLCM" + 2.5% aditivo impermeabilizante por cristalización.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
TEMA	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA PERMEABILIDAD DE HORMIGONES F'c 240 kg/cm ² CON TRES ADITIVOS TIPO S, PARA EL USO EN LA ZONA COSTERA DE LA PROVINCIA DE SANTA ELENA"				
RUBRO:	2.00	UNIDAD:	m ³		
DETALLE:	HORMIGÓN f'c = 240 kg/cm ² CEMENTO TIPO GU "HLCM" + 2.,5% ADITIVO IMPERMEABILIZANTE POR CRISTALIZACIÓN				
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor 5 % M/O					1.5363
Concreteira de 1 saco	1.000	4.3750	4.3750	1.0000	4.3750
Vibrador	1.000	3.7500	3.7500	1.0000	3.7500
SUBTOTAL M =					9.6613
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
(CATEGORIAS)	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Peon (estr.ocp. E2)	5.000	4.0500	20.2500	1.0000	20.2500
Albañil (estr.ocp. D2)	2.000	4.1000	8.2000	1.0000	8.2000
Maestro (estr.ocp. C1)	0.500	4.5500	2.2750	1.0000	2.2750
SUBTOTAL N =					30.7250
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C=A*B	
Cemento tipo GU "HLCM" (50 Kg)	KG	399.280	0.1700	67.8776	
Agua	m ³	0.174	0.6600	0.1148	
Arena	m ³	0.296	18.0000	5.3280	
Piedra	m ³	0.355	22.0000	7.8100	
Aditivo Imper. por crista.	KG	9.982	6.0000	59.8920	
SUBTOTAL O =				141.0224	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C=A*B	
SUBTOTAL P =				0.0000	
TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)					181.4087
INDIRECTOS Y UTILIDAD				25.00%	45.3522
OTROS INDIRECTOS				0.00%	0.0000
COSTO TOTAL DEL RUBRO					226.7609
VALOR OFERTADO				\$	226.76

Anexo 70

Análisis de precio unitario del Hormigón Patrón "HLCM" + 0.5% solución de lignosulfonato "A".

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
TEMA	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA PERMEABILIDAD DE HORMIGONES F'C 240 kg/cm ² CON TRES ADITIVOS TIPO S, PARA EL USO EN LA ZONA COSTERA DE LA PROVINCIA DE SANTA ELENA"				
RUBRO:	1.00	UNIDAD:	m ³		
DETALLE:	HORMIGÓN f'c = 240 kg/cm ² CEMENTO TIPO GU "HLCM" + 0.5% SOLUCIÓN DE LIGNOSULFONATO "A"				
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor 5 % M/O					1.5363
Concreteira de 1 saco	1.000	4.3750	4.3750	1.0000	4.3750
Vibrador	1.000	3.7500	3.7500	1.0000	3.7500
SUBTOTAL M =					9.6613
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
(CATEGORIAS)	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Peon (estr.ocp. E2)	5.000	4.0500	20.2500	1.0000	20.2500
Albañil (estr.ocp. D2)	2.000	4.1000	8.2000	1.0000	8.2000
Maestro (estr.ocp. C1)	0.500	4.5500	2.2750	1.0000	2.2750
SUBTOTAL N =					30.7250
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C=A*B	
Cemento tipo GU "HLCM" (50 Kg)	KG	399.280	0.1700	67.8776	
Agua	m3	0.174	0.6600	0.1148	
Arena	m3	0.296	18.0000	5.3280	
Piedra	m3	0.355	22.0000	7.8100	
Solución de Lignosulfonato "A"	KG	1.996	2.8840	5.7576	
SUBTOTAL O =					86.8880
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C=A*B	
SUBTOTAL P =					0.0000
TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)					127.2743
INDIRECTOS Y UTILIDAD				25.00%	31.8186
OTROS INDIRECTOS				0.00%	0.0000
COSTO TOTAL DEL RUBRO					159.0929
VALOR OFERTADO				\$	159.09

Anexo 71

Análisis de precio unitario del Hormigón Patrón "HLCM" + 0.5% solución de lignosulfonato "B".

