

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

**Influencia de polvo de algas marinas en la permeabilidad y resistencia a la
compresión del concreto en Nuevo Chimbote, Áncash**

**TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO
CIVIL**

Autores:

Bach. Araujo Saucedo, Jean Pier
Código ORCID: 0000-0001-5966-1135

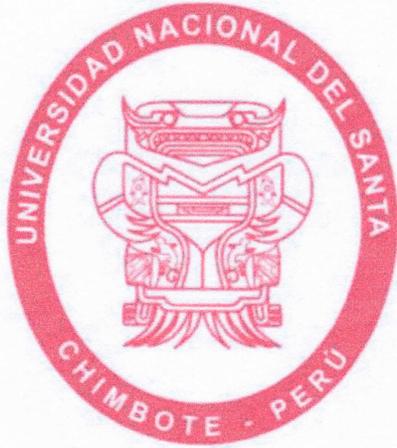
Bach. Cabello Lopez, Jean Marco
Código ORCID: 0000-0003-4353-9375

Asesor:

Mg. Ing. Cerna Vásquez, Marco Antonio
DNI N° 43478519
Código ORCID: 0000-0002-8259-5444

Nuevo Chimbote-Perú
2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

**Influencia de polvo de algas marinas en la permeabilidad y
resistencia a la compresión del concreto en Nuevo Chimbote,
Ancash.**

**TESIS PARA OBTENER EL
TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

REVISADO Y APROBADO POR:

Ms. Ing. Cerna Vásquez Marco Antonio
Asesor

DNI N° 43478519

Código ORCID: 0000-0002-8259-5444

NUEVO CHIMBOTE – PERÚ
2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

**Influencia de polvo de algas marinas en la permeabilidad y
resistencia a la compresión del concreto en Nuevo Chimbote,
Ancash.**

**TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO
CIVIL**

REVISADO Y APROBADO POR LOS SIGUIENTES JURADOS:

**Ms. Ing. Rivasplata Díaz Julio
Cesar
Presidente**
DNI N°: 32770844
ORCID: 0000-0002-4180-9362

**Ms. Ing. Luz Esther Álvarez
Asto
Secretaria**
DNI N°: 32968961
ORCID: 0000-0001-6491-6569

**Ms. Ing. Cerna Vásquez Marco
Antonio
Asesor**
DNI N° 43478519
Código ORCID: 0000-0002-8259-5444

NUEVO CHIMBOTE – PERÚ
2025



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
- EPIC -

ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

A los 22 días del mes de julio del año dos mil veinticinco, siendo las 10:00 horas, en el Laboratorio de Topografía del edificio de Ingeniería Civil, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante T. Resolución N° 149-2025-UNS-CFI, con fecha 24.04.2025, integrado por los siguientes docentes: Ms. Julio César Rivasplata Díaz (Presidente), Ms. Luz Esther Álvarez Asto (Secretaria), Mg. Marco Antonio Cerna Vásquez (Integrante), Dra. Jenisse del Rocío Fernández Mantilla (Accesitaria), en base a la Resolución Decanal N° 452-2025-UNS-FI se da inicio la sustentación de la Tesis titulada: "INFLUENCIA DE POLVO DE ALGAS MARINAS EN LA PERMEABILIDAD Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN NUEVO CHIMBOTE, ANCASH", presentado por los Bachilleres ARAUJO SAUCEDO JEAN PIER con cód. N° 0201713057 y CABELLO LOPEZ JEAN MARCO con cód. N° 0201713021, quienes fueron asesorados por el docente Mg. Marco Antonio Cerna Vásquez según lo establece la T. Resolución Decanal N° 488-2023-UNS-FI, de fecha 14.07.2023.

El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General para Obtener el Grado Académico de Bachiller y el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
ARAUJO SAUCEDO JEAN PIER	17	BUENO.

Siendo las 11:00 horas del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 22 de julio de 2025.

Ms. Julio César Rivasplata Díaz
Presidente

Ms. Luz Esther Álvarez Asto
Secretaria

Mg. Marco Antonio Cerna Vásquez
Integrante



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
- EPIC -

ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

A los 22 días del mes de julio del año dos mil veinticinco, siendo las 10:00 horas, en el Laboratorio de Topografía del edificio de Ingeniería Civil, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante T. Resolución N° 149-2025-UNS-CFI, con fecha 24.04.2025, integrado por los siguientes docentes: Ms. Julio César Rivasplata Díaz (Presidente), Ms. Luz Esther Álvarez Asto (Secretaria), Mg. Marco Antonio Cerna Vásquez (Integrante), Dra. Jenisse del Rocío Fernández Mantilla (Accesitaria), en base a la Resolución Decanal N° 452-2025-UNS-FI se da inicio la sustentación de la Tesis titulada: "INFLUENCIA DE POLVO DE ALGAS MARINAS EN LA PERMEABILIDAD Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN NUEVO CHIMBOTE, ANCASH", presentado por los Bachilleres **ARAUJO SAUCEDO JEAN PIER** con cód. N° 0201713057 y **CABELLO LOPEZ JEAN MARCO** con cód. N° 0201713021, quienes fueron asesorados por el docente Mg. Marco Antonio Cerna Vásquez según lo establece la T. Resolución Decanal N° 488-2023-UNS-FI, de fecha 14.07.2023.

El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General para Obtener el Grado Académico de Bachiller y el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
CABELLO LOPEZ JEAN MARCO	17	BUENO

Siendo las 11:00 horas del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 22 de julio de 2025.

Ms. Julio César Rivasplata Díaz
Presidente

Ms. Luz Esther Álvarez Asto
Secretaria

Mg. Marco Antonio Cerna Vásquez
Integrante



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Joel Noe
Título del ejercicio: T62
Título de la entrega: TESIS ARAUJO-CABELLO-REV TURNITING.pdf
Nombre del archivo: TESIS_ARAUJO-CABELLO-REV_TURNITING.pdf
Tamaño del archivo: 1.12M
Total páginas: 85
Total de palabras: 19,841
Total de caracteres: 99,325
Fecha de entrega: 25-jul-2025 05:33p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 2720545166

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



Influencia de polvo de algas marinas en la permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto en Nuevo Chimbote, Áncash

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Autores:
Bach. Araujo Saucedo, Jean Pier
Código ORCID: 0000-0001-5966-1135
Bach. Cabello Lopez, Jean Marco
Código ORCID: 0000-0003-4353-9375

Asesor:
Mg. Ing. Cerna Vásquez, Marco Antonio
DNI N° 43478519
Código ORCID: 0000-0002-8259-5444

Nuevo Chimbote-Perú
2025-04-02

TESIS ARAUJO-CABELLO-REV TURNITING.pdf

INFORME DE ORIGINALIDAD

24%

INDICE DE SIMILITUD

24%

FUENTES DE INTERNET

10%

PUBLICACIONES

12%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

5%

2

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

4%

3

Submitted to Universidad Andina del Cusco

Trabajo del estudiante

1%

4

Submitted to Universidad Cesar Vallejo

Trabajo del estudiante

1%

5

repositorio.unheval.edu.pe

Fuente de Internet

1%

6

imcyc.com

Fuente de Internet

1%

7

Submitted to Universidad Privada del Norte

Trabajo del estudiante

1%

8

Submitted to uncedu

Trabajo del estudiante

1%

9

repositorio.upse.edu.ec

Fuente de Internet

<1%

10

repositorio.uns.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

11

ri.ues.edu.sv

Fuente de Internet

<1%

12

Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga

Trabajo del estudiante

<1%

DEDICATORIA

A mi familia, pilar fundamental en cada paso de mi vida. A mis padres, por su amor incondicional, sus enseñanzas y su ejemplo de perseverancia. A mis hermanos, por su compañía y apoyo silencioso. Sin ustedes, este logro no tendría el mismo significado.

A Dios, por darme fuerza cuando creí que no podía más, y por abrirme caminos donde parecía no haberlos. Y a mí mismo, por no rendirme, por seguir adelante en medio de dudas y desafíos.

Bach. Araujo Saucedo Jean Pier

DEDICATORIA

A Dios, por darme la salud y fuerza necesaria para poder afrontar todos los problemas que se presentaron durante la ejecución del presente trabajo, y permitirme lograr uno de los objetivos más grandes trazados en mi vida.

A mis padres, Marco y Nola, quienes me brindan su cariño y apoyo incondicional en todo momento. Ustedes son mi modelo a seguir y la razón por la que me esfuerzo a diario por cumplir todas mis metas, Todo lo que he logrado, es gracias a ustedes.

A mis hermanos Jhonatan y Catherine, que día a día me aconsejan y orientan, estando a mi lado en los momentos más difíciles de mi vida brindándome su apoyo.

Bach. Cabello Lopez Jean Marco

AGRADECIMIENTO

Agradecemos, antes que todo, a Dios, por brindarnos salud y guiarnos por el camino correcto, dándonos la valentía y las fuerzas necesaria para no sucumbir ante los problemas.

A nuestra familia, por nunca dejarnos solos, y siempre estar presentes brindándonos su apoyo, cariño y consejos. Gracias por confiar y nunca dejar de creer en nosotros.

A nuestro asesor, Mg. Ing. Marco Antonio Cerna Vásquez, por su compromiso y apoyo durante la ejecución de nuestra tesis, sin sus conocimientos y experiencia no hubiese sido esto posible.

Los Autores

INDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv
RESUMEN	xvi
ABSTRACT.....	xvii
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	19
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	19
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	21
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	21
1.2.2. PROBLEMAS ESPECIFICOS	21
1.3. OBJETIVOS.....	22
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	22
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
1.4. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS	23
1.5. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	23
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	26
2.1. ANTECEDENTES.....	26

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	26
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES.....	28
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES	29
2.2. MARCO CONCEPTUAL.....	31
2.2.1. CONCRETO.....	31
2.2.2. COMPONENTES DEL CONCRETO	32
2.2.3. PROPIEDADES DEL CONCRETO.....	37
2.2.4. CAUSAS EN EL DETERIORO DEL CONCRETO	43
2.2.5. ALGAS MARINAS.....	46
2.2.6. CLASIFICACIÓN DE ALGAS	47
2.2.7. USOS Y APLICACIONES DE LAS ALGAS MARINAS	52
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	55
3.1. ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN.....	55
3.2. METODO DE INVESTIGACIÓN	55
3.2.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	55
3.2.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	56
3.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	56
3.4. POBLACIÓN	57
3.5. MUESTREO	58
3.6. MUESTRA.....	59

3.7. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	61
3.7.1. VARIABLE INDEPENDIENTE	61
3.7.2. VARIABLE DEPENDIENTE	62
3.8. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	63
3.9. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE RESULTADOS	64
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	68
4.1. RESULTADOS.....	68
4.1.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y COMPOSICIÓN MINERALÓGICA DEL POLVO DE ALGAS MARINAS	68
4.1.2. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS DE CONCRETO	70
4.1.3. PERMEABILIDAD DE MUESTRAS DE CONCRETO	85
4.1.4. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS: ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA)	90
4.1.5. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN ENTRE LAS VARIABLES DE ESTUDIO.....	95
4.2. DISCUSIÓN.....	97
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	102
5.1. CONCLUSIONES	102
5.2. RECOMENDACIONES	103
CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	106
CAPÍTULO VII: ANEXOS	110

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Requerimiento de granulometría para agregado fino	35
Tabla 2 Muestras requeridas para ensayo de resistencia a la compresión.....	60
Tabla 3 Muestras requeridas para ensayo de profundidad de penetración.....	60
Tabla 4 Muestras requeridas para ensayo de densidad, absorción y vacíos para concreto	61
Tabla 5 Características físicas de alga “Chondracanthus Chamissoi”	68
Tabla 6 Resultados de resistencia a la compresión de testigos con 1% de polvo de las marinas para evaluación estadística.....	79
Tabla 7 Parámetros estadísticos	80
Tabla 8 Estándares de control de concreto $f_c \leq 35$ MPa (356.9 Kg/cm ²).....	81
Tabla 9 Frecuencia de ensayos de resistencia a la compresión para intervalos igual a la desviación estándar	82
Tabla 10 Valores para elaboración de curva de distribución normal.....	83
Tabla 11 Porcentaje de vacíos del concreto con 0%, 0.5%, 1%, 1.5% y 2% de adición de polvo de algas marinas.....	85
Tabla 12 Profundidad media de penetración del concreto con 0%, 0.5%, 1%, 1.5% y 2% de adición de polvo de algas marinas	86
Tabla 13 Tipo de permeabilidad según el valor del coeficiente de permeabilidad	88
Tabla 14 Tipo de permeabilidad para cada concreto con porcentajes de 0%, 0.5%, 1%, 1.5% y 2% de polvo de algas marinas.....	89
Tabla 15 Resultados de resistencia a la compresión para análisis de varianza (ANOVA).....	91
Tabla 16 Resumen de análisis de datos de resistencia a la compresión	91
Tabla 17 Análisis de varianza (ANOVA) para la resistencia a la compresión	92

Tabla 18 Resultados de permeabilidad para análisis de varianza (ANOVA)	93
Tabla 19 Resumen de análisis de datos de permeabilidad	93
Tabla 20 Análisis de varianza (ANOVA) para la permeabilidad	94
Tabla 21 Resultados de resistencia a la compresión y permeabilidad por cada porcentaje de polvo de algas marinas para análisis correlacional	95
Tabla 22 Matriz de correlaciones	96
Tabla 23 Pesos mínimos requeridos para muestra de campo	118
Tabla 24 Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso	120
Tabla 25 Límites de gradación del agregado fino	121
Tabla 26 Análisis granulométrico del agregado fino	121
Tabla 27 Límites de gradación (Huso 7)	122
Tabla 28 Análisis granulométrico del agregado grueso	123
Tabla 29 Tamaño de muestra del agregado para contenido de humedad	125
Tabla 30 Resultado de ensayo de contenido de humedad del agregado fino	126
Tabla 31 Resultado de ensayo de contenido de humedad del agregado grueso	127
Tabla 32 Resultados de ensayo de PUS del agregado fino	129
Tabla 33 Resultado de ensayo de PUS del agregado grueso	129
Tabla 34 Resultado de ensayo de PUC del agregado fino	131
Tabla 35 Resultado de ensayo de PUC del agregado grueso	131
Tabla 36 Resultado de ensayo de peso específico y absorción del agregado fino	134
Tabla 37 Peso mínimo de la muestra para ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso	135
Tabla 38 Resultado de ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso	137

Tabla 39 Asentamiento recomendado para diversos tipos de estructuras	138
Tabla 40 Características de los agregados provenientes de la cantera "Chero" para el diseño de mezcla	139
Tabla 41 Cantidades de agua de amasado para diferentes slump y TMN	140
Tabla 42 Relación agua/cemento vs f_{cr}	141
Tabla 43 Volumen de agregado grueso compactado en seco por metro cúbico de concreto	142
Tabla 44 Pesos en estado seco por m^3 de concreto	143
Tabla 45 Pesos corregidos por m^3 de concreto.....	145
Tabla 46 Proporción en volumen de mezcla de concreto.....	146
Tabla 47 Número de capas requeridas para preparación de especímenes de concreto	149
Tabla 48 Diámetro de varilla y número de golpes por capa para moldeo de especímenes de concreto.....	150
Tabla 49 Resultado de ensayo de asentamiento del concreto (Slump)	153
Tabla 50 Resultado de ensayo de temperatura en el concreto fresco	154
Tabla 51 Resistencia a la compresión del concreto con 0% de polvo de algas marinas a los 7 días de curado.....	156
Tabla 52 Resistencia a la compresión del concreto con 0% de polvo de algas marinas a los 14 días de curado	157
Tabla 53 Resistencia a la compresión del concreto con 0% de polvo de algas marinas a los 28 días de curado	157
Tabla 54 Resistencia a la compresión del concreto con 0.5% de polvo de algas marinas a los 7 días de curado	158

Tabla 55 Resistencia a la compresión del concreto con 0.5% de polvo de algas marinas a los 14 días de curado	158
Tabla 56 Resistencia a la compresión del concreto con 0.5% de polvo de algas marinas a los 28 días de curado	159
Tabla 57 Resistencia a la compresión del concreto con 1% de polvo de algas marinas a los 7 días de curado.....	159
Tabla 58 Resistencia a la compresión del concreto con 1% de polvo de algas marinas a los 14 días de curado	160
Tabla 59 Resistencia a la compresión del concreto con 1% de polvo de algas marinas a los 28 días de curado	160
Tabla 60 Resistencia a la compresión del concreto con 1.5% de polvo de algas marinas a los 7 días de curado	161
Tabla 61 Resistencia a la compresión del concreto con 1.5% de polvo de algas marinas a los 14 días de curado	161
Tabla 62 Resistencia a la compresión del concreto con 1.5% de polvo de algas marinas a los 28 días de curado	162
Tabla 63 Resistencia a la compresión del concreto con 2% de polvo de algas marinas a los 7 días de curado.....	162
Tabla 64 Resistencia a la compresión del concreto con 2% de polvo de algas marinas a los 14 días de curado	163
Tabla 65 Resistencia a la compresión del concreto con 2% de polvo de algas marinas a los 28 días de curado	163
Tabla 66 Porcentaje de vacíos del concreto con 0% de polvo de algas marinas.....	166

Tabla 67	Porcentaje de vacíos del concreto con 0.5% de polvo de algas marinas.....	167
Tabla 68	Porcentaje de vacíos del concreto con 1% de polvo de algas marinas.....	168
Tabla 69	Porcentaje de vacíos del concreto con 1.5% de polvo de algas marinas.....	169
Tabla 70	Porcentaje de vacíos del concreto con 2% de polvo de algas marinas.....	170
Tabla 71	Profundidad de penetración del concreto con 0% de polvo de algas marinas	173
Tabla 72	Profundidad de penetración del concreto con 0.5% de polvo de algas marinas	173
Tabla 73	Profundidad de penetración del concreto con 1% de polvo de algas marinas	174
Tabla 74	Profundidad de penetración del concreto con 1.5% de polvo de algas marinas	174
Tabla 75	Profundidad de penetración del concreto con 2% de polvo de algas marinas	175
Tabla 76	Coefficiente de permeabilidad del concreto con 0% de polvo de algas marinas	177
Tabla 77	Coefficiente de permeabilidad del concreto con 0.5% de polvo de algas marinas	177
Tabla 78	Coefficiente de permeabilidad del concreto con 1% de polvo de algas marinas	178
Tabla 79	Coefficiente de permeabilidad del concreto con 1.5% de polvo de algas marinas	178
Tabla 80	Coefficiente de permeabilidad del concreto con 2% de polvo de algas marinas	179

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Proporciones usuales de volumen absoluto de los componentes del concreto.....	31
Figura 2 Curvas envolventes del agregado fino.....	36
Figura 3 Dispositivo para ensayo de profundidad de penetración.....	42
Figura 4 Chondracanthus chamissoi.....	50
Figura 5 Pyropia sp.....	50
Figura 6 Ectocarpus sp.....	51
Figura 7 Petalonia fascia.....	51
Figura 8 Ulva lactuca.....	52
Figura 9 Ulva nemotoidea.....	52
Figura 10 Esquema de diseño de investigación.....	57
Figura 11 Resultados Ensayo de Difracción de Rayos X (DRX)	69
Figura 12 Resultados Ensayo de Fluorescencia de Rayos X (FRX).....	70
Figura 13 Resistencia a la compresión vs días de curado del concreto con 0% de polvo de algas marinas.....	71
Figura 14 Resistencia a la compresión vs días de curado del concreto con 0.5% de polvo de algas marinas.....	72
Figura 15 Resistencia a la compresión vs días de curado del concreto con 1% de polvo de algas marinas.....	73
Figura 16 Resistencia a la compresión vs días de curado del concreto con 1.5% de polvo de algas marinas.....	74
Figura 17 Resistencia a la compresión vs días de curado del concreto con 2% de polvo de algas marinas.....	75

Figura 18 Resistencia a la compresión del concreto con 0% ,0.5%, 1%, 1.5% y 2% de algas marinas por días de curado	77
Figura 19 Resistencia promedio del concreto a los 28 días de curado para cada porcentaje de adición de polvo de algas marinas (0%, 0.5%, 1%, 1.5% y 2%).....	78
Figura 20 Histograma y polígono de frecuencias para intervalos igual a la desviación estándar	82
Figura 21 Curva de distribución normal o campana de Gauss	84
Figura 22 Coeficiente de Permeabilidad para cada porcentaje de adición de polvo de algas marinas (0%, 0.5%, 1%, 1.5% y 2%).....	87
Figura 23 Curva granulométrica del agregado fino.....	122
Figura 24 Curva granulométrica del agregado grueso.....	123
Figura 25 Dimensiones del molde para el ensayo de asentamiento	152

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA	110
ANEXO 2: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	112
ANEXO 3: PROCEDIMIENTOS DE ENSAYOS REALIZADOS	114
ANEXO 4: FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO.....	180
ANEXO 5: ENSAYOS DE AGREGADOS.....	182
ANEXO 6: DISEÑO DE MEZCLA.....	191
ANEXO 7: ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO	195
ANEXO 8: ENSAYO PARA DETERMINAR PORCENTAJE DE VACÍOS O POROSIDAD EN EL CONCRETO	197
ANEXO 9: ENSAYO DE PROFUNDIDAD DE PENETRACIÓN DE AGUA BAJO PRESIÓN EN EL CONCRETO ENDURECIDO (UNE-EN 12390-8).....	203
ANEXO 10: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....	209
ANEXO 11: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO CON % CON MEJOR COMPORTAMIENTO (1%)	225
ANEXO 12: ENSAYO DE DIFRACCIÓN DE RAYOS X (DRX)	232
ANEXO 13: ENSAYO DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X (FRX)	235
ANEXO 14: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN.....	238
ANEXO 15: PANEL FOTOGRÁFICO	242

RESUMEN

La presente investigación evaluó la influencia del polvo de algas marinas en la resistencia a la compresión y la permeabilidad del concreto elaborado con agregados de la cantera “Chero” en Nuevo Chimbote, mediante un diseño cuasiexperimental. Se fabricaron 135 muestras de concreto con $f'c=210$ kg/cm² según el método ACI 211.1, incorporando polvo de algas marinas en proporciones de 0%, 0.5%, 1%, 1.5% y 2%. De estas, 105 muestras se destinaron a ensayos de resistencia a la compresión a 7, 14 y 28 días de curado, mientras que 30 muestras se emplearon para evaluar la permeabilidad a los 28 días.

Para evaluar la resistencia a la compresión se realizó los ensayos según lo establecido en la norma ASTM C39 – NTP 339.034 “Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto muestras cilíndricas”, mientras que para evaluar la permeabilidad del concreto al agua se realizó según lo establecido en la norma ASTM C642-NTP 339.187 “Densidad absorción y vacíos del concreto endurecido” y UNE-EN 12390-8 “Profundidad de penetración de agua bajo presión”.

Los resultados obtenidos evidenciaron que el polvo de algas marinas tuvo una influencia significativa tanto en la resistencia a la compresión obteniendo una mejora del 9.83% con una resistencia de 324 kg/cm² con el porcentaje de adición de 1%, como en la permeabilidad del concreto al agua reduciendo un 77.16% el coeficiente de permeabilidad a un valor de 7.19×10^{-13} m/s con un porcentaje de adición de 2% de polvo de algas marinas.

Palabras clave

Concreto, algas, permeabilidad, resistencia, compresión.

ABSTRACT

The present investigation evaluated the influence of seaweed dust on the compressive strength and permeability of concrete made with aggregates from the “Chero” quarry in Nuevo Chimbote, by means of a quasi-experimental design. A total of 135 concrete samples with $f'_c=210$ kg/cm² were manufactured according to the ACI 211.1 method, incorporating seaweed powder in proportions of 0%, 0.5%, 1%, 1.5% and 2%. Of these, 105 samples were used for compressive strength tests at 7, 14 and 28 days of curing, while 30 samples were used to evaluate permeability at 28 days.

To evaluate compressive strength, tests were conducted according to ASTM C39 – NTP 339.034 “Standard Test Method for Compressive Strength of Concrete Cylindrical Samples,” while for evaluating water permeability, tests were performed according to ASTM C642-NTP 339.187 “Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete” and UNE-EN 12390-8 “Depth of Water Penetration under Pressure.”

The results showed that seaweed powder had a significant influence on both the compressive strength, with an improvement of 9.83%, reaching a strength of 324 kg/cm² at a 1% addition, and on the water permeability of the concrete, reducing the permeability coefficient by 77.16% to a value of 7.19×10^{-13} m/s with a 2% addition of seaweed powder.

Key words

Concrete, algae, permeability, strength, compressive strength.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente, el concreto es considerado en el sector de la construcción como el recurso más empleado en todo el mundo. Según investigaciones realizadas por Mobasher (2008), su producción ha experimentado un notable incremento desde los años 90, creciendo de 170 millones de m³ anuales a superar los 330 millones de m³ para el año 2004.

Gutiérrez de López (2003) refiere que la razón por la cual el concreto sea tan empleado es debido a las siguientes características: durabilidad, resistencia, impermeabilidad, fácil producción y bajo costo. Sin embargo, a lo largo del tiempo, a pesar de ser el concreto un material resistente e impermeable, se han identificado algunas deficiencias en estos aspectos, como por ejemplo que el concreto no alcance su resistencia deseada o que llegue a presentar una permeabilidad más alta de lo normal.

Orozco, Avila, Restrepo, & Parody (2018) realizaron en Barranquilla un sondeo dirigido a expertos académicos y profesionales con diversa experiencia en el área y se realizó un proceso de jerarquía analítica (AHP) para evaluar la importancia de los diferentes factores en la calidad del concreto. Los hallazgos mostraron que, según las respuestas de los encuestados, el factor ambiental es considerado uno de los más significativos, representando un 22% de relevancia. Esto podría estar relacionado con la ubicación geográfica de la ciudad, situada en una zona costera donde las condiciones climáticas incluyen una temperatura media de 28.5°C, un nivel de humedad relativa que oscila entre el 79% y el 81%, y una velocidad del viento de aproximadamente 3.9 m/s. Estas características ambientales no favorecen a las estructuras en cuanto a su durabilidad y tampoco en la integridad del concreto, ya que en tales circunstancias la necesidad de agua para el curado es más alta en comparación con climas fríos, lo que influye en su rendimiento, tanto durante el estado

fresco como una vez que ha endurecido. En consecuencia, puede provocar un aumento en la contracción plástica mientras se realiza el proceso de fragua, esto a raíz de una veloz pérdida de agua, lo que genera fisuras que permiten la entrada de sustancias como sales y sulfatos provenientes de la humedad en el ambiente. Esto provoca que, incluso sin contacto directo con el mar, las estructuras se vean expuestas a procesos de descomposición química del concreto y a la corrosión de las barras de acero de refuerzo.

En su estudio para obtener el título de Ingeniero Civil, Saldaña Cortez (2016) analizó y evaluó las patologías presentes en el concreto armado de vigas, columnas y muros de albañilería en el Mercado Buenos Aires de Nuevo Chimbote. Su investigación determinó que el 27.28% del área total de la edificación presentaba algún tipo de daño, identificándose seis patologías principales: erosión (0.77%), grietas (2.12%), fisuras (1.66%), desprendimiento (1.29%), eflorescencia (20.47%) y corrosión (0.98%). Entre ellas, la eflorescencia fue la más recurrente, afectando el 20.47% del área evaluada, con un nivel de severidad clasificado como medio. Muchas de estas patologías identificadas en este estudio se deben principalmente a la humedad y a la exposición de los elementos de concreto armado a esta misma, como por ejemplo en la eflorescencia que como se menciona es la patología predominante en este estudio tiene como posible causa el estancamiento del agua de las lluvias debido a la obstrucción que presenta el sistema de drenaje obstruido.

Como se puede apreciar en ambos estudios, la causa más común de problemas patológicos está relacionados en su mayor medida con factores ambientales y siendo más específicos a la exposición del concreto al agua, humedad u otros agentes externos y ya que al ser el concreto un material poroso puede permitir el paso de estas sustancias en su interior, las cuales pueden resultar peligrosas a largo plazo afectando la durabilidad del concreto. Debido a ello es que entra a tomar

mucha importancia una propiedad del concreto conocida como “permeabilidad”. La permeabilidad de un concreto es una propiedad muy relacionada con su durabilidad, ya que mientras un concreto sea menos permeable, este no permitirá que el agua, la humedad y otros agentes externos pueden penetrar fácilmente en su interior; lo que conlleva en una mayor vida útil y una menor necesidad de reparaciones y mantenimiento a lo largo del tiempo. A su vez la permeabilidad es una propiedad muy vinculada a la resistencia a la compresión de un concreto puesto que un concreto con alta resistencia a la compresión tiende a tener una estructura más densa y una menor porosidad, lo que se traduce en una menor permeabilidad. Por lo tanto, mejorar la resistencia a la compresión del concreto a menudo conlleva también una reducción en su permeabilidad.

Este enfoque ha puesto en manifiesto el potencial de los aditivos naturales para mejorar las propiedades del concreto. El polvo de algas marinas es una alternativa prometedora, ya que es un subproducto comúnmente disponible de la industria de algas y posee características que podrían contribuir a mejorar la calidad del concreto, más específicamente en términos de permeabilidad y resistencia a la compresión.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

- ¿Cuál es la influencia del polvo de algas marinas en la permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto en Nuevo Chimbote, Áncash?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECIFICOS

- ¿Cuáles son las características físicas y composición mineralógica del polvo de algas marinas empleados en la investigación?

- ¿Cuál es el porcentaje de adición de polvo de algas marinas que permita mejorar la resistencia a la compresión del concreto $f_c=210\text{kg/cm}^2$ para elementos estructurales de cimentación, elaborado según la metodología del comité ACI 211.1?
- ¿Cuál es el porcentaje de adición de polvo de algas marinas que permita reducir la permeabilidad del concreto $f_c=210\text{kg/cm}^2$ para elementos estructurales de cimentación, evaluado según la metodología indicada en la UNE-EN 12390-8?
- ¿Cuál es el nivel de correlación de los diferentes porcentajes de polvo de algas marinas (0%, 0.5%, 1%, 1.5%, y 2%) y sus efectos en las propiedades de permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto $f_c=210\text{kg/cm}^2$ para elementos de cimentación?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la influencia de polvo de algas marinas en la permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las características físicas y composición mineralógica del polvo de algas marinas a través del ensayo de Difracción de Rayos X (XRD)
- Determinar el porcentaje de adición de polvo de algas marinas que permita mejorar la resistencia a la compresión del concreto $f_c=210\text{kg/cm}^2$ para elementos estructurales de cimentación, elaborado según la metodología del comité ACI 211.1, con diferentes porcentajes de adición (0%, 0.5%, 1%, 1.5%, y 2%).
- Determinar el porcentaje de adición de polvo de algas marinas que permita reducir la permeabilidad del concreto $f_c=210\text{kg/cm}^2$ para elementos estructurales de cimentación,

evaluado según la metodología indicada en la UNE-EN 12390-8, con diferentes porcentajes de adición (0%, 0.5%, 1%, 1.5%, y 2%).

- Determinar el nivel de correlación entre los diversos porcentajes de adición de polvo de algas marinas (0%, 0.5%, 1%, 1.5%, y 2%) y sus efectos en las propiedades de permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto $f_c=210\text{kg/cm}^2$, utilizado en elementos estructurales de cimentación.

1.4. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

La adición de polvo de algas marinas tendrá una influencia significativa en la permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto.

1.5. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

El trabajo de investigación tuvo como propósito principal evaluar la influencia del polvo de algas marinas en la permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto. Esta investigación se justifica en varios ámbitos: social, económico, ambiental y técnico. Socialmente, apunta a identificar propiedades beneficiosas de este aditivo natural para diseñar estructuras más resistentes y duraderas. Económicamente, busca reducir los costos a largo plazo de mantenimiento y reparaciones, beneficiando tanto al sector público como privado. Desde la perspectiva ambiental, promueve prácticas sostenibles en la construcción al utilizar recursos locales y eco-amigables, disminuyendo la dependencia de aditivos convencionales. Técnicamente, enriquece el conocimiento científico en ingeniería civil y podría ser base para futuras investigaciones. En cuanto a su importancia, esta tesis se dirige a contribuir con soluciones concretas para construcciones más duraderas, sostenibles y económicas, beneficiando a la industria de la construcción y al medio ambiente. Además, busca impulsar nuevas líneas de investigación y el

desarrollo de tecnologías constructivas avanzadas para el beneficio general de la sociedad y la industria.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

En su estudio titulado “Investigating the Sway of Marine Brown Seaweed Gel as Natural Polymer in Properties of Concrete” realizado por Murugappan & Muthadhi (2024) se propusieron analizar el efecto del gel de alga marina parda (*Sargassum wightii*) sobre las propiedades frescas y endurecidas del concreto. Para ello, se incorporaron diferentes proporciones de gel de alga (1%, 2%, 3%, 4% y 5%) en masa del cemento, evaluando propiedades como la resistencia a la compresión, tracción dividida, flexión, conductividad térmica, absorción de agua y permeabilidad al cloruro. Los ensayos mostraron que la adición de gel de alga marina actuó como un aditivo retardante sin afectar negativamente las propiedades mecánicas del concreto. En particular, con una adición del 3%, se alcanzó una resistencia a la compresión de 43.86 MPa a los 28 días, lo que representó incrementos de 12%, 12.2% y 10.6% a los 7, 14 y 28 días respectivamente en comparación con el concreto convencional. Además, la incorporación del 5% de gel de alga redujo la conductividad térmica del concreto en aproximadamente un 50%, demostrando que el uso de aditivos naturales puede mejorar tanto el comportamiento térmico como la sostenibilidad del material.

Murugappan, V. y Muthadhi, A. (2022), en su investigación “*Studies on the influence of alginate as a natural polymer in mechanical and long-lasting properties of concrete – A review*”, recopilan diversos estudios sobre el uso del alginato, un biopolímero extraído de algas pardas, como aditivo en el concreto. Según los autores, se identificó que la adición de alginato al 8% mejora la resistencia a la compresión del concreto en un 20%, siendo este el porcentaje óptimo. No obstante, al incrementar la proporción a 10%, dicha resistencia comienza a disminuir. También se citan

estudios complementarios, como el de Chandra et al., quienes reemplazaron el agua de mezclado con mucílago de cactus al 50% y 100%, obteniendo incrementos del 6% y 12% en la resistencia a compresión a 90 días. Asimismo, Hernández et al. observaron un aumento del 20% en la resistencia a compresión en edades tardías utilizando una mezcla de mucílago de cactus y alginato con una relación a/c de 0.60. Por otro lado, Heidari reportó que el uso de alginato al 0.5% y 1% reduce la resistencia a compresión, aunque este efecto puede compensarse con la incorporación de nano y micro sílice. Finalmente, Galán Martín encontró que la combinación de lana y alginato duplicó la resistencia a compresión respecto a la mezcla de control, mientras que el uso de lana por sí sola no generó mejoras significativas. En conjunto, los hallazgos revisados evidencian que el alginato, en proporciones adecuadas, puede mejorar significativamente la resistencia mecánica del concreto, especialmente en combinación con otros materiales.

En su investigación titulada “Workability, Strength, Modulus of Elasticity, and Permeability Feature of Wheat Straw Ash-Incorporated Hydraulic Cement Concrete”, Katman, Wong, Bheel, Kirgiz, Kumar, Khatib y Benjeddou (2022) investigaron el uso de ceniza de paja de trigo (WSA) como material cementicio suplementario en mezclas convencionales dosificadas 1 : 1,5 : 3 con relación agua/cemento de 0,50. A los 28 días, evaluaron la trabajabilidad (asentamiento), las resistencias mecánicas a la compresión, tracción dividida y flexión, el módulo de elasticidad y la permeabilidad medida como profundidad de penetración de agua bajo presión. Los resultados mostraron que la sustitución del 10 % de cemento por WSA optimiza la resistencia a la compresión y mantiene un buen desempeño en las demás propiedades, mientras que niveles mayores (20 %) reducen la resistencia y aumentan la permeabilidad. De manera destacada, la profundidad de penetración de agua disminuyó de 23 mm en el concreto de referencia a 14,86 mm con 20 % de WSA, evidenciando cómo la ceniza amorfa y pozoalánica refina la microestructura y taponando los

poros capilares. Además, se estableció una correlación inversa muy significativa entre permeabilidad y resistencia, lo que respalda la viabilidad de la dosificación al 10 % como alternativa sostenible al cemento Portland.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

En la tesis titulada “Influencia del polvo de alga marina *Chondracanthus Chamissoi* usado como polímero natural en las propiedades mecánicas del concreto $f'c=280\text{kg/cm}^2$ ”, (2023) realizada en Lambayeque, se evaluó el efecto del uso de un recurso natural alternativo en la mejora del concreto. El estudio tuvo un enfoque cuantitativo y fue de tipo aplicado. Se concluyó que la incorporación del polvo de alga marina generó mejoras significativas en las propiedades mecánicas del concreto: un incremento del 13.54% en la resistencia a la compresión, 15.49% en la tracción directa, 16.34% en la resistencia a la flexión y 12.7% en el módulo de elasticidad. El porcentaje óptimo identificado fue del 2.5% para las propiedades $F'c$, F_t y E , y del 5% para M_r . Este estudio demuestra que el uso de polímeros naturales derivados de algas puede tener una influencia positiva en el comportamiento estructural del concreto, principalmente en su resistencia a la flexión.

Linares Herrera, Miguel Ángel Jesús (2023), en su tesis titulada “*Incorporación de cenizas de algas marinas para mejorar las propiedades del concreto $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ para pavimentos rígidos*”, desarrollada en la ciudad de Ilo, tuvo como objetivo evaluar la influencia de la adición de cenizas de algas marinas en las propiedades mecánicas del concreto. La investigación fue de tipo aplicada, con enfoque cuantitativo, diseño no experimental y nivel explicativo. Se trabajó con 108 probetas de concreto, a las cuales se les añadió ceniza de algas marinas en proporciones del 2%, 4% y 6% respecto al peso del cemento, realizándose ensayos a los 7, 14, 21 y 28 días. Los resultados mostraron que el 4% fue el porcentaje óptimo en los ensayos de compresión y flexión, mientras que en el ensayo de tracción el mejor desempeño se logró con el 6%. El autor concluyó

que la adición de cenizas de algas marinas influye de manera positiva en las propiedades mecánicas del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, siendo el 4% el porcentaje idóneo para pavimentos rígidos.