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
TEMA	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA PERMEABILIDAD DE HORMIGONES F'C 240 kg/cm ² CON TRES ADITIVOS TIPO S, PARA EL USO EN LA ZONA COSTERA DE LA PROVINCIA DE SANTA ELENA"				
RUBRO:	2.00	UNIDAD:	m ³		
DETALLE:	HORMIGÓN f'c = 240 kg/cm ² CEMENTO TIPO GU "HLCM" + 0.5% SOLUCIÓN DE LIGNOSULFONATO "B"				
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor 5 % M/O					1.5363
Concretera de 1 saco	1.000	4.3750	4.3750	1.0000	4.3750
Vibrador	1.000	3.7500	3.7500	1.0000	3.7500
SUBTOTAL M =					9.6613
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
(CATEGORIAS)	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Peon (estr.ocp. E2)	5.000	4.0500	20.2500	1.0000	20.2500
Albañil (estr.ocp. D2)	2.000	4.1000	8.2000	1.0000	8.2000
Maestro (estr.ocp. C1)	0.500	4.5500	2.2750	1.0000	2.2750
SUBTOTAL N =					30.7250
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C=A*B	
Cemento tipo GU "HLCM" (50 Kg)	KG	399.280	0.1700	67.8776	
Agua	m3	0.174	0.6600	0.1148	
Arena	m3	0.296	18.0000	5.3280	
Piedra	m3	0.355	22.0000	7.8100	
Solución de Lignosulfonato "B"	KG	1.996	1.4450	2.8848	
SUBTOTAL O =				84.0152	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C=A*B	
SUBTOTAL P =				0.0000	
TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)					124.4015
INDIRECTOS Y UTILIDAD				25.00%	31.1004
OTROS INDIRECTOS				0.00%	0.0000
COSTO TOTAL DEL RUBRO					155.5019
VALOR OFERTADO				\$	155.50

Anexo 72

Análisis de precio unitario del Hormigón Patrón "CHMB".

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
TEMA	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA PERMEABILIDAD DE HORMIGONES F'C 240 kg/cm ² CON TRES ADITIVOS TIPO S, PARA EL USO EN LA ZONA COSTERA DE LA PROVINCIA DE SANTA ELENA"				
RUBRO:	1.00	UNIDAD:	m ³		
DETALLE:	HORMIGON f _c = 240 kg/cm ² CEMENTO TIPO GU "CHMB"				
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor 5 % M/O					1.5363
Concretera de 1 saco	1.000	4.3750	4.3750	1.0000	4.3750
Vibrador	1.000	3.7500	3.7500	1.0000	3.7500
SUBTOTAL M =					9.6613
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
(CATEGORIAS)	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Peon (estr.ocp. E2)	5.000	4.0500	20.2500	1.0000	20.2500
Albañil (estr.ocp. D2)	2.000	4.1000	8.2000	1.0000	8.2000
Maestro (estr.ocp. C1)	0.500	4.5500	2.2750	1.0000	2.2750
SUBTOTAL N =					30.7250
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C=A*B	
Cemento tipo GU "CHMB" (50 Kg)	KG	399.280	0.1552	61.9683	
Agua	m3	0.175	0.6600	0.1155	
Arena	m3	0.288	18.0000	5.1840	
Piedra	m3	0.355	22.0000	7.8100	
SUBTOTAL O =					75.0778
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C=A*B	
SUBTOTAL P =					0.0000
TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)					115.4641
INDIRECTOS Y UTILIDAD					25.00%
OTROS INDIRECTOS					0.00%
COSTO TOTAL DEL RUBRO					144.3301
VALOR OFERTADO					\$ 144.33

Anexo 73

Análisis de precio unitario del Hormigón Patrón "CHMB" + 2.5% aditivo impermeabilizante por cristalización.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
TEMA	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA PERMEABILIDAD DE HORMIGONES F'c 240 kg/cm ² CON TRES ADITIVOS TIPO S, PARA EL USO EN LA ZONA COSTERA DE LA PROVINCIA DE SANTA ELENA"				
RUBRO:	2.00	UNIDAD:	m ³		
DETALLE:	HORMIGÓN DE f'c = 240 kg/cm ² CEMENTO TIPO GU "CHMB" + 2,5% ADITIVO IMPERMEABILIZANTE POR CRISTALIZACIÓN				
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor 5 % M/O					1.5363
Concretera de 1 saco	1.000	4.3750	4.3750	1.0000	4.3750
Vibrador	1.000	3.7500	3.7500	1.0000	3.7500
SUBTOTAL M =					9.6613
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
(CATEGORIAS)	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Peon (estr.ocp. E2)	5.000	4.0500	20.2500	1.0000	20.2500
Albañil (estr.ocp. D2)	2.000	4.1000	8.2000	1.0000	8.2000
Maestro (estr.ocp. C1)	0.500	4.5500	2.2750	1.0000	2.2750
SUBTOTAL N =					30.7250
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C=A*B	
Cemento tipo GU "CHMB" (50 Kg)	KG	399.280	0.1552	61.9683	
Agua	m ³	0.175	0.6600	0.1155	
Arena	m ³	0.288	18.0000	5.1840	
Piedra	m ³	0.355	22.0000	7.8100	
Aditivo Imper. por crista.	KG	9.982	6.0000	59.8920	
SUBTOTAL O =					134.9698
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C=A*B	
SUBTOTAL P =					0.0000
TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)					175.3561
INDIRECTOS Y UTILIDAD				25.00%	43.8390
OTROS INDIRECTOS				0.00%	0.0000
COSTO TOTAL DEL RUBRO					219.1951
VALOR OFERTADO				\$	219.20