En su tesis titulada “Influencia de las cenizas de algas marinas en las propiedades mecánicas de un concreto 210 kg/cm^2 en la ciudad de Ilo – 2021” realizada en Lima, Perú, Flores (2021) tuvo como objetivo principal investigar el impacto de los residuos de cenizas de algas marinas en las propiedades mecánicas de un concreto con resistencia característica de 210 kg/cm^2 . El proceso implicó la creación de especímenes de concreto, tanto estándar como experimentales, con diferentes proporciones (0.5%, 5% y 10%) de restos de cenizas de algas marinas, sustituyendo parcialmente al cemento. Se realizaron ensayos en estos especímenes a intervalos de 7, 14 y 28 días, conforme a las normativas NTP 339.034 (Resistencia a la compresión), NTP 339.078 (Resistencia a la tracción indirecta) y NTP 339.084 (Resistencia a la flexión). Al comparar los resultados con el espécimen estándar, se llegó a observar que la resistencia a la compresión aumentó aproximadamente un 5.34% al incorporar un 5% de residuos de cenizas de algas marinas. En cuanto a la resistencia a la tracción indirecta, el mismo porcentaje de adición mostró un incremento del 21.43% en comparación con el espécimen estándar. Para la resistencia a la flexión, la adición del 5% de cenizas de algas marinas resultó en un aumento del 18.85%. En resumen, se concluyó que los residuos de cenizas de algas marinas tienen un efecto positivo sobre las propiedades mecánicas del concreto con resistencia característica de 210 kg/cm^2 , siendo el porcentaje óptimo de adición el 5%.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

En su investigación titulada “Adición del mucilago de nopal para mejora de las propiedades físicas del concreto estructural en Nuevo Chimbote”, llevado a cabo en Nuevo Chimbote, Perú; Ortiz Tinta & Pumayalla Briceño (2022) tuvieron como objetivo principal identificar el porcentaje

óptimo de mucílago de nopal que podría mejorar las propiedades físicas del concreto estructural. Para ello, se prepararon muestras de concreto de referencia ($f'c=210 \text{ kg/cm}^2$) junto con muestras adicionales que contenían diferentes proporciones de mucílago de nopal (1%, 3%, 5% y 7%) en relación con el volumen total de concreto. Estas muestras se sometieron a ensayos de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días, siguiendo las normativas ASTM, MTC y NTP. Los resultados evidenciaron que la inclusión de mucílago de nopal no tiene un efecto considerable sobre el asentamiento del concreto, y que una adición del 3% de este material favorece un aumento en la resistencia a la compresión del concreto estructural de 210 kg/cm^2 .

2.2. MARCO CONCEPTUAL

2.2.1. CONCRETO

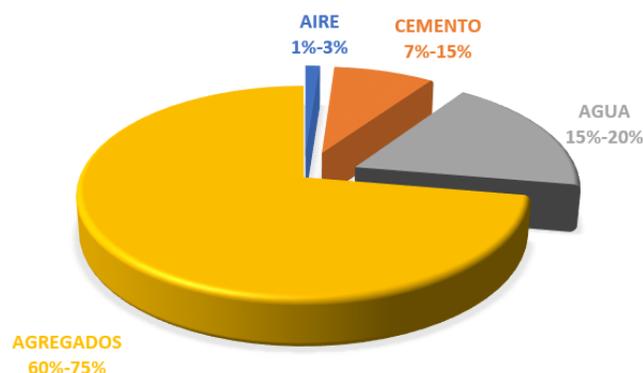
Sánchez de Guzmán (2001) menciona que por concreto se entiende generalmente una mezcla de cemento hidráulico Portland (material aglutinante), áridos (material de relleno), agua y dependiendo ciertos requerimientos, aditivos. Cuando se endurece después de cierto tiempo, la mezcla forma una piedra artificial que puede soportar altos esfuerzos de compresión.

Hoy en día el hormigón es el material más usado en el Perú en el mundo de la construcción. Obtener resultados de calidad está estrechamente relacionada con la experiencia del ingeniero y su comprensión del material. Sin embargo, existen siete aspectos clave del hormigón que, en general, son poco conocidos: su composición, propiedades, naturaleza, la elección de las proporciones, el proceso de colocación, el control de calidad e inspección, y el mantenimiento de los elementos estructurales. (Rivva, 2000).

Pasquel (1998) sostiene que la tecnología moderna del concreto establece cuatro componentes fundamentales: cemento, agua, agregados y aditivos, los cuales actúan como elementos activos, mientras que el aire es considerado un elemento pasivo. En la Figura 1 se presenta un esquema que representa lo mencionado.

Figura 1

Proporciones usuales de volumen absoluto de los componentes del concreto



Nota. Elaborado en base a Tópicos de tecnología del concreto en el Perú (Pasquel)

2.2.2. COMPONENTES DEL CONCRETO

2.2.2.1. CEMENTO

El cemento se produce mediante la molienda del Clinker portland, y, en caso necesario, se le agrega sulfato de calcio. También se puede incluir otros tipos de productos, solo en casos no se supere la cantidad del 1% del peso total, y a su vez la normativa vigente asegure que su incorporación no afecte las propiedades del cemento final. Todos los productos adicionales deben ser molidos junto con el Clinker.

Abanto (2009) define el cemento Portland como un material de consumo común y ampliamente accesible que, al mezclarse con agua, ya sea solo o en combinación con arena, piedra u otros componentes similares, puede reaccionar gradualmente con el agua y formar una sustancia sólida. Su composición consta de un clinker finamente molido, el cual es sometido a temperaturas muy elevadas de mezclas que contienen cantidades precisas de cal, alúmina, hierro y sílice.

a. Tipos de Cemento Portland

La norma NTP 334.009, basándose en la norma ASTM C150, establece la clasificación de los cementos Portland en cinco tipos según sus características particulares.

- **TIPO I:** Se utiliza de manera general en situaciones en las que no se requieren propiedades específicas de otros tipos de cemento.
- **TIPO II:** Es apropiado para aplicaciones generales, sobre todo cuando se necesita una resistencia media a los sulfatos o una moderada liberación de calor durante el proceso de hidratación.
- **TIPO III:** Es empleado cuando se requieran altas resistencias iniciales.
- **TIPO IV:** Es usado en caso se requiera una mínima liberación de calor durante el proceso de hidratación.

- **TIPO V:** Empleado cuando se requiere una alta resistencia a los sulfatos.

b. Composición del Cemento Portland

Abanto (2009) afirma que la representación del cemento Portland mediante una fórmula química resulta poco práctico debido a la diversidad de sus compuestos. Sin embargo, destaca la presencia de cuatro compuestos que representan más del 90% del peso del cemento, a saber:

- **Silicato Tricálcico (C3S):** Contribuye a la elevada resistencia inicial del cemento Portland, especialmente en la semana inicial, y desempeña un rol significativo en la generación de calor durante la hidratación.
- **Silicato Dicálcico (C2S):** Determina la resistencia a largo plazo y tiene una influencia menos significativa en la generación de calor durante la hidratación.
- **Aluminato Tricálcico (C3A):** Aunque por sí solo no tiene un impacto considerable en la resistencia, cuando se combina con los silicatos, favorece un endurecimiento rápido, funcionando como un catalizador. Por ello, es esencial incorporar yeso (entre el 3% y el 6%) al proceso para regularlo. Este componente juega un papel clave en la resistencia del cemento a los sulfatos, de manera que reacciona con ellos para formar Sulfoaluminatos, los cuales poseen propiedades expansivas, lo cual requiere controlar su concentración.
- **Aluminoferrita tetracálcica (C4AF):** Su importancia radica principalmente en la velocidad de hidratación y de manera secundaria en el calor de hidratación.

2.2.2.2. AGUA

El agua puede entenderse como el elemento en el concreto que permite que el cemento realice reacciones químicas, las cuales le otorgan la capacidad de fraguar y endurecer, formando una masa sólida junto con los agregados. En este sentido, se distingue entre el agua de mezclado y el agua de curado (Sánchez de Guzmán, 2001).

El agua cumple un rol crucial en la preparación del concreto, debido a su vinculación con su resistencia, trabajabilidad y las propiedades del concreto una vez endurecido (Abanto, 2009).

Según Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi (2004), toda agua natural que sea potable y que no tenga un sabor u olor fuerte es posible su empleo como agua de mezcla para poder preparar concreto.

2.2.2.3. AGREGADOS

Los agregados son los materiales inertes en el concreto, los cuales se unen mediante la pasta de cemento para crear la estructura resistente. Constituyen un aproximado de tres cuartas partes del volumen total, lo que hace que su calidad sea esencial para determinar la calidad del producto final (Pasquel, 1998).

a. Agregado Fino

Se conoce como agregado fino al material resultante de la descomposición artificial o natural de las rocas, el cual pasa el tamiz 3/8" (9.5mm) y se adecúa a los parámetros definidos en la norma NTP 400.037.

El agregado fino puede consistir por arena natural o manufacturada, o una combinación de ambas. Las partículas deben estar exentas de polvo, grumos, materia orgánica, sales y otros materiales nocivos para el hormigón. Además, las partículas también deben tener un perfil angular y ser duras, compactas y resistentes (Rivva, 2000).

El agregado estará graduado según los límites que establece la norma NTP 400.037 y alineados a su vez con las normas ASTM C 33. La norma también indica el uso de las siguientes mallas para el agregado fino como son la N.º 4, 8, 16, 30, 50 y 100, además entre dos mallas consecutivas no debe de superarse el 45% de material retenido.

Tabla 1

Requerimiento de granulometría para agregado fino

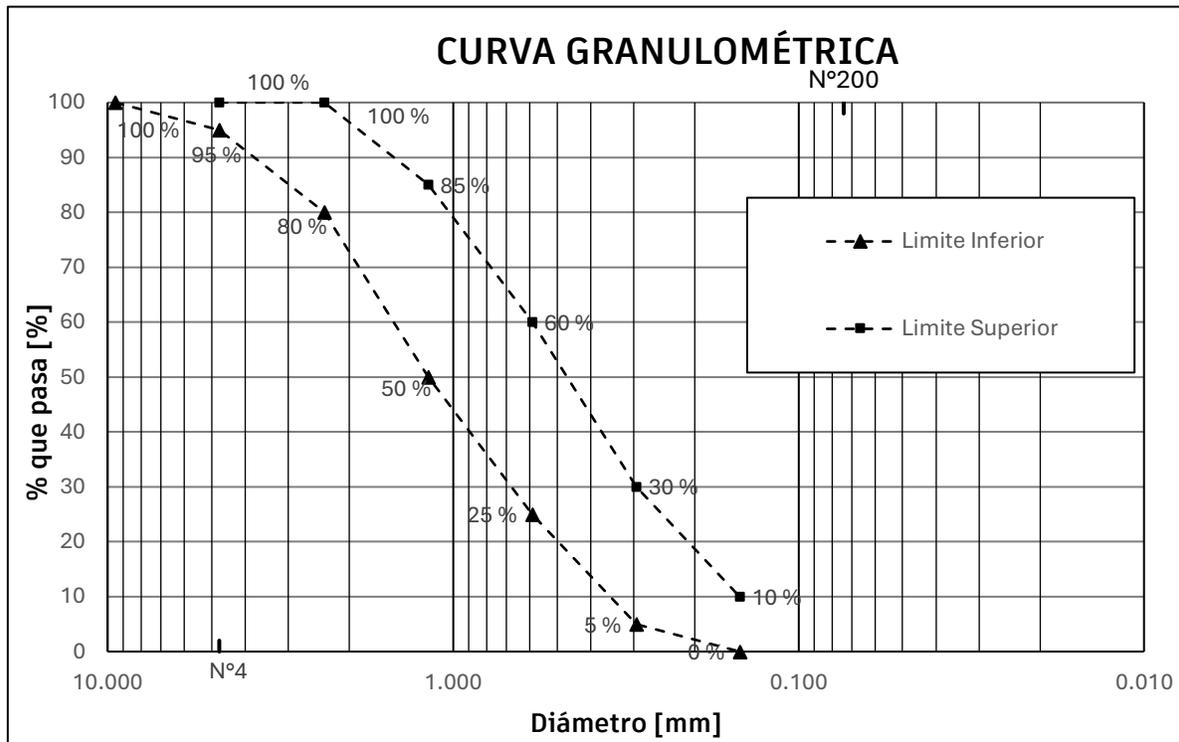
Tamiz	% que pasa
3/8" (9.5 mm)	100%
#4 (4.75 mm)	95% a 100%
#8 (2.36 mm)	80% a 100%
#16 (1.18 mm)	50% a 85%
#30 (600 μ m)	25% a 60%
#50 (300 μ m)	5% a 30%
#100 (150 μ m)	0% a 10%

Nota. Tomado de la norma NTP 400.037

La corrección de la granulometría se evalúa de manera más efectiva mediante un análisis gráfico, donde las coordenadas reflejan el porcentaje acumulado que atraviesa el tamiz y las líneas horizontales representan las aberturas. En la Figura 2, se ilustran las curvas envolventes de acuerdo con las especificaciones de la normativa

Figura 2

Curvas envolventes del agregado fino



Nota. Elaborado en base a la norma NTP 400.037

b. Agregado Grueso

Por agregado grueso se refiere al material que queda retenido en el tamiz N°4 (4.75 mm), originado por la desintegración ya sea natural o artificial de las rocas, y que cumple con las especificaciones definidas en la norma NTP 400.037.

El agregado grueso podría estar compuesto por piedra natural o triturada, así como por metales naturales o artificiales, o una combinación de estos elementos. Idealmente, este material está formado por partículas con una forma angular o semiangular, que son limpias, resistentes, densas, duraderas y de tamaño relativamente grueso, sin presencia de material escamoso o partículas blandas (Rivva, 2000).

El agregado debe adherirse a los criterios definidos por la norma NTP 400.037, en línea con las directrices establecidas por las normas ASTM C 33. La distribución granulométrica preferida debe ser constante y posibilitar la obtención de la máxima densidad del concreto, al mismo tiempo que garantiza una trabajabilidad adecuada según las especificaciones para la aplicación de la mezcla. Se debe garantizar que la cantidad de agregado retenido en la malla de 1 ½” no supere el 5%, y que el material que pasa a través de la malla de ¼” no sea mayor al 6%.

La Norma NTP 400.037 establece que el tamaño máximo del agregado grueso es el tamiz más pequeño de la serie por el cual pasa toda la muestra. Es importante tener en cuenta que granulometrías bastante diversas no imposibilita compartir igual valor de tamaño máximo del agregado grueso, aspecto a ser considerado al seleccionar el agregado, determinar su granulometría y definir las proporciones en la mezcla.

Según la Norma NTP 400.037, el tamaño máximo nominal se considera el tamiz de menor abertura en la serie utilizada, que produce el primer retenido entre un 5% y un 10% del material.

El tamaño máximo nominal del agregado no podrá exceder de:

- Una quinta parte de dimensión más pequeña entre las caras de los encofrados.
- La tercera parte de la altura de las losas.
- Tres cuartos de la distancia mínima libre entre las barras individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones o conductos de presfuerzo.

2.2.3. PROPIEDADES DEL CONCRETO

2.2.3.1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

La propiedad más significativa para evaluar la calidad de un concreto es su resistencia a la compresión, siendo una medida fundamental de su comportamiento mecánico (Gutiérrez de López, 2003).

Según Abanto (2009), la elección de la resistencia a la compresión se justifica a la sencillez de la realización de los ensayos y debido a que además muchas propiedades del concreto tienden a mejorar con un aumento en su resistencia. La resistencia a la compresión está establecida como la mayor carga que puede soportar una muestra por unidad de área previo a sufrir un fallo por compresión, que puede manifestarse mediante grietas o roturas.

Ottazzi Pasino (2011) identifica los factores primordiales que influyen en la resistencia a la compresión f_c como:

- La fortaleza del cemento hidratado (matriz) y la fortaleza de la interfaz matriz-agregado son elementos esenciales para la resistencia del hormigón, ya que, en todos los hormigones de alta calidad, la resistencia de las partículas de agregado supera a la de otros componentes.
- La relación agua/cemento. Posiblemente ésta sea la variable más significativa. Una relación agua/cemento baja refuerza la conexión entre los sólidos y disminuye la porosidad de la pasta o matriz de cemento. Por otro lado, una alta relación a/c disminuye la resistencia al aumentar la porosidad de la matriz y la zona de transición entre la matriz y los agregados.
- Cuando se introduce aire en la mezcla a través de un aditivo, la resistencia a la compresión tiende a disminuir. Asimismo, si el aire queda atrapado dentro del encofrado debido a un endurecimiento insuficiente del concreto, su resistencia tiende a disminuir.
- El tipo de cemento, que puede llegar a variar la velocidad con la cual se logra f_c .
- La distribución de tamaños, la textura y el origen de los agregados. La distribución de tamaños influye en la porosidad, mientras que la textura de la superficie afecta la adherencia entre el agregado y la matriz, así como el tamaño del área de unión. En el concreto de resistencia normal elaborado con agregados gruesos y duraderos, la

compactación se ve obstaculizada por fisuras en el mortero (matriz), y se observa una curva de tensión-deformación con ramas amplias e inclinadas. En cambio, si el agregado falla antes que el mortero, la falla suele ser abrupta, generando ramas cortas y con una inclinación pronunciada hacia abajo.

- Los factores críticos durante el proceso de curado son las condiciones de temperatura y humedad. Dado que la hidratación del cemento es un proceso continuo, la resistencia del concreto crece conforme pasa el tiempo, y las condiciones de humedad durante el curado influyen de manera significativa en este incremento de la resistencia.

2.2.3.2. PERMEABILIDAD

La permeabilidad de un material, como el concreto, se define como su capacidad para permitir el paso de un fluido (agua, aire, vapor de agua) a través de él, como resultado de una diferencia de presión entre sus superficies opuestas. La evaluación de la permeabilidad se basa en el caudal filtrado, y se rige por la ley de Darcy, que se aplica en situaciones donde el flujo es laminar y constante. (Sánchez de Guzmán, 2001)

a. Ley de Darcy

Las propiedades que describen el desplazamiento del agua a través de un material poroso se representan mediante la siguiente ecuación matemática denominada la ley de Darcy. (Vélez, 2010).

$$\frac{dq}{dt} \frac{1}{A} = \frac{K' \rho g \Delta h}{\eta L}$$

Donde:

- $\frac{dq}{dt}$: velocidad de flujo de agua, en m^3/s
- η : viscosidad dinámica del fluido, en $N s/m^2$
- Δh : caída en altura hidráulica a través de la muestra, en m
- A: área de sección transversal de la muestra, en m^2

- L: espesor de la muestra, en m
- ρ : densidad del fluido, en kg/m^3
- g: aceleración de la gravedad

b. Coeficiente de Permeabilidad

Conforme a la ecuación de Darcy, el término K se refiere a un área y se presenta en metros cuadrados. Este valor se conoce como permeabilidad intrínseca y debe distinguirse del coeficiente de permeabilidad. Esta medida es una propiedad inherente del material y no está sujeta a variación según el líquido empleado para su evaluación.

Considerando que el fluido implicado casi siempre se trata de agua, entonces:

$$K = \frac{K' \rho g}{\eta}$$

El coeficiente K se describe en términos de metros por segundo y se identifica como el coeficiente de permeabilidad del concreto, considerando que se refiere al agua a temperatura ambiente. La aclaración final se debe al reconocimiento de que la viscosidad del agua varía con la temperatura.

Por lo tanto, la ecuación de flujo puede expresarse de la siguiente manera:

$$\frac{dq}{dt} \frac{1}{A} = K \frac{\Delta h}{L}$$

Cuando se ha alcanzado un estado estacionario de flujo $\frac{dq}{dt}$, K se determina de manera directa.

c. Prueba de Penetración de Agua

Surge un desafío extra al evaluar la permeabilidad, ya que en el concreto de alta calidad no se evidencia un flujo a través de él. En cambio, el agua penetra en el concreto hasta cierta profundidad, y Valenta creó una fórmula con la razón de transformar esa profundidad de penetración en el coeficiente de permeabilidad, K (medido en m/s), que es equiparable al empleado en la ley de Darcy. (M. Neville, 1999).

$$K = \frac{e^2 v}{2ht}$$

Donde

- e : profundidad de penetración del concreto, en m
- h : carga hidráulica, en m
- t : tiempo sujeto a prueba, en s
- v : fracción del volumen de concreto ocupado por poros

d. Ensayo para determinar la profundidad de penetración de agua bajo presión (UNE-EN 12390-8)

Esta norma establece un procedimiento para conocer la profundidad de penetración de agua bajo presión en concretos endurecidos que han sido curados en agua. Conocida esta variable y aplicando la fórmula de Valenta se podrá calcular el coeficiente de permeabilidad (K) que permite evaluar la permeabilidad del concreto al agua.

El procedimiento de este ensayo implica la aplicación de agua a presión sobre la superficie del concreto endurecido. Posteriormente, la probeta se parte por rotura en dos mitades, y se determina la profundidad alcanzada por el agua. Las probetas deben tener forma cúbica, cilíndrica o prismática, con una dimensión mínima de 150 mm en la superficie a evaluar, y ninguna otra dimensión inferior a 100 mm.

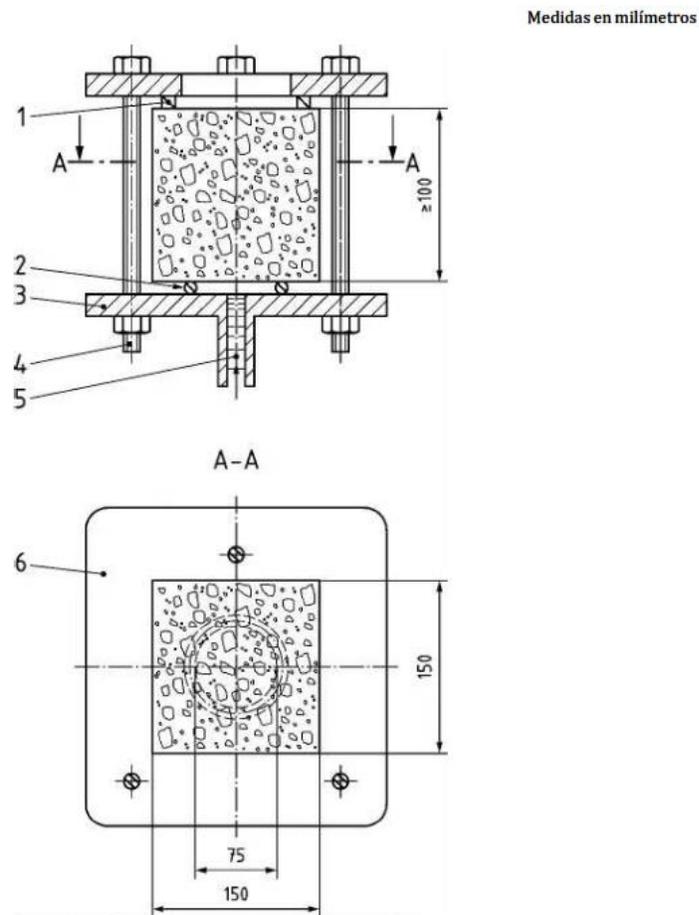
e. Dispositivo para Ensayo de profundidad de penetración

El dispositivo de ensayo debe ser un equipo capaz de aplicar presión sobre la zona sometida a prueba, permitiendo además la medición continua de la presión aplicada, con un valor de 500 ± 50 KPa. En la Figura 3 se aprecia un ejemplo del dispositivo de ensayo mencionado.

Es recomendable que se pueda observar las demás caras de la probeta desde el dispositivo. La aplicación de la presión de agua puede realizarse tanto desde la parte superior como desde la base de la probeta. Para evitar filtraciones, es necesario ejecutar un sellado impermeable usando caucho u otro material adecuado. Además, la zona sometida a ensayo debe tener dimensiones aproximadas a un medio de la longitud del lado o del diámetro de la superficie evaluada.

Figura 3

Dispositivo para ensayo de profundidad de penetración



- Leyenda**
- 1 Soporte
 - 2 Anillo de estanquidad
 - 3 Placa atornillada
 - 4 Soporte atornillado
 - 5 Agua a presión
 - 6 Placa atornillada

Nota. Tomado de la norma UNE-EN 12390-8

2.2.4. CAUSAS EN EL DETERIORO DEL CONCRETO

2.2.4.1. CAUSAS FÍSICAS DEL DETERIORO DEL CONCRETO

- **Desgaste de la superficie:** En diversas situaciones, las superficies de concreto están expuestas al desgaste, ya sea por fricción causada por deslizamiento, raspadura o impacto. En el contexto de estructuras hidráulicas, la presencia de materiales abrasivos transportados por el agua puede dar lugar a la erosión. Además, la cavitación representa otra causa potencial de deterioro del concreto en presencia de agua en movimiento. (M. Neville, 1999).
- **Agrietamiento:** La cuestión principal de las deformaciones causadas por esfuerzos aplicados y por efectos térmicos y efectos relacionados con la humedad en el concreto, es si su interacción conducirá o no al agrietamiento. Las grietas se generan como resultado de factores como las variaciones normales de temperatura y humedad, las presiones ejercidas por la cristalización de sales en los poros, las cargas estructurales y la exposición a condiciones extremas como el congelamiento o el fuego. (Mehta & Monteiro, 1985).

2.2.4.2. CAUSAS QUÍMICAS DEL DETERIORO DEL CONCRETO

Generalmente, el concreto puede desempeñar sus funciones sin problemas incluso cuando está expuesto a diversas condiciones atmosféricas o a la acción de agentes químicos presentes en el agua, el suelo u otras sustancias químicas. No obstante, en entornos específicos químico-agresivos, con el tiempo, puede experimentar deterioro. Para que el concreto se deteriore, debe estar sometido a la acción de sustancias químicas en solución, y estas sustancias a su vez deben estar ejerciendo presión en alguna de sus superficies, ya que esta presión fuerza la solución agresiva hacia el interior del concreto. (Sánchez de Guzmán, 2001).

- **Ataque por ácidos:** El concreto elaborado con cemento Portland es altamente alcalino por lo cual no es tan resistente al ataque de ácidos fuertes o de compuestos que puedan convertirse en ácidos. De tal manera si el concreto puede estar expuesto a esta forma de ataque es indispensable que el concreto se proteja para su uso (M. Neville, 1999).

Ciertos tipos de agua, como las provenientes de minas, industrias o aguas residuales, pueden contener o generar ácidos que causan daño al concreto. Además, los suelos que contienen turbas pueden contener sulfuro de hierro, que al oxidarse genera ácido sulfúrico. En situaciones más desfavorables, estas reacciones pueden dar lugar a la formación de sales sulfatadas, las cuales, a su vez, pueden causar daño por ataque de sulfatos. (Sánchez de Guzmán, 2001).

- **Ataque de sulfatos:** Los sulfatos que inciden con la resistencia del concreto suelen estar presentes en diversos ambientes, como el suelo que entra en contacto con el material, el agua de lluvia, las aguas contaminadas por residuos industriales o los suelos con condiciones agresivas. Estos sulfatos suelen estar compuestos mayormente por sodio, potasio, calcio y magnesio. (Pasquel, 1998).

Los procesos involucrados en el deterioro del concreto por la acción de sulfatos se dividen en dos tipos de reacciones químicas: (a) La combinación de sulfatos con hidróxidos de calcio, liberada durante el proceso de hidratación del cemento, dando lugar a la formación de sulfato de calcio (yeso), y (b) la combinación de yeso y aluminato hidratado de calcio para generar sulfoaluminato de calcio (etringita)

- **Ataque de cloruros:** En general, los cloruros suelen estar presentes en áreas cercanas al mar, en aguas marinas, así como en suelos y aguas contaminadas, ya sea de forma natural o como resultado de actividades humanas.

Los cloruros no afectan directamente al concreto; en cambio, resultan perjudiciales al participar activamente en el mecanismo de corrosión de los metales incorporados en el concreto. Esto se debe a que generan compuestos de hierro que, al expandirse, provocan daños en la estructura de la pasta y los agregados. (Pasquel, 1998).

- **Carbonatación:** Este fenómeno surge de la interacción del dióxido de carbono (CO_2) presente en la atmósfera, que al infiltrarse en el concreto poroso reacciona con el hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) contenido en este material. Esta reacción provoca la disminución del pH, pasando de un valor de 13, donde se forma una película protectora en el acero de refuerzo, a un nivel crítico de 9. Actualmente, la carbonatación se ve favorecida por factores como la lluvia ácida y el aumento del tráfico. (Gutiérrez de López, 2003).

La durabilidad de la superficie del concreto puede ser afectada por la carbonatación y el secado rápido durante el fraguado, pero este problema puede prevenirse mediante un adecuado proceso de curado. Aunque la carbonatación en el concreto endurecido no daña su matriz, reduce significativamente la alcalinidad (pH) del mismo. Dado que una alcalinidad elevada es esencial para proteger la armadura contra la corrosión, es crucial que el concreto sea resistente a la carbonatación para evitar el deterioro del acero de refuerzo. (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004).

Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi (2004) afirman que tanto la carbonización como el secado rápido del concreto fresco pueden tener impactos en la durabilidad de su superficie, pero estos problemas pueden prevenirse mediante un adecuado proceso de curado. La carbonización en el concreto endurecido no causa daño a su matriz, aunque sí disminuye significativamente la alcalinidad (pH) del material. Dado que una alcalinidad elevada es esencial para proteger el refuerzo contra la corrosión, resulta crucial que el

concreto posea resistencia a la carbonatación para evitar la deterioración del acero de refuerzo.

2.2.5. ALGAS MARINAS

La Real Academia Española (1933-1936) indica que el término "alga" tiene su origen en la palabra latina alga y es una forma de planta talofita, pudiendo ser unicelular o pluricelular, que se encuentra principalmente en ambientes acuáticos, tanto de agua dulce como marina.

Según Awasthi (2015) se denomina algología a la ciencia que se encarga del estudio de las algas. En griego, la palabra para algas era phykos (alga, planta marina), lo que lleva al término phycology en inglés o ficología para referirse al estudio de las algas. Durante mucho tiempo, las algas fueron conocidas popularmente como fucus, que es cómo los romanos pronunciaban phykos. En China, fueron llamadas tsao, mientras que los hawaianos las conocían como limu. Esto refleja la antigua y amplia presencia de las algas en diferentes sociedades y su relevancia en la historia natural y cultural de las regiones donde se encuentran.

Smith (1955) señala que las algas tienen un papel significativo en la biodiversidad mundial, y se estima que existen entre 36,000 y más de 10 millones de especies diferentes. Cada una de estas especies desempeña uno o varios roles fundamentales en los ecosistemas. Además, las algas están interrelacionadas con otros organismos en ciclos biogeoquímicos, cadenas alimentarias y asociaciones simbióticas.

Por su parte Awasthi (2015) manifiesta que las algas forman un diverso grupo de plantas relativamente sencillas, con alrededor de 30,000 especies, cuyo origen se remonta a la era Ordovícica del Paleozoico, conocida comúnmente como la "Edad de las algas".

Graham, Graham, & Wilcox (2009) aseguran que las algas son un grupo diverso de organismos que abarcan desde pequeñas células individuales hasta enormes algas marinas, y pertenecen a

diferentes líneas evolutivas. En consecuencia, las algas se caracterizan principalmente por sus atributos ecológicos. En su mayoría, son especies fotosintéticas que producen oxígeno y viven en ambientes acuáticos. A diferencia de las plantas terrestres, carecen de estructuras corporales y características productivas adaptadas a la vida en tierra. Esta noción de las algas engloba tanto a los protistas fotosintéticos, que son eucariotas, como a las cianobacterias procariotas, conocidas también como algas verdeazuladas.

2.2.6. CLASIFICACIÓN DE ALGAS

Smith (1955) indica que la clasificación de las plantas ha experimentado una transformación significativa a lo largo de la historia de la botánica. Desde los tiempos de Aristóteles y su discípulo Theophrastus, quienes realizaron una división inicial en árboles, arbustos y hierbas, hasta los avances taxonómicos y técnicas modernas, hemos presenciado un desarrollo impresionante en nuestro entendimiento de la diversidad vegetal.

En la actualidad existen múltiples formas de clasificar a las algas unas de las más comunes suelen ser clasificarlas por su tamaño y por su color.

2.2.6.1. CLASIFICACIÓN DE LAS ALGAS EN FUNCIÓN DE SUS DIMENSIONES

Según Graham, Graham, & Wilcox (2009) las algas pueden tener cuerpos tan diminutos que solo son visibles mediante un microscopio, a estos organismos se les conoce como microalgas. Por otro lado, existen algas cuyos cuerpos son lo suficientemente grandes como para ser vistos a simple vista, y a ellas se les llama macroalgas.

a. MICROALGAS

Llargués (2023) señala que las microalgas son organismos unicelulares que se encuentran en condiciones extremas y flotan cerca de la superficie. Pueden habitar tanto en agua salada como en agua dulce, como es el caso de la espirulina o la chlorella. Las microalgas de agua salada forman

parte del fitoplancton marino, que es rico en ácidos grasos, carbohidratos, vitaminas, minerales, carotenoides, clorofila, entre otros componentes.

Graham, Graham, & Wilcox (2009) indican que numerosas especies de microalgas se presentan como células solitarias conocidas como unicelulares. Estas células unicelulares adoptan diversas formas, pero las algas coccoides, que tienen una apariencia de pequeñas esferas, podrían ser el tipo de cuerpo más común entre las algas. La forma coccoides ha evolucionado de manera independiente en distintos linajes de algas. A veces, de manera coloquial, los expertos se refieren a las algas coccoides como "pequeñas cosas verdes redondas" o "pequeñas bolas marrones".

b. MACROALGAS

Llargués (2023) denota que las macroalgas son organismos multicelulares con tamaños que varían desde algunos centímetros hasta varios metros. Se han identificado más de 10 000 especies, pero se estima que en la actualidad solo entre 150 y 200 especies son utilizadas en todo el mundo.

Carbajal, Gamarra, Arakaki, Gil-Kodaka, & Ramirez (2019) indican que las macroalgas son organismos autótrofos que cumplen la función de productores primarios en los ecosistemas costeros marinos. Estas algas se clasifican comúnmente en grupos como algas rojas (Rhodophyta), pardas (Ochrophytas) y verdes (Chlorophytas), siendo las algas rojas el conjunto más diverso y extenso en la mayoría de los entornos marinos.

2.2.6.2. CLASIFICACIÓN DE LAS ALGAS EN FUNCIÓN DE SUS PIGMENTOS

FOTOSINTÉTICOS

a. Algas Verdeazuladas (*Cyanophyta*)

Las cianobacterias, también llamadas cloroxibacterias, cianofitas o algas verde-azuladas, forman un grupo claramente definido dentro de las eubacterias. Se distinguen de otras algas por su

organización celular procariota, y son consideradas el linaje algal más antiguo. (Graham, Graham, & Wilcox, 2009)

Por su parte Llargués (2023) señala que las cianobacterias son microorganismos microscópicos que presentan características tanto de bacterias como de plantas. Estos microorganismos, que realizan la fotosíntesis oxigénica, jugaron un papel fundamental en la evolución de la biosfera terrestre y en la vida en la Tierra. Las cianobacterias se encuentran en ecosistemas tanto terrestres como acuáticos y son los principales productores primarios del fitoplancton en los océanos.

b. Algas rojas (*Rhodophyta*)

Las algas rojas se encuentran mayormente en entornos marinos y a diferencia de otros grupos de algas, prosperan en una amplia gama de hábitats, desde las zonas intermareales hasta las profundidades marinas. Por lo general, suelen tener un tamaño pequeño y su longitud puede variar desde unos pocos centímetros hasta un metro. (Llargués, 2023).

Peralta (2019) en su investigación de las propiedades mecánicas del concreto empleó una adición de polvo de algas marinas obtenidas a partir del alga roja de la especie *Chondrus canaliculatus* (C.Agardh) Greville obteniendo una mejora de hasta un 45% de la resistencia a la compresión en base a las muestras de control.

Figura 5

Pyropia sp



Nota. Tomado de Guía para el reconocimiento en campo de las macroalgas del Callao.

Figura 4

Chondracanthus chamissoi



Nota. Tomado de Guía para el reconocimiento en campo de las macroalgas del Callao.

c. Algas Pardas o Marrones (Phaeophyceae)

Este tipo de algas se encuentran principalmente en el medio marino. Son comunes en áreas rocosas, especialmente en aguas frías y agitadas, formando hermosos bosques submarinos, aunque algunas variedades también se encuentran en aguas tropicales y subtropicales. Su pigmentación varía desde el amarillo marrón hasta el marrón oscuro. (Llargués, 2023)

La investigación de Hernández, Cano, & Torres (2016) en donde se estudió el comportamiento mecánico y durabilidad del concreto, se realizó con mucilago de cactus y una solución de extracto de algas marinas pardas, obteniéndose una mejora de las características mecánicas con respecto a las muestras de control.

Ramasubramani, Praveen, & Sathyanarayanan (2016) también emplearon algas pardas como material aditivo en su investigación, en la que se buscaba estudiar las propiedades de resistencia

del concreto con adición de algas, obteniéndose resultados positivos en la resistencia a la compresión, tracción y flexión.

Figura 7

Petalonia fascia



Nota. Tomado de Guía para el reconocimiento en campo de las macroalgas del Callao.

Figura 6

Ectocarpus sp.



Nota. Tomado de Guía para el reconocimiento en campo de las macroalgas del Callao.

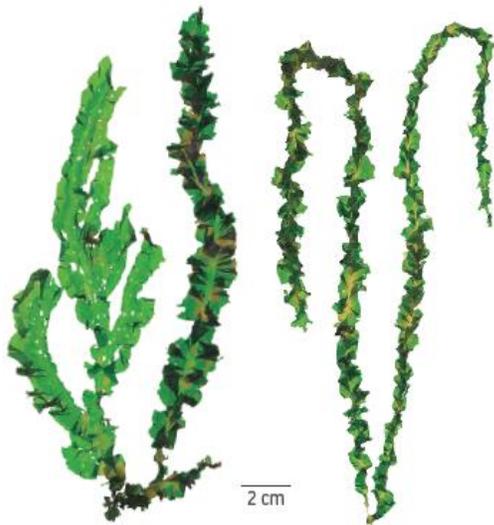
d. Algas verdes (Chlorophyta)

La mayoría de las algas verdes se encuentran en agua dulce, mientras que solo alrededor del 10 a 12% son típicas de ecosistemas marinos, como la *Ulva lactuca*, una de las más conocidas, que forma parte de las lechugas de mar y crece en la zona intermareal de la mayoría de los océanos. Se han identificado alrededor de 7 mil especies, y al igual que las algas rojas, las algas verdes tienden a tener dimensiones relativamente pequeñas, generalmente midiendo aproximadamente 18 cm de largo y alrededor de 30 cm de ancho. (Llargués, 2023)

Además de ello Graham, Graham, & Wilcox (2009) denotan que “Las algas verdes son fuentes importantes de alimento para animales acuáticos, y algunos representantes forman asociaciones simbióticas significativas con protistas e invertebrados de agua dulce” (pág. 12).

Figura 9

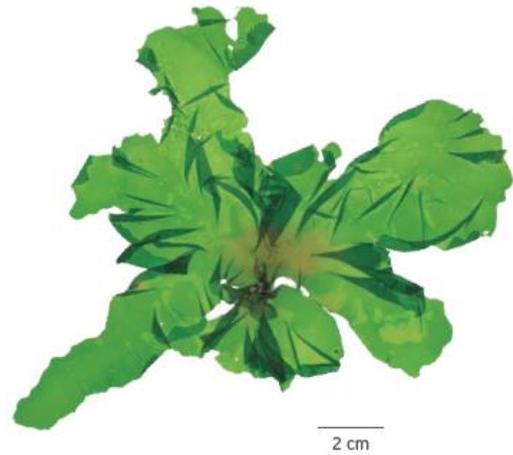
Ulva nemotoidea



Nota. Tomado de Guía para el reconocimiento en campo de las macroalgas del Callao.

Figura 8

Ulva lactuca



Nota. Tomado de Guía para el reconocimiento en campo de las macroalgas del Callao.