Anexo 74

Análisis de precio unitario del Hormigón Patrón "CHMB" + 0.5% solución de lignosulfonato "A".

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
TEMA	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA PERMEABILIDAD DE HORMIGONES F'C 240 kg/cm ² CON TRES ADITIVOS TIPO S, PARA EL USO EN LA ZONA COSTERA DE LA PROVINCIA DE SANTA ELENA"				
RUBRO:	1.00	UNIDAD:	m ³		
DETALLE:	HORMIGÓN f'c = 240 kg/cm ² CEMENTO TIPO GU "CHMB" + 0.5% SOLUCIÓN DE LIGNOSULFONATO "A"				
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor 5 % M/O					1.5363
Concreteira de 1 saco	1.000	4.3750	4.3750	1.0000	4.3750
Vibrador	1.000	3.7500	3.7500	1.0000	3.7500
SUBTOTAL M =					9.6613
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
(CATEGORIAS)	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Peon (estr.ocp. E2)	5.000	4.0500	20.2500	1.0000	20.2500
Albañil (estr.ocp. D2)	2.000	4.1000	8.2000	1.0000	8.2000
Maestro (estr.ocp. C1)	0.500	4.5500	2.2750	1.0000	2.2750
SUBTOTAL N =					30.7250
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C=A*B	
Cemento tipo GU "CHMB" (50 Kg)	KG	399.280	0.1552	61.9683	
Agua	m ³	0.175	0.6600	0.1155	
Arena	m ³	0.288	18.0000	5.1840	
Piedra	m ³	0.355	22.0000	7.8100	
Solución de Lignosulfonato "A"	KG	1.996	2.8840	5.7576	
SUBTOTAL O =					80.8354
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C=A*B	
SUBTOTAL P =					0.0000
TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)					121.2217
INDIRECTOS Y UTILIDAD				25.00%	30.3054
OTROS INDIRECTOS				0.00%	0.0000
COSTO TOTAL DEL RUBRO					151.5271
VALOR OFERTADO				\$	151.53

Anexo 75

Análisis de precio unitario del Hormigón Patrón "CHMB" + 0.5% solución de lignosulfonato "B".

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
TEMA	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA PERMEABILIDAD DE HORMIGONES F'C 240 kg/cm ² CON TRES ADITIVOS TIPO S, PARA EL USO EN LA ZONA COSTERA DE LA PROVINCIA DE SANTA ELENA"				
RUBRO:	2.00	UNIDAD:	m ³		
DETALLE:	HORMIGÓN f'c = 240 kg/cm ² CEMENTO TIPO GU "CHMB" + 0.5% SOLUCIÓN DE LIGNOSULFONATO "B"				
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor 5 % M/O					1.5363
Concretera de 1 saco	1.000	4.3750	4.3750	1.0000	4.3750
Vibrador	1.000	3.7500	3.7500	1.0000	3.7500
SUBTOTAL M =					9.6613
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
(CATEGORIAS)	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Peon (estr.ocp. E2)	5.000	4.0500	20.2500	1.0000	20.2500
Albañil (estr.ocp. D2)	2.000	4.1000	8.2000	1.0000	8.2000
Maestro (estr.ocp. C1)	0.500	4.5500	2.2750	1.0000	2.2750
SUBTOTAL N =					30.7250
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C=A*B	
Cemento tipo GU "CHMB" (50 Kg)	KG	399.280	0.1552	61.9683	
Agua	m3	0.175	0.6600	0.1155	
Arena	m3	0.288	18.0000	5.1840	
Piedra	m3	0.355	22.0000	7.8100	
Solución de Lignosulfonato "B"	KG	1.996	1.4450	2.8848	
SUBTOTAL O =				77.9626	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C=A*B	
SUBTOTAL P =				0.0000	
TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)					118.3489
INDIRECTOS Y UTILIDAD				25.00%	29.5872
OTROS INDIRECTOS				0.00%	0.0000
COSTO TOTAL DEL RUBRO					147.9361
VALOR OFERTADO				\$	147.94