2.2.7. USOS Y APLICACIONES DE LAS ALGAS MARINAS

Aldave (1989) describe diversos tipos de usos para algas pardas y algas rojas.

El ácido alginico y sus derivados, extraídos de las algas marinas pardas, tienen una versatilidad destacada en múltiples industrias. En la alimentación, se utilizan como espesantes y estabilizadores; en textiles, fortalecen fibras y permiten la impermeabilización; en detergentes, son fundamentales como estabilizadores de espuma. En medicina y cosmetología, actúan como emulsificantes y agentes de suspensión. Sin embargo, su importancia se extiende más allá de estas áreas, ya que, en la construcción, estos derivados son apreciados por sus propiedades espesantes, especialmente en la mezcla de brea y asfalto para carreteras y pistas de aterrizaje. Su versatilidad les confiere un rol esencial en diversas aplicaciones industriales.

Las rodofitas también desempeñan un papel importante en diversas industrias. Estos componentes incluyen ficocoloides notables como el agar-agar y la carragenina, que se utilizan en la industria alimentaria como agentes gelificantes y espesantes. El agar-agar, un gel amorfo derivado de galactonas, también tiene aplicaciones en microbiología y terapéutica. Por otro lado, la carragenina, con una alta fracción sulfatada, es valiosa en la industria alimentaria. Además, algunas variedades de algas, como *Alsidum Helminthochorum* y *Hypnea Musciformis*, contienen compuestos que combaten parásitos intestinales y evitan la coagulación sanguínea de manera eficaz. Además de estos usos, las rodofitas tropicales, como el *Lithothamnium*, desempeñan un papel importante en la formación de rocas, contribuyendo así a la construcción de monumentos históricos.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN

La investigación se desarrolló bajo un **enfoque cuantitativo**, ya que se trabajó con datos numéricos obtenidos de ensayos de laboratorio para comprobar las hipótesis planteadas. Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), este enfoque permite validar hipótesis a través de mediciones y análisis estadístico, lo cual fue coherente con el propósito del estudio: evaluar cómo influye el polvo de algas marinas en la resistencia a la compresión y la permeabilidad del concreto. Se aplicaron porcentajes específicos de polvo de algas marinas en mezclas de concreto, y se realizaron mediciones bajo normas técnicas para obtener resultados objetivos. Esto permitió analizar de forma precisa si la variación en el contenido del polvo de algas marinas generaba cambios significativos en las propiedades del concreto evaluadas.

3.2. METODO DE INVESTIGACIÓN

3.2.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El estudio fue de **tipo aplicada**, ya que buscó emplear conocimientos científicos y técnicos para mejorar las propiedades del concreto mediante el uso de un material natural como el polvo de algas marinas. Según Pimienta y De la Orden (2017), una investigación aplicada se orienta al fortalecimiento del conocimiento y a la generación de soluciones prácticas que beneficien a la sociedad.

Por lo tanto, la naturaleza de la investigación se alineó con los principios de este tipo de estudio, ya que no solo buscó ampliar el conocimiento teórico, sino también generar soluciones prácticas y beneficios tangibles en el campo de la construcción, como el aumento de la resistencia a la compresión y la reducción de la permeabilidad del concreto utilizado en cimentaciones en la ciudad de Nuevo Chimbote.

3.2.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El nivel de investigación fue **correlacional**, pues se enfocó en analizar la relación entre el porcentaje de polvo de algas marinas y las propiedades del concreto, específicamente la resistencia a la compresión y la permeabilidad. Según Hernández, Fernández, & Baptista (2014), este tipo de investigación busca identificar el grado de vínculo entre variables dentro de un contexto determinado.

De esta manera, se pudo determinar si el contenido del polvo de algas influía significativamente en las características mecánicas y de durabilidad del concreto utilizado en Nuevo Chimbote.

3.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El presente estudio se enmarcó dentro de un diseño **cuasiexperimental**, ya que se manipuló de forma deliberada una variable independiente —la proporción de polvo de algas marinas añadida a las mezclas de concreto (0%, 0.5%, 1%, 1.5% y 2%)— con el propósito de evaluar su efecto sobre variables dependientes como la resistencia a la compresión y la permeabilidad.

Los grupos de mezcla ya estaban definidos previamente en función del porcentaje de polvo de algas marinas adicionados, por lo que no se realizó una asignación aleatoria. Esta condición responde a lo descrito por Hernández, Fernández, & Baptista (2014), quien señala que en los diseños cuasiexperimentales los sujetos no se asignan al azar a los grupos ni se emparejan, sino que dichos grupos ya están conformados antes del experimento: son grupos intactos.

Figura 10

Esquema de diseño de investigación



3.4. POBLACIÓN

Según Hernández, Fernández, & Baptista (2014) una población se entiende como el conjunto exhaustivo de todos los casos que cumplen con ciertas características y sobre los cuales se busca generalizar los resultados. La delimitación de las poblaciones debe ser precisa, identificando claramente sus características de contenido, lugar y tiempo para garantizar una comprensión completa y adecuada del grupo bajo estudio.

La población de la investigación estuvo conformada por los testigos de concreto elaborados para elementos estructurales de cimentación en Nuevo Chimbote, Áncash. Esta población se considera **infinita**, dado que, aunque se delimita geográficamente y se especifica el tipo de concreto, se desconoce el número exacto de elementos que la integran

3.5. MUESTREO

Para la investigación se eligió un **muestreo probabilístico**, esto se basa en principios fundamentales que mejoran la validez y representatividad de los resultados. Este enfoque también elimina sesgos potenciales, asegurando la imparcialidad en la selección. Además, al permitir el uso de herramientas estadísticas para calcular intervalos de confianza y estimar la variabilidad de los datos, el muestreo probabilístico mejora la precisión y fiabilidad de los resultados.

Dado que la población de estudio es infinita, el cálculo del tamaño muestral se realizó aplicando la siguiente fórmula estadística:

$$N = \frac{Z^2 * p * q}{e^2}$$

Donde:

N: Tamaño de la muestra

p: Probabilidad de que la hipótesis sea verdadera

q: Probabilidad de que la hipótesis sea falsa

e: Error estimado por estudiar una muestra en lugar de toda la población

Z: Parámetro estadístico que depende del nivel de confianza

Para la presente investigación se empleó un nivel de confianza del 95% para el cual se tiene un valor de $Z=1.96$, se asumió una probabilidad de ocurrencia de que la hipótesis sea verdadera $p=0.50$ y de que sea falsa $q=0.50$ ya que inicialmente no se tenía la completa certeza de que las

hipótesis planteadas sean aceptadas al final de la investigación, se tomó un error de estimación de $e=0.10$

Reemplazando los valores asumidos para la investigación se obtuvo un tamaño muestral de:

$$N = \frac{Z^2 * p * q}{e^2} = \frac{1.96^2 * 0.50 * 0.50}{0.10^2} = 96.04$$

El tamaño de la muestra calculado fue de 96 testigos, los cuales se ampliaron a 135 debido a que se requirieron 105 testigos de concreto para ensayar la resistencia a la compresión, 15 testigos para ensayos de densidad, absorción y vacíos, y 15 testigos para ensayos de profundidad de penetración para el cálculo de la permeabilidad.

3.6. MUESTRA

Hernández, Fernández, & Baptista (2014) definen a la muestra como un subgrupo seleccionado de la población total, representativo y caracterizado por compartir las mismas características definidas en el conjunto más amplio llamado población. Dada la impracticabilidad de medir toda la población, la muestra se elige estratégicamente, especialmente en el enfoque cuantitativo, donde la representatividad es esencial para generalizar los resultados a la población completa.

La muestra del presente trabajo está conformada por 135 testigos de concretos diseñados para elementos de cimentación basados en la metodología del comité ACI 211.1.

Tabla 2
Muestras requeridas para ensayo de resistencia a la compresión

Ensayos de Resistencia a compresion para concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$				
Tratamiento	7 días	14 días	28 días	Total
Concreto con adición de 0.0% de Polvo de Algas Marinas	5	5	5	15
Concreto con adición de 0.5% de Polvo de Algas Marinas	5	5	5	15
Concreto con adición de 1.0% de Polvo de Algas Marinas	5	5	5	15
Concreto con adición de 1.5% de Polvo de Algas Marinas	5	5	5	15
Concreto con adición de 2.0% de Polvo de Algas Marinas	5	5	5	15
Concreto con % optimo			30	30
Total	25	25	55	105

Tabla 3
Muestras requeridas para ensayo de profundidad de penetración

Ensayos de profundidad de penetración de agua bajo presión para concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$		
Tratamiento	28 días	Total
Concreto con adición de 0.0% de Polvo de Algas Marinas	3	3
Concreto con adición de 0.5% de Polvo de Algas Marinas	3	3
Concreto con adición de 1.0% de Polvo de Algas Marinas	3	3
Concreto con adición de 1.5% de Polvo de Algas Marinas	3	3
Concreto con adición de 2.0% de Polvo de Algas Marinas	3	3
Total	15	15

Tabla 4

Muestras requeridas para ensayo de densidad, absorción y vacíos para concreto

Ensayos de densidad, absorción y vacíos para concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$		
Tratamiento	28 días	Total
Concreto con adición de 0.0% de Polvo de Algas Marinas	3	3
Concreto con adición de 0.5% de Polvo de Algas Marinas	3	3
Concreto con adición de 1.0% de Polvo de Algas Marinas	3	3
Concreto con adición de 1.5% de Polvo de Algas Marinas	3	3
Concreto con adición de 2.0% de Polvo de Algas Marinas	3	3
Total	15	15

3.7. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

La matriz de operacionalización de variables se encuentra detallada en el Anexo 2.

3.7.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Polvo de algas marinas

- **Definición conceptual:** El polvo de algas marinas puede definirse como el residuo resultante de moler algas marinas, organismos que, según Graham, Graham y Wilcox (2009), conforman un grupo diverso que abarca desde pequeñas células individuales hasta enormes algas marinas, perteneciendo a diferentes líneas evolutivas. Estas algas, caracterizadas principalmente por sus atributos ecológicos, son mayormente especies fotosintéticas que producen oxígeno y habitan en ambientes acuáticos. De esta manera, el polvo de algas marinas conserva las propiedades ecológicas de las algas originales al ser trituradas hasta obtener partículas muy menudas (RAE).

- **Definición operacional:** Se reconoció en campo las algas marinas a utilizar determinando sus características físicas y posteriormente su composición mineralógica mediante el ensayo de Difracción de Rayos X (XRD) en un laboratorio. Se adicionó el polvo de algas marinas al concreto patrón $f_c=210$ kg/cm² en porcentajes de 0%, 0.5%, 1%, 1.5% y 2%.

3.7.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Permeabilidad del Concreto

- **Definición conceptual:** Capacidad del concreto, al igual que en cualquier otro material, para permitir el paso de un fluido (agua, aire, vapor de agua) a través de él debido a una disparidad de presión entre las dos superficies opuestas del material. (Sánchez De Guzmán, 2001).
- **Definición operacional:** La determinación de la permeabilidad del concreto al agua se realizó conforme a las indicaciones de la norma UNE-EN 12390-8 titulada "Profundidad de penetración de agua bajo presión". Los resultados de este ensayo permitirán el cálculo del coeficiente de permeabilidad (K). La relación entre el nivel de permeabilidad del concreto se establecerá en función al coeficiente de permeabilidad.

Resistencia a la Compresión del Concreto

- **Definición conceptual:** La resistencia a la compresión del concreto se refiere a la capacidad del material para resistir la carga máxima por unidad de área antes de presentar una falla por compresión, la cual puede manifestarse a través de fenómenos como agrietamiento o rotura. (Abanto Castillo, 2009).
- **Definición operacional:** La resistencia a la compresión del concreto se determinó mediante ensayos de compresión en cilindros con dimensiones específicas y curados durante 7, 14 y 28 días, según las pautas de la norma (NTP 339.034) "Método de ensayo

estandarizado para evaluar la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas".

3.8. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La técnica utilizada para la recolección de datos fue la **observación** ejecutada a través de ensayos de laboratorio. Esta técnica permitió registrar con precisión y relevancia los resultados numéricos obtenidos en cada uno de los ensayos realizados.

Como instrumento de recolección de datos se emplearon **fichas de observación** basados en procedimientos establecidos por normas técnicas reconocidas, lo que garantiza su validez y confiabilidad. En su diseño se tomaron como referencia normas nacionales como la NTP y el Manual de Ensayo de Materiales del MTC; así como también normas Internacionales del ACI, ASTM y la UNE-EN. Estas normativas proporcionan los lineamientos técnicos necesarios para una recolección de datos precisa, estandarizada y replicable.

En particular, se utilizaron las siguientes normas:

- **NTP 339.034 / ASTM C39**: para el ensayo de **resistencia a la compresión** de probetas cilíndricas.
- **NTP 339.187 / ASTM C642**: para el ensayo de **absorción, densidad y contenido de vacíos**, necesario para determinar la permeabilidad del concreto.
- **UNE-EN 12390-8**: para el ensayo de **profundidad de penetración de agua a presión**, como otro indicador de permeabilidad.
- **Manual de Ensayos del MTC**: como guía técnica complementaria en la ejecución y control de ensayos de materiales de construcción.

Estas normas especifican detalladamente el procedimiento de medición, los equipos necesarios, el tratamiento de los especímenes, los criterios de aceptación, y los formatos de reporte. Así, garantizan la validez, confiabilidad y replicabilidad de los datos obtenidos.

3.9. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE RESULTADOS

Después de completar los ensayos de laboratorio para evaluar la resistencia a la compresión y la permeabilidad de los testigos de concreto a diferentes edades y condiciones, la siguiente fase implicó en la organización sistemática de los resultados. Estos datos cruciales se registraron meticulosamente en una hoja de cálculo, proporcionando una estructura ordenada que facilitó su posterior análisis estadístico.

Se realizó el análisis estadístico de los resultados de la resistencia a la compresión con el porcentaje de adición que presentó un mejor comportamiento, para lo cual se elaboraron 30 testigos, cuyos resultados de resistencia a los 28 días fueron procesados también con ayuda del software Excel, calculando varios parámetros estadísticos tales como la Media (μ), Desviación estándar (Ds) y Coeficiente de Variación (V). Se ha demostrado científicamente que los resultados de resistencia a la compresión presentan una distribución de frecuencias que se ajusta a una distribución normal la cual es conocida como una “curva en forma de campana” denominada “Campana de Gauss” la cual está definida por la siguiente ecuación:

$$f(x) = \frac{1}{Ds \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{x-\mu}{Ds}\right)^2}$$

Una característica matemática de la distribución normal es que el intervalo que corresponde a $\mu \pm 1Ds$ representa una probabilidad de ocurrencia del 68.27%, mientras que el intervalo $\mu \pm 2Ds$ representa un 95.2%. En cuanto al intervalo $\mu \pm 3Ds$ se considera que la probabilidad de ocurrencia es aproximadamente del 100%. A partir de lo mencionado, se determinó la probabilidad de ocurrencia de diferentes valores de resistencia a la compresión en relación con el porcentaje

óptimo. Esto permitió identificar el comportamiento esperado y la variabilidad de la resistencia del concreto con el polvo de algas marinas.

Se aplicó el análisis de varianza **ANOVA de un factor** para determinar si existían diferencias significativas en la resistencia a la compresión y la permeabilidad del concreto en función de los diferentes porcentajes de adición de polvo de algas marinas (0%, 0.5%, 1%, 1.5%, y 2%). Este análisis fue realizado en **Microsoft Excel** utilizando la herramienta "Análisis de Datos", permitiendo comparar las medias de los grupos y establecer si las diferencias observadas eran estadísticamente significativas.

- **Hipótesis nula (H_0):** No existen diferencias significativas entre los grupos (los diferentes porcentajes de adición de polvo de algas marinas no afectan la resistencia y permeabilidad).
- **Hipótesis alternativa (H_1):** Existen diferencias significativas entre los grupos (la adición de polvo de algas marinas sí influye en la resistencia y permeabilidad).

Los resultados del **ANOVA** se obtuvieron para ambas propiedades (resistencia a la compresión y permeabilidad) y se analizaron para determinar si las diferencias observadas entre los grupos experimentales (con diferentes porcentajes de polvo de algas marinas) eran significativas. Si los valores p resultantes de las pruebas de ANOVA eran menores que 0.05 (nivel de significancia), se rechazaba la hipótesis nula, indicando que la adición de polvo de algas marinas influía tanto en la resistencia a la compresión como a la permeabilidad del concreto.

Para evaluar la relación entre las variables (porcentaje de adición de polvo de algas marinas y resistencia/permeabilidad), se utilizó el **coeficiente de correlación de Pearson**. Este análisis, realizado también en Excel, permitió identificar si existía una relación directa o inversa entre los porcentajes de polvo de algas marinas y las propiedades del concreto. El coeficiente de correlación

(r) proporcionó una medida cuantitativa de la fuerza y dirección de esa relación. Un coeficiente cercano a +1 o -1 indicaría una relación fuerte y positiva o negativa, respectivamente.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y

DISCUSIÓN

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y COMPOSICIÓN MINERALÓGICA DEL POLVO DE ALGAS MARINAS

4.1.1.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

El alga marina utilizada fue *Chondracanthus chamissoi*, conocida comúnmente como yuyo, cochayuyo o mococho. Las características físicas del alga se detallan en la Tabla 5.

Tabla 5

Características físicas de alga “Chondracanthus Chamissoi”

Alga: “Chondracanthus Chamissoi”

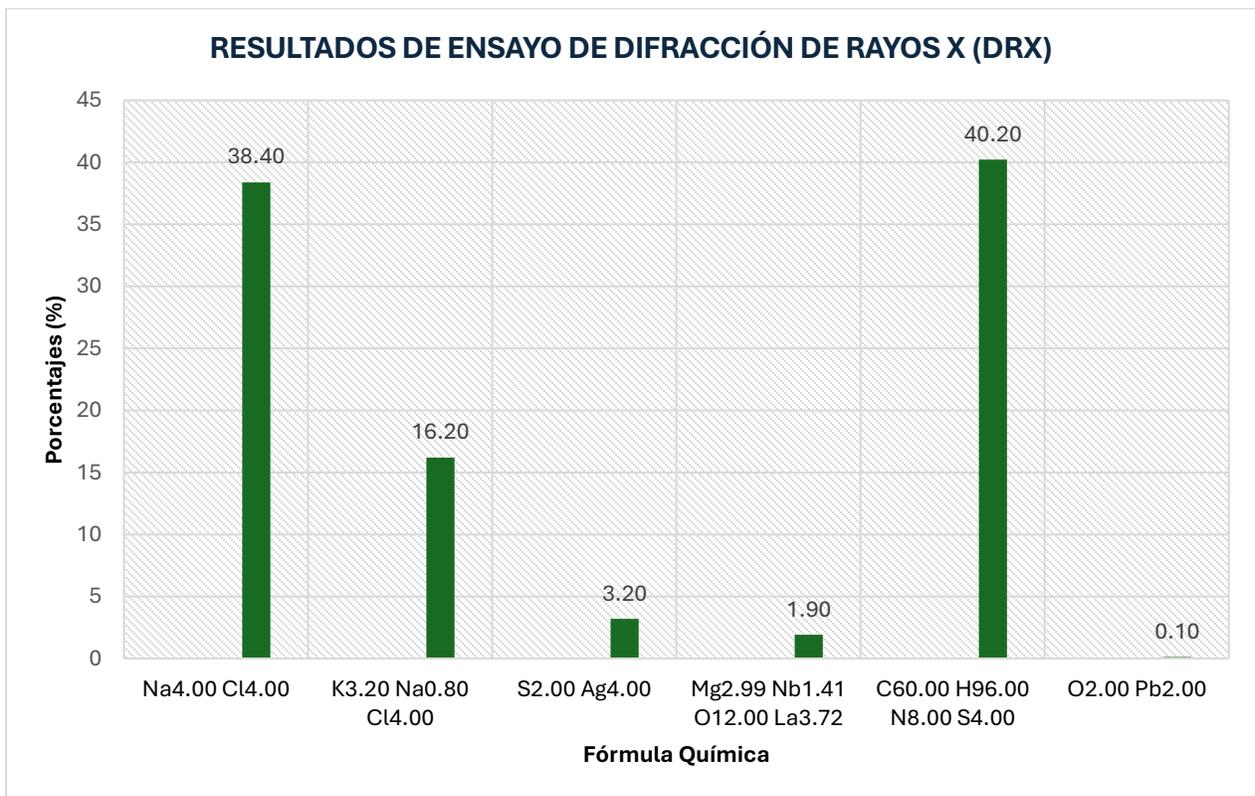
Características Físicas	Descripción
Tipo de alga	Alga roja (Rhodophyta)
Forma	Filamentosa y ramificada
Tamaño	Puede alcanzar entre 10 y 40 cm de largo
Color	Rojo oscuro (con matices verdosos o púrpuras)
Estructura	Cuerpo formado por un eje principal con ramas laterales que pueden ser finas o gruesas
Textura	Suave, gelatinosa y flexible
Superficie	Por lo general suele ser lisa

Las características físicas del alga *Chondracanthus chamissoi* mostraron que era filamentosas, gelatinosa y de textura suave, lo que facilitó su pulverización e incorporación al concreto. Su estructura y composición podrían haber contribuido a mejorar la microestructura del concreto, lo cual se relacionó con los resultados positivos obtenidos en resistencia y permeabilidad.

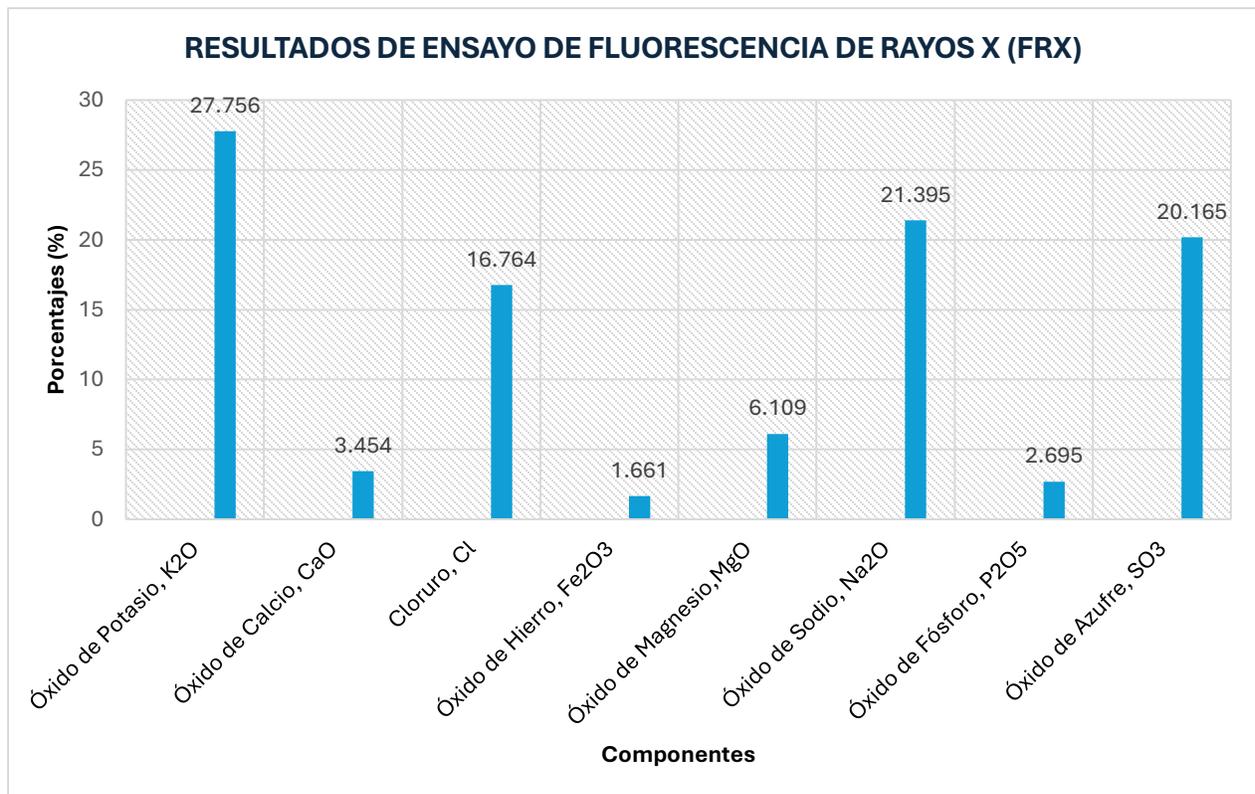
4.1.1.2. COMPOSICIÓN MINERALÓGICA

En la Figura 11, se presentan los resultados obtenidos del análisis por difracción de rayos X (DRX) del polvo de algas marinas.

Figura 11
Resultados Ensayo de Difracción de Rayos X (DRX)



En la Figura 12, se presentan los resultados obtenidos del análisis de fluorescencia de rayos X (FRX) del polvo de algas marinas.

Figura 12
Resultados Ensayo de Fluorescencia de Rayos X (FRX)


El análisis de DRX mostró la presencia de compuestos orgánicos y sales, destacando un alto contenido de cloruros y un compuesto rico en carbono, hidrógeno, nitrógeno y azufre. Por su parte, el FRX confirmó concentraciones elevadas de óxidos de potasio, sodio, azufre y cloruros. Estos resultados indicaron una composición rica en sales solubles y materia orgánica, características que podrían influir en el comportamiento del concreto.

4.1.2. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS DE CONCRETO

A continuación, se presentan los resultados de la resistencia a la compresión de las muestras de concreto elaboradas con diferentes porcentajes de polvo de algas marinas (0%, 0.5%, 1%, 1.5% y 2%) a los 7, 14 y 28 días de curado. Los ensayos fueron realizados conforme a las normas ASTM

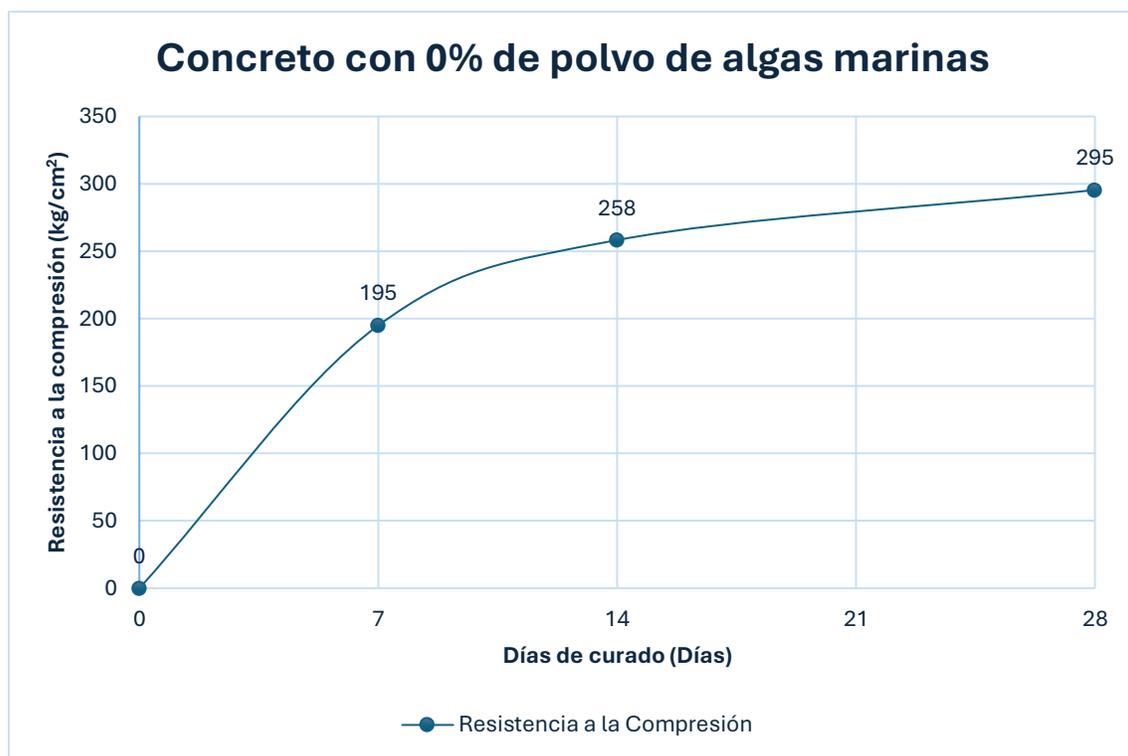
C39 - NTP 339.034, y se analizó la evolución de la resistencia en función del tiempo de curado y la variación en los porcentajes de adición de polvo de algas marinas.

4.1.2.1. CONCRETO CON 0% DE POLVO DE ALGAS MARINAS

A continuación, se presentan en la Figura 13 los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión del concreto elaborado sin adición de polvo de algas marinas (0%) a diferentes edades de curado (7, 14 y 28 días).

Figura 13

Resistencia a la compresión vs días de curado del concreto con 0% de polvo de algas marinas



Se observó que la resistencia a la compresión del concreto sin adición de polvo de algas marinas aumentó progresivamente con el tiempo de curado. A los 7 días, se alcanzó una resistencia de 195 kg/cm², equivalente al 66.10 % de la resistencia lograda a los 28 días (295 kg/cm²). A los 14 días, la resistencia fue de 258 kg/cm², lo que representa el 87.46 % de la resistencia final. Finalmente, a

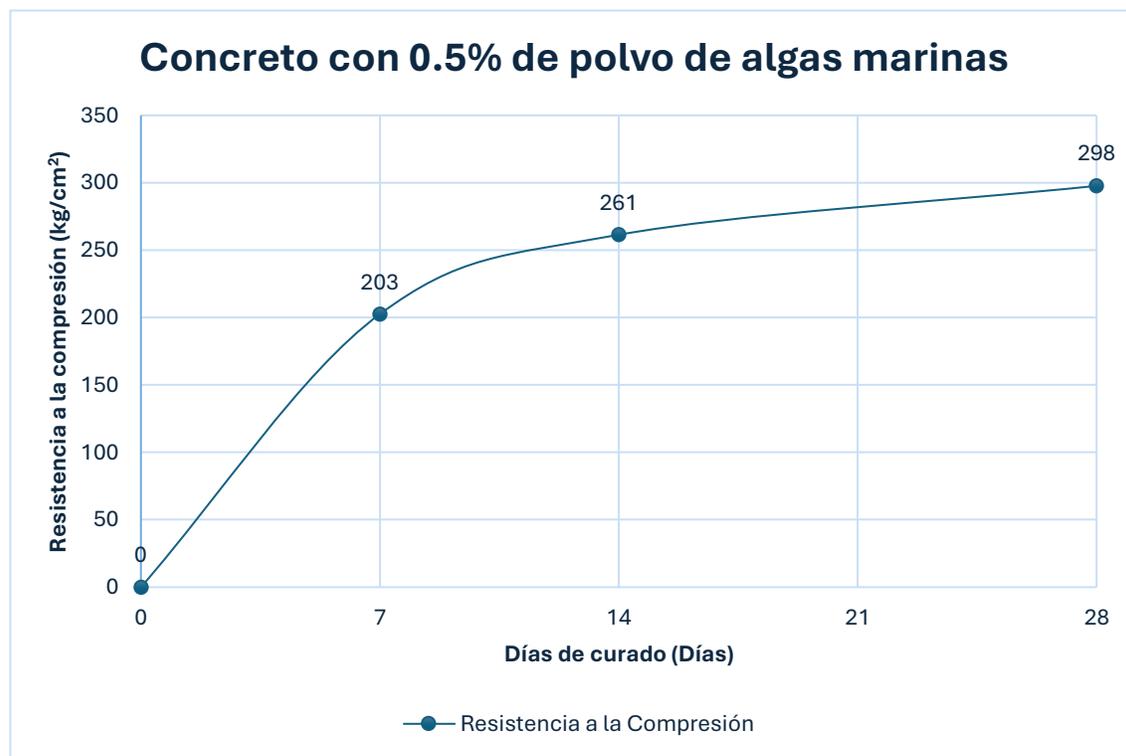
los 28 días, el concreto alcanzó el 100 % de su resistencia, correspondiente a 295 kg/cm². Cabe precisar que los valores mostrados en la figura representan el promedio de cinco ensayos individuales realizados para cada edad de curado.

4.1.2.2. CONCRETO CON 0.5% DE POLVO DE ALGAS MARINAS

A continuación, se presentan en la Figura 14 los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión del concreto elaborado con 0.5 % adición de polvo de algas marinas a diferentes edades de curado (7, 14 y 28 días).

Figura 14

Resistencia a la compresión vs días de curado del concreto con 0.5% de polvo de algas marinas



Se observó que la resistencia a la compresión del concreto con 0.5 % de adición de polvo de algas marinas aumentó progresivamente con el tiempo de curado. A los 7 días, se alcanzó una resistencia de 203 kg/cm², equivalente al 68.12 % de la resistencia lograda a los 28 días (298 kg/cm²). A los

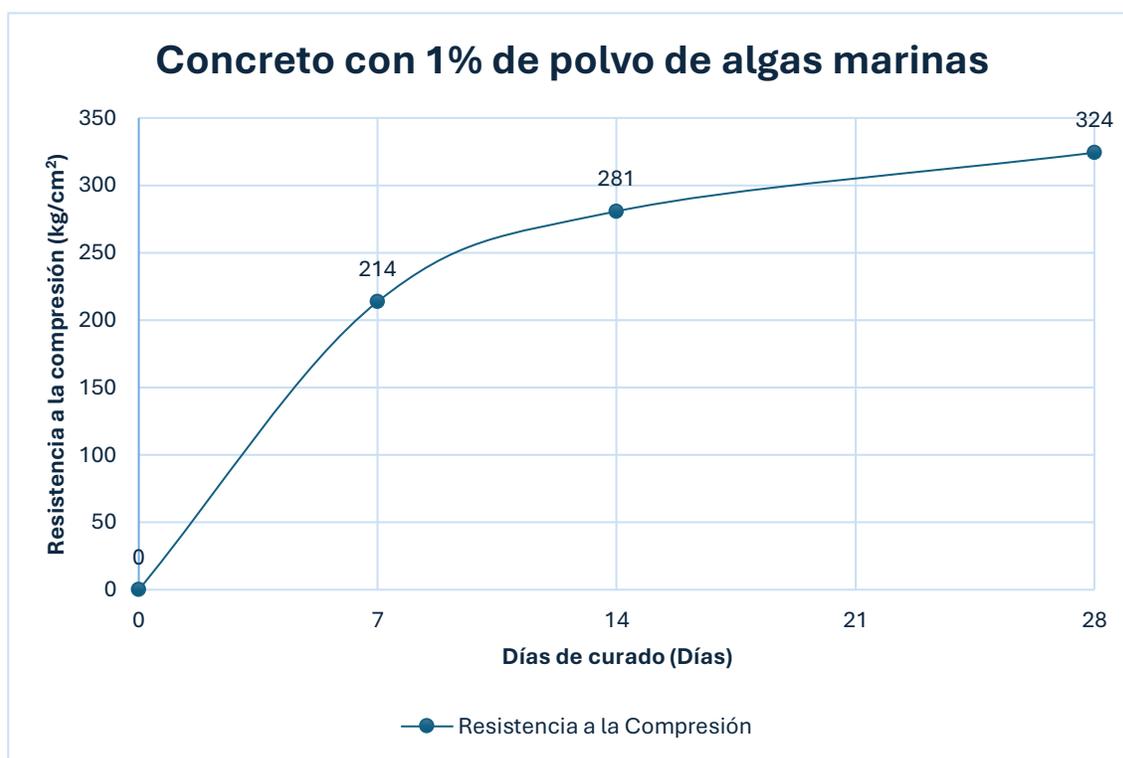
14 días, la resistencia fue de 261 kg/cm², lo que representa el 87.58 % de la resistencia final. Finalmente, a los 28 días, el concreto alcanzó el 100 % de su resistencia, correspondiente a 298 kg/cm². Cabe precisar que los valores mostrados en la figura representan el promedio de cinco ensayos individuales realizados para cada edad de curado.

4.1.2.3. CONCRETO CON 1% DE POLVO DE ALGAS MARINAS

A continuación, se presentan en la Figura 15 los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión del concreto elaborado con 1 % adición de polvo de algas marinas a diferentes edades de curado (7, 14 y 28 días).

Figura 15

Resistencia a la compresión vs días de curado del concreto con 1% de polvo de algas



Se observó que la resistencia a la compresión del concreto con 1 % de adición de polvo de algas marinas aumentó progresivamente con el tiempo de curado. A los 7 días, se alcanzó una resistencia

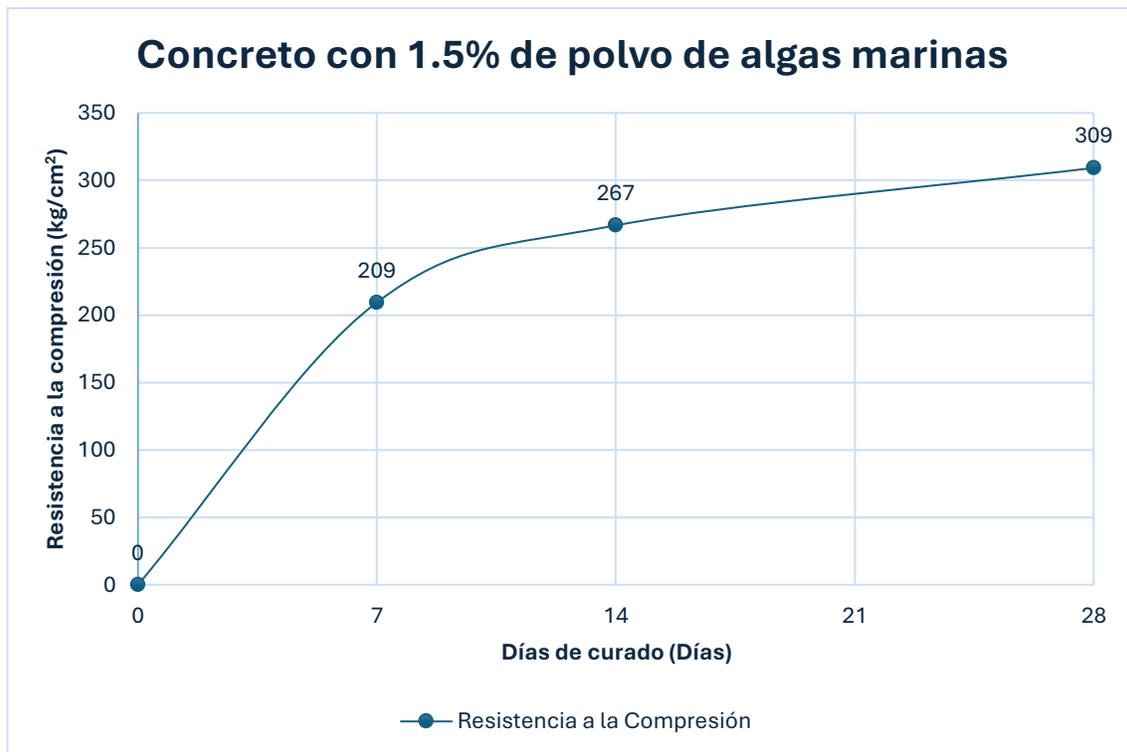
de 214 kg/cm², equivalente al 66.05 % de la resistencia lograda a los 28 días (324 kg/cm²). A los 14 días, la resistencia fue de 281 kg/cm², lo que representa el 86.73 % de la resistencia final. Finalmente, a los 28 días, el concreto alcanzó el 100 % de su resistencia, correspondiente a 324 kg/cm². Cabe precisar que los valores mostrados en la figura representan el promedio de cinco ensayos individuales realizados para cada edad de curado.

4.1.2.4. CONCRETO CON 1.5% DE POLVO DE ALGAS MARINAS

A continuación, se presentan en la Figura 16 los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión del concreto elaborado con 1.5 % adición de polvo de algas marinas a diferentes edades de curado (7, 14 y 28 días).

Figura 16

Resistencia a la compresión vs días de curado del concreto con 1.5% de polvo de algas marinas



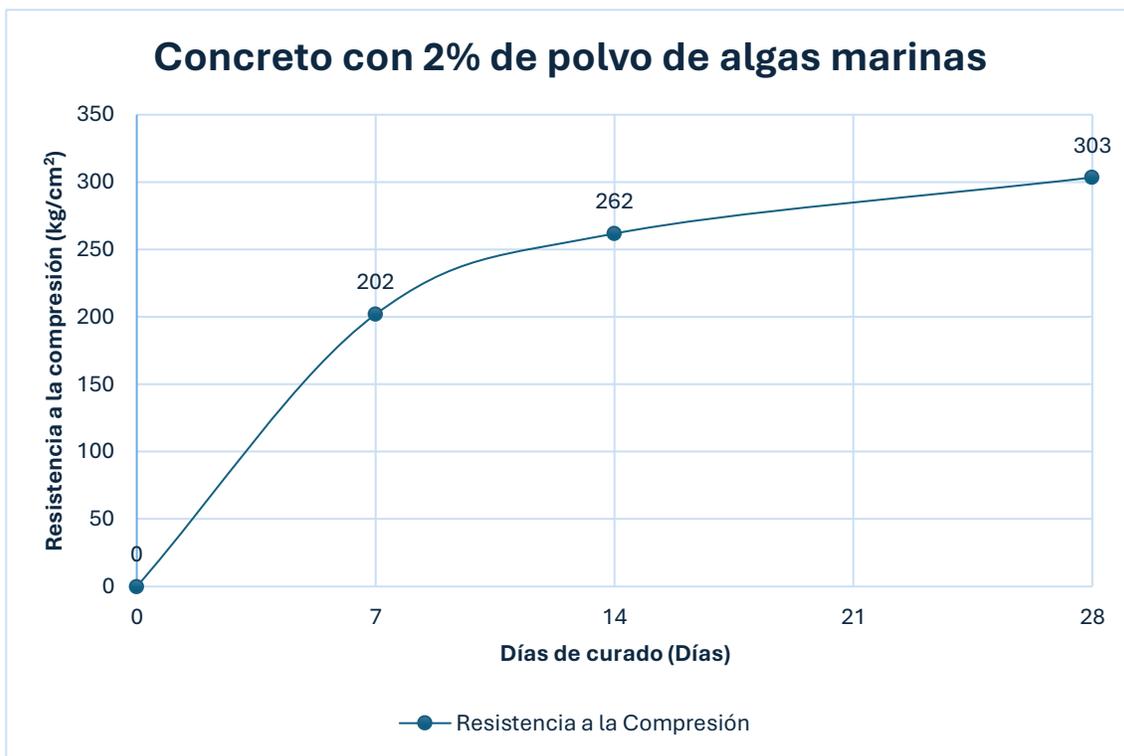
Se observó que la resistencia a la compresión del concreto con 1.5 % de adición de polvo de algas marinas aumentó progresivamente con el tiempo de curado. A los 7 días, se alcanzó una resistencia de 209 kg/cm², equivalente al 67.64 % de la resistencia lograda a los 28 días (309 kg/cm²). A los 14 días, la resistencia fue de 267 kg/cm², lo que representa el 86.41 % de la resistencia final. Finalmente, a los 28 días, el concreto alcanzó el 100 % de su resistencia, correspondiente a 309 kg/cm². Cabe precisar que los valores mostrados en la figura representan el promedio de cinco ensayos individuales realizados para cada edad de curado.

4.1.2.5. CONCRETO CON 2% DE POLVO DE ALGAS MARINAS

A continuación, se presentan en la Figura 17 los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión del concreto elaborado con 2 % adición de polvo de algas marinas a diferentes edades de curado (7, 14 y 28 días).

Figura 17

Resistencia a la compresión vs días de curado del concreto con 2% de polvo de algas marinas



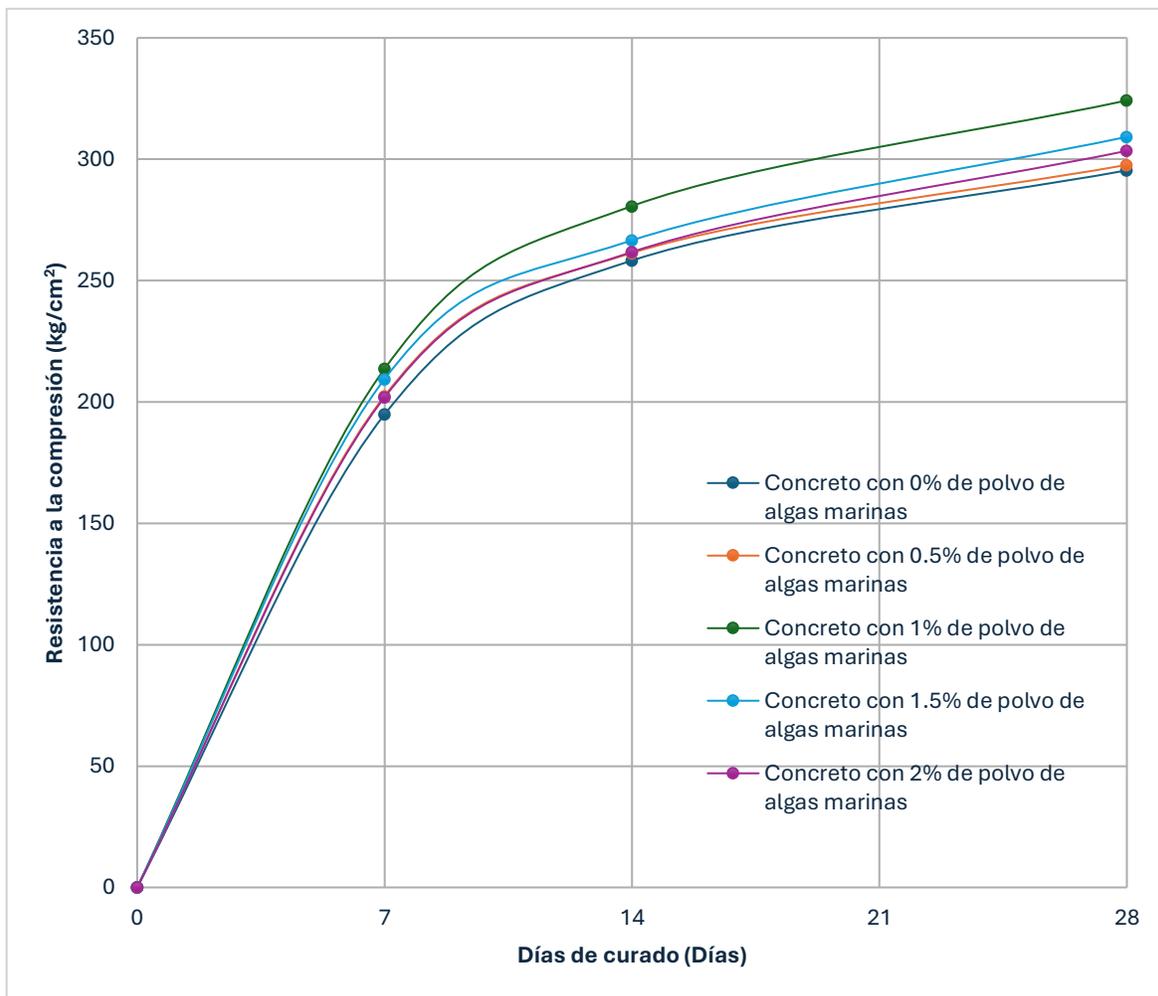
Se observó que la resistencia a la compresión del concreto con 2 % de adición de polvo de algas marinas aumentó progresivamente con el tiempo de curado. A los 7 días, se alcanzó una resistencia de 202 kg/cm², equivalente al 66.67 % de la resistencia lograda a los 28 días (303 kg/cm²). A los 14 días, la resistencia fue de 262 kg/cm², lo que representa el 86.47 % de la resistencia final. Finalmente, a los 28 días, el concreto alcanzó el 100 % de su resistencia, correspondiente a 303 kg/cm². Cabe precisar que los valores mostrados en la figura representan el promedio de cinco ensayos individuales realizados para cada edad de curado.

4.1.2.6. CONCRETO CON 0%, 0.5%, 1%, 1.5% Y 2% DE PORCENTAJE DE POLVO DE ALGAS MARINAS

En la Figura 18 se presenta la evolución de la resistencia a la compresión del concreto con diferentes porcentajes de polvo de algas marinas, en función de los días de curado. Se muestra la serie de datos para cada porcentaje de adición (0%, 0.5%, 1%, 1.5% y 2%) a los 7, 14 y 28 días de curado, lo que permite visualizar cómo el tiempo de curado y la incorporación de este aditivo influyen en la capacidad de carga del material.

Figura 18

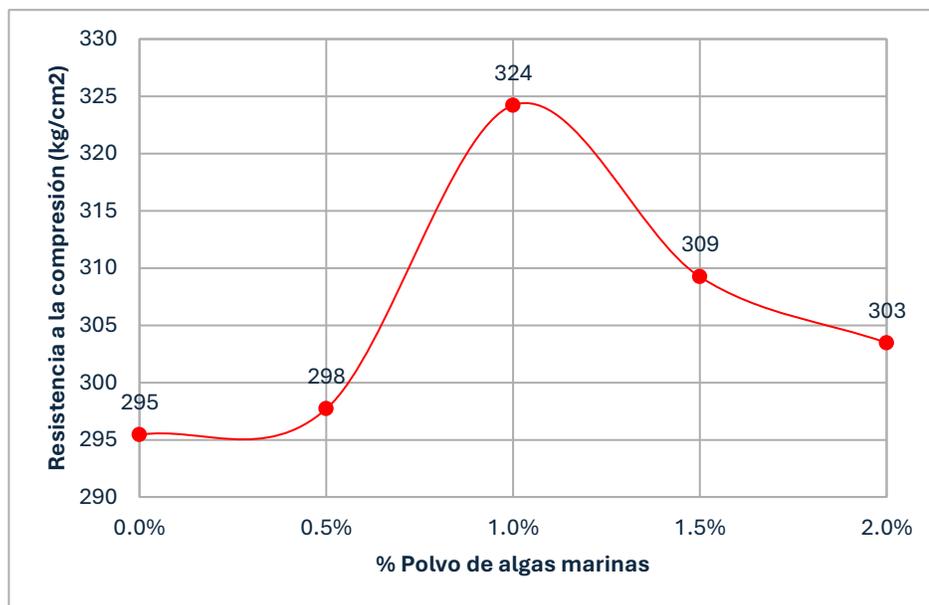
Resistencia a la compresión del concreto con 0% ,0.5%, 1%, 1.5% y 2% de algas marinas por días de curado



A continuación, se presenta la Figura 19 que muestra la resistencia promedio del concreto a los 28 días de curado para todos los porcentajes de adición de polvo de algas marinas (0%, 0.5%, 1%, 1.5% y 2%), ya que el concreto alcanza su resistencia máxima en este período de curado, que es generalmente considerado como el estándar de referencia para la evaluación de la calidad del material.

Figura 19

Resistencia promedio del concreto a los 28 días de curado para cada porcentaje de adición de polvo de algas marinas (0%, 0.5%, 1%, 1.5% y 2%)



En el gráfico, se puede observar cómo la adición de los diferentes porcentajes de polvo de algas marinas (0%, 0.5%, 1%, 1.5%, 2%) influye en la resistencia final del concreto. De los resultados, se destaca que el porcentaje con **1% de adición de polvo de algas marinas** presenta el mejor comportamiento en términos de resistencia a la compresión llegando a presentar una resistencia de 324 kg/cm², el cual representa un 9.83% de mejora en comparación al concreto sin adición de polvo de algas marinas. Este porcentaje (1%) será en consecuencia el utilizado para la evaluación estadística en el siguiente capítulo.

4.1.2.7. EVALUACIÓN ESTADÍSTICA DE RESULTADOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO

Para el análisis estadístico se realizaron 30 testigos de concreto con el porcentaje óptimo de polvo de algas marinas que corresponde a un 1% de adición. En la Tabla 6 se puede apreciar los resultados obtenidos.

Tabla 6

Resultados de resistencia a la compresión de testigos con 1% de polvo de las marinas para evaluación estadística

Testigo	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)	$x-\mu$	$(x-\mu)^2$
T-1	344.3	13.57	184.07
T-2	338.9	8.24	67.94
T-3	337.3	6.58	43.35
T-4	330.3	-0.42	0.18
T-5	331.7	0.97	0.93
T-6	346.5	15.80	249.53
T-7	322.1	-8.65	74.75
T-8	338.4	7.75	60.11
T-9	317.7	-12.95	167.64
T-10	315.9	-14.81	219.48
T-11	329.5	-1.16	1.34
T-12	325.0	-5.70	32.44
T-13	326.7	-3.97	15.75
T-14	322.8	-7.90	62.36
T-15	318.6	-12.07	145.61
T-16	326.5	-4.19	17.56
T-17	335.9	5.23	27.40
T-18	336.9	6.17	38.12

Testigo	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)	$x-\mu$	$(x-\mu)^2$
T-19	342.9	12.16	147.88
T-20	336.3	5.61	31.42
T-21	335.8	5.15	26.49
T-22	326.9	-3.79	14.40
T-23	337.8	7.14	50.93
T-24	331.4	0.75	0.56
T-25	330.4	-0.30	0.09
T-26	334.8	4.14	17.14
T-27	337.0	6.35	40.29
T-28	315.3	-15.42	237.82
T-29	324.9	-5.82	33.87
T-30	322.2	-8.47	71.72
Suma	4946		2081.17

En la Tabla 7 se muestra los parámetros estadísticos los cuales fueron obtenidos de los resultados de la resistencia a la compresión de los 30 testigos ensayados.

Tabla 7

Parámetros estadísticos

Parámetros Estadísticos	
Cantidad	30
Media (μ)	330.70 kg/cm ²
Máximo	346.49 kg/cm ²
Mínimo	315.28 kg/cm ²
Desviación Estándar (Ds)	8.47 kg/cm ²
Coefficiente de Variación (V)	2.56%
Rango (R)	31.22

Tanto la desviación estándar (Ds) como el coeficiente de variación (V) son excelentes indicadores de fuentes de variación general y dentro del lote (entre testigos), identificar esta variación es de suma importancia ya que nos permite poder realizar un mejor control de calidad del concreto. La desviación estándar obtenida fue de 8.47 Kg/cm² y el coeficiente de variación (V) de 2.56% los cuáles de acuerdo con la Tabla 8 se clasifican para el valor de la desviación estándar (Ds) en un grado de control **Excelente** y para el valor del coeficiente de variación (V) en un grado de control **Muy bueno**. Cabe destacar que el uso de este cuadro es solo para concretos con valores hasta 35 MPa (356.9 kg/cm²).

Tabla 8

Estándares de control de concreto $f'c \leq 35$ MPa (356.9 Kg/cm²)

Variación general					
Clase de Operación	Desviación estándar para diferentes grados de control (kg/cm²)				
	Excelente	Muy bueno	Bueno	Suficiente	Deficiente
Pruebas generales de construcción	< a 28.1	28.1 a 35.2	35.2 a 42.2	42.2 a 49.2	> a 49.2
Lotes de prueba en laboratorio	< a 14.1	14.1 a 17.6	17.6 a 21.1	21.1 a 24.6	> a 24.6
Variación dentro del lote					
Clase de Operación	Coeficiente de variación para diferentes grados de control (kg/cm²)				
	Excelente	Muy bueno	Bueno	Suficiente	Deficiente
Pruebas generales de construcción	< a 3	3 a 4	4 a 5	5 a 6	> a 6
Lotes de prueba en laboratorio	< a 2	2 a 3	3 a 4	4 a 5	> a 5

Nota. Elaborado en base a la norma ACI 214-R11 Guide to Evaluation of Strength Test Results of Concrete

En la Tabla 9 se presenta la frecuencia de los ensayos de resistencia a la compresión del concreto con adición de 1% de polvo de algas marinas. Con esta tabla se procede a elaborar un histograma y polígono de frecuencias como se puede apreciar en la Figura 20.

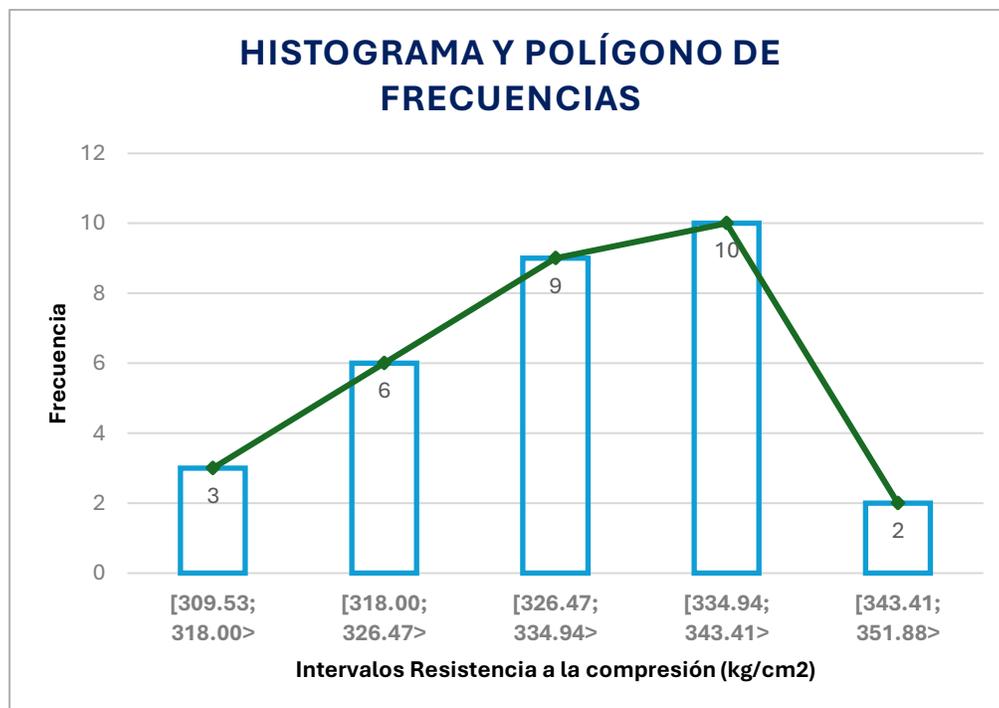
Tabla 9

Frecuencia de ensayos de resistencia a la compresión para intervalos igual a la desviación estándar

Intervalo	Frecuencia
[309.53; 318.00>	3
[318.00; 326.47>	6
[326.47; 334.94>	9
[334.94; 343.41>	10
[343.41; 351.88>	2

Figura 20

Histograma y polígono de frecuencias para intervalos igual a la desviación estándar



Se puede observar que la mayor concentración de los resultados se presenta en el intervalo $[334.94; 343.41>$, con una frecuencia máxima de 10. Este intervalo está ubicado cerca de la media, lo que sugiere que la mayoría de los ensayos se agrupan en torno a valores cercanos al promedio, evidenciando una distribución relativamente homogénea lo cuál puede ser apreciado visualmente en el gráfico. También se aprecia que los intervalos ubicados en los extremos presentan frecuencias bajas en comparación de los intervalos próximos a la media los cuáles muestran frecuencias altas, lo que indica una baja dispersión de los datos, lo cual concuerda con lo analizado anteriormente con los valores de la desviación estándar y coeficiente de variación.

En la Tabla 10 se presenta los valores obtenidos aplicando la ecuación de Gauss para la realización de la Distribución Normal o Campana de Gauss. Los valores de x se tomaron respecto a la media (μ) y rangos de $\pm 1,2$ y 3 veces la desviación estándar (Ds).

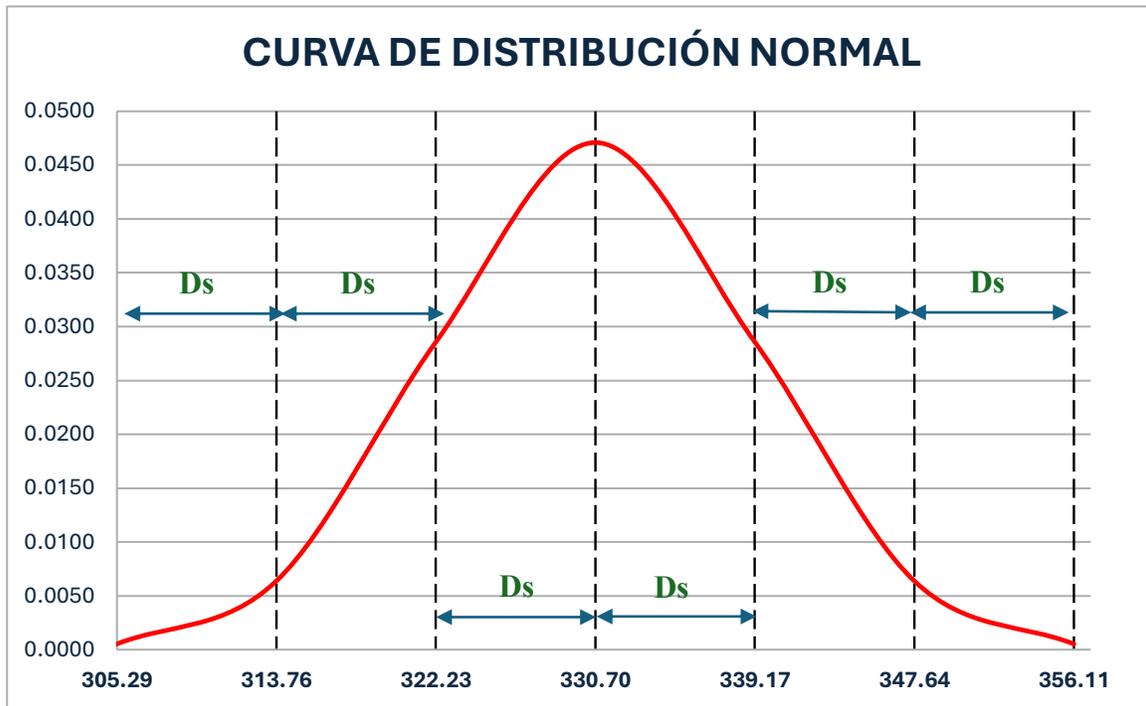
Tabla 10

Valores para elaboración de curva de distribución normal

x	f(x)
305.29	0.000524
313.76	0.006377
322.23	0.028568
330.70	0.047093
339.17	0.028568
347.64	0.006377
356.11	0.000524

Figura 21

Curva de distribución normal o campana de Gauss



En la Figura 21 se presenta la curva de distribución normal o Campana de Gauss, de la cual podemos afirmar que:

- Existe una probabilidad del 68.27% que los testigos de concreto con adición de 1% de polvo de algas marinas presenten una resistencia a la compresión entre 322.23 kg/cm² y 339.17 kg/cm² a los 28 días de curado.
- Existe una probabilidad del 95.2% que los testigos de concreto con adición de 1% de polvo de algas marinas presenten una resistencia a la compresión entre 313.76 kg/cm² y 347.64 kg/cm² a los 28 días de curado.
- Existe una probabilidad de aproximadamente 100% que los testigos de concreto con adición de 1% de polvo de algas marinas presenten una resistencia a la compresión entre 305.29 kg/cm² y 356.11 kg/cm² a los 28 días de curado.

4.1.3. PERMEABILIDAD DE MUESTRAS DE CONCRETO

4.1.3.1. PORCENTAJE DE VACÍOS DE MUESTRAS DE CONCRETO

Se realizó el ensayo según lo indicado en la norma ASTM C642-NTP 339.187 “Densidad absorción y vacíos del concreto endurecido” para el cálculo del porcentaje de vacíos o porosidad. En la Tabla 11 se presenta los resultados del ensayo para los distintos porcentajes de polvo de algas marinas (0%, 0.5%, 1%; 1.5%, 2%).

Tabla 11

Porcentaje de vacíos del concreto con 0%, 0.5%, 1%, 1.5% y 2% de adición de polvo de algas marinas

Descripción	Porcentaje de Vacíos (%)
Concreto con 0% de polvo de algas marinas	6.91
Concreto con 0.5% de polvo de algas marinas	7.18
Concreto con 1% de polvo de algas marinas	7.30
Concreto con 1.5% de polvo de algas marinas	8.17
Concreto con 2% de polvo de algas marinas	8.46

Se observó que el porcentaje de vacíos en el concreto aumentó gradualmente conforme se incrementó el contenido de polvo de algas marinas. El concreto sin adición presentó el menor porcentaje de vacíos (6.91 %), mientras que el mayor valor se registró con 2 % de adición (8.46 %). Estos resultados fueron necesarios para el cálculo del coeficiente de permeabilidad (K) para la determinación de la permeabilidad del concreto al agua.

4.1.3.2. PROFUNDIDAD DE PENETRACIÓN DE AGUA BAJO PRESIÓN DE MUESTRAS DE CONCRETO

Se presentan a continuación los resultados obtenidos del ensayo “Profundidad de Penetración de agua bajo presión” los cuales fueron realizados conforme lo indicado en la norma UNE-EN 12390-8 para los concretos elaborados con distintos porcentajes de polvo de algas marinas (0%, 0.5%, 1%, 1.5%, 2%).

Tabla 12

Profundidad media de penetración del concreto con 0%, 0.5%, 1%, 1.5% y 2% de adición de polvo de algas marinas

Descripción	Profundidad media de penetración (mm)
Concreto con 0% de polvo de algas marinas	34.6
Concreto con 0.5% de polvo de algas marinas	37.7
Concreto con 1% de polvo de algas marinas	22.2
Concreto con 1.5% de polvo de algas marinas	22.3
Concreto con 2% de polvo de algas marinas	14.8

Los resultados muestran que la incorporación del polvo de algas marinas redujo significativamente la profundidad de penetración de agua en el concreto a partir del 1 % de adición. Mientras el concreto sin adición alcanzó una penetración media de 34.6 mm, esta disminuyó progresivamente hasta 14.8 mm con un 2 % de adición, lo cuál representó un aumento del 57.23 %. Estos resultados

de por sí indican una mejora en la impermeabilidad del concreto, caso que será contrastado con el coeficiente de permeabilidad (K).

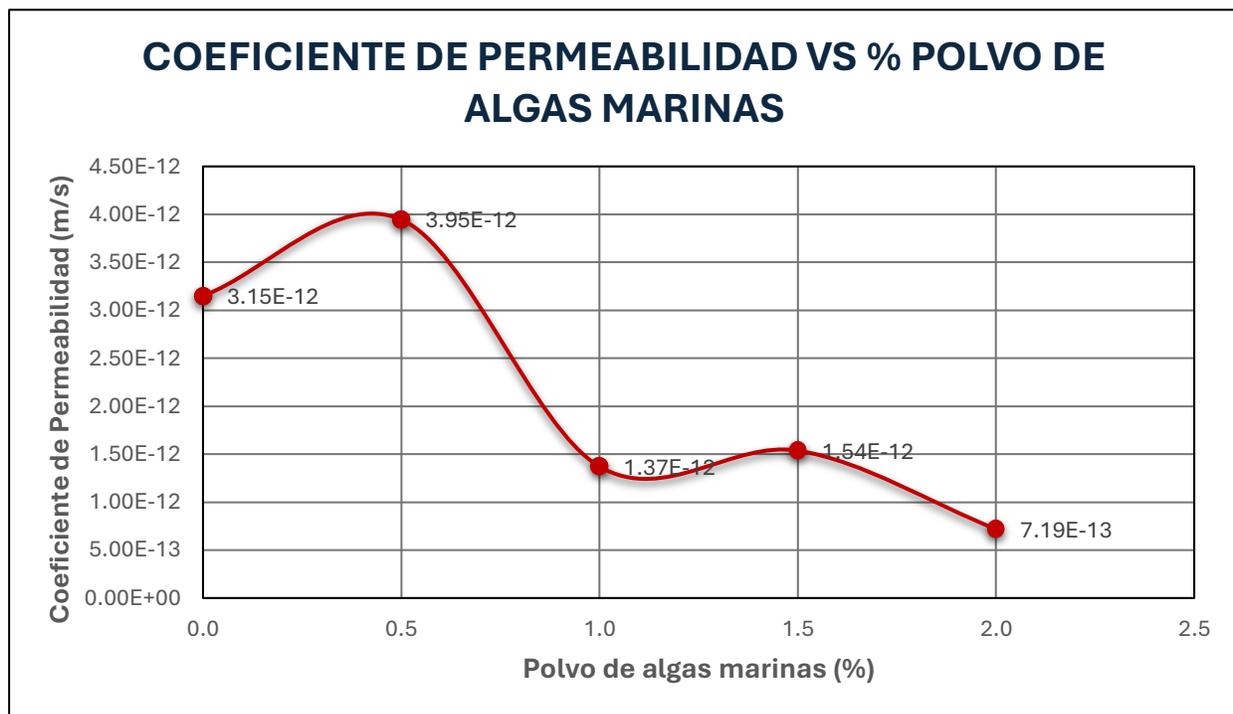
4.1.3.3. COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD (K) DE MUESTRAS DE CONCRETO

Calculada la profundidad media de penetración según lo establecido en la norma UNE-EN-12390-8, se procede a utilizar este valor en la ecuación de Valenta, para así poder obtener el coeficiente de permeabilidad (K), valor el cual nos permite medir de mejor manera la permeabilidad del concreto al agua, ya que mientras este valor sea menor, quiere decir que el concreto es menos permeable.

Los resultados del cálculo del coeficiente de permeabilidad (K) para las muestras de concreto se presenta en la Figura 22.

Figura 22

Coefficiente de Permeabilidad para cada porcentaje de adición de polvo de algas marinas (0%, 0.5%, 1%, 1.5% y 2%)



Podemos apreciar que el porcentaje de adición de polvo de algas marinas con el que se obtiene un mejor comportamiento en cuanto a la permeabilidad es el 2%, ya que en este punto el valor del coeficiente de permeabilidad es el más bajo. lo cual es indicativo de que se obtuvo un concreto menos permeable.

En el análisis de los resultados obtenidos en este estudio, se considera importante clasificar el coeficiente de permeabilidad del concreto para evaluar su comportamiento frente a la penetración de agua. La NTC 4483 nos brinda una tabla que clasifica la permeabilidad del concreto al agua en 3 categorías: alta, media y baja, las cuales dependerán del valor del coeficiente de permeabilidad obtenido. Dicha clasificación se puede observar en la Tabla 13.

Tabla 13

Tipo de permeabilidad según el valor del coeficiente de permeabilidad

Determinación	Unidades	Permeabilidad		
		Baja	Media	Alta
Coficiente de permeabilidad al agua	m/s	$< 10^{-12}$	10^{-12} a 10^{-10}	$> 10^{-10}$

Nota. Elaborado en base a la norma NTC 4483

A continuación, se presenta en la Tabla 14 los resultados obtenidos del coeficiente de permeabilidad (K) para cada concreto con los distintos porcentajes de adición polvo de algas marinas evaluados (0%, 0,5%, 1%, 1.5%, 2%) y su clasificación según la NTC 4483.

Tabla 14

Tipo de permeabilidad para cada concreto con porcentajes de 0%, 0.5%, 1%, 1.5% y 2% de polvo de algas marinas

Concreto	Coefficiente de permeabilidad (m/s)	Tipo de Permeabilidad
Concreto con 0% de polvo de algas marinas	3.15E-12	Media
Concreto con 0.5% de polvo de algas marinas	3.95E-12	Media
Concreto con 1% de polvo de algas marinas	1.37E-12	Media
Concreto con 1.5% de polvo de algas marinas	1.54E-12	Media
Concreto con 2% de polvo de algas marinas	7.19E-13	Baja

En cuanto al estudio de permeabilidad, se puede observar que el concreto con mejor desempeño, es decir, el menos permeable, corresponde al que tiene una adición del **2% de polvo de algas marinas** con un coeficiente de permeabilidad de 7.19×10^{-13} m/s, lo cual representa una disminución del 77.16% con respecto al coeficiente de permeabilidad del concreto sin adición de polvo de algas marinas. De acuerdo con esta clasificación, este concreto se clasifica como de **baja permeabilidad**.

4.1.4. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS: ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA)

Para contrastar la hipótesis planteada en la investigación la cual sostiene que la adición de polvo de algas marinas tiene una influencia significativa en la permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto, se realizó un análisis estadístico utilizando el análisis de varianza (ANOVA) de un solo factor. El factor independiente en este estudio fue el porcentaje de polvo de algas marinas (0%, 0.5%, 1%, 1.5%, 2%), y las variables dependientes fueron la resistencia a la compresión y la permeabilidad del concreto, para las cuáles se realizó un análisis ANOVA por separado para ambas.

Para la resistencia a la compresión:

- **Hipótesis nula (H_0):** No hay diferencia significativa en la resistencia a la compresión del concreto con la adición de diferentes porcentajes de polvo de algas marinas (0%, 0.5%, 1%, 1.5%, 2%).
- **Hipótesis alternativa (H_1):** La adición de diferentes porcentajes de polvo de algas marinas (0%, 0.5%, 1%, 1.5%, 2%) tiene un efecto significativo en la resistencia a la compresión del concreto.

A continuación, se presenta los datos obtenidos de la resistencia a la compresión del concreto para los distintos porcentajes de adición de polvo de algas marinas:

Tabla 15

Resultados de resistencia a la compresión para análisis de varianza (ANOVA)

Porcentaje de polvo de algas marinas	Resistencia a la compresión				
	Muestra	Muestra	Muestra	Muestra	Muestra
	1	2	3	4	5
0.0%	309	296	298	287	286
0.5%	292	302	302	295	297
1.0%	331	328	324	324	314
1.5%	315	311	302	305	311
2.0%	305	306	300	307	299

Con los datos ya organizado y con ayuda del software Excel y su herramienta para el análisis de datos, se obtuvo las siguientes tablas que muestran los resultados del Análisis de Varianza (ANOVA) para la resistencia a la compresión.

Tabla 16

Resumen de análisis de datos de resistencia a la compresión

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
0.0%	5	1476	295.2	87.7
0.5%	5	1488	297.6	19.3
1.0%	5	1621	324.2	41.2
1.5%	5	1544	308.8	27.2
2.0%	5	1517	303.4	13.3

Tabla 17
Análisis de varianza (ANOVA) para la resistencia a la compresión

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	2664.56	4	666.14	17.65	2.42E-06	2.87
Dentro de los grupos	754.8	20	37.74			
Total	3419.36	24				

El análisis ANOVA realizado para la resistencia a la compresión reveló un valor p de 2.42×10^{-6} . Dado que el valor p fue menor que el nivel de significancia de 0.05, se rechaza la hipótesis nula. Esto indica que existe una diferencia significativa en la resistencia a la compresión entre los diferentes porcentajes de polvo de algas marinas.

Para la permeabilidad:

- **Hipótesis nula (H_0):** No hay diferencia significativa en la permeabilidad del concreto con la adición de diferentes porcentajes de polvo de algas marinas (0%, 0.5%, 1%, 1.5%, 2%).
- **Hipótesis alternativa (H_1):** La adición de diferentes porcentajes de polvo de algas marinas (0%, 0.5%, 1%, 1.5%, 2%) tiene un efecto significativo en la permeabilidad del concreto.

A continuación, se presenta los datos obtenidos de la permeabilidad del concreto para los distintos porcentajes de adición de polvo de algas marinas:

Tabla 18
Resultados de permeabilidad para análisis de varianza (ANOVA)

Porcentaje de polvo de algas marinas	Permeabilidad		
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
0.0%	3.41E-12	3.65E-12	2.39E-12
0.5%	3.09E-12	3.23E-12	5.52E-12
1.0%	1.37E-12	1.14E-12	1.60E-12
1.5%	1.73E-12	1.22E-12	1.66E-12
2.0%	5.80E-13	7.30E-13	8.47E-13

Con los datos ya organizado y con ayuda del software Excel y su herramienta para el análisis de datos, se obtuvo las siguientes tablas que muestran los resultados del Análisis de Varianza (ANOVA) para la permeabilidad.

Tabla 19
Resumen de análisis de datos de permeabilidad

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
0.0%	3	9.45E-12	3.15E-12	4.44E-25
0.5%	3	1.18E-11	3.95E-12	1.87E-24
1.0%	3	4.11E-12	1.37E-12	5.30E-26
1.5%	3	4.61E-12	1.54E-12	7.48E-26
2.0%	3	2.16E-12	7.19E-13	1.79E-26

Tabla 20
Análisis de varianza (ANOVA) para la permeabilidad

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	2.18E-23	4	5.44E-24	11.034	0.0011	3.48
Dentro de los grupos	4.93E-24	10	4.93E-25			
Total	2.67E-23	14				

El análisis ANOVA realizado para la permeabilidad reveló un valor p de 0.0011. Dado que el valor p fue menor que el nivel de significancia de 0.05, se rechaza la hipótesis nula. Esto indica que existe una diferencia significativa en la permeabilidad entre los diferentes porcentajes de polvo de algas marinas.

Como se puede apreciar los resultados mostraron un **valor p de 2.42×10^{-6}** para la resistencia a la compresión y un **valor p de 0.0011** para la permeabilidad. Dado que ambos valores p fueron menores que el nivel de significancia de **0.05**, se rechazó la hipótesis nula, concluyendo que la adición de polvo de algas marinas **tiene una influencia significativa** tanto en la resistencia a la compresión como en la permeabilidad del concreto.

4.1.5. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN ENTRE LAS VARIABLES DE ESTUDIO

Con la finalidad de conocer la relación que existe entre las variables de estudio, principalmente entre la adición de los distintos porcentajes de polvo de algas marinas (0%, 0.5%, 1%, 1.5% y 2%) y sus efectos sobre las propiedades de permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto con una resistencia de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, se realizó un análisis correlacional mediante el uso del software Excel.

Para realizar el análisis correlacional, se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson (r), que mide la fuerza y la dirección de la relación lineal entre las variables. El valor de este coeficiente oscila entre -1 y 1, donde:

- r cercano a 1 indica una correlación positiva fuerte (ambas variables aumentan o disminuyen juntas).
- r cercano a -1 indica una correlación negativa fuerte (una variable aumenta mientras que la otra disminuye).
- r cercano a 0 sugiere ausencia de correlación (no hay una relación lineal significativa entre las variables).

En la Tabla 21 se presenta el resumen de los resultados obtenidos tanto de la resistencia a la compresión y permeabilidad por cada % de adición de polvo de algas marinas.

Tabla 21

Resultados de resistencia a la compresión y permeabilidad por cada porcentaje de polvo de algas marinas para análisis correlacional

% Polvo de algas marinas	Resistencia a la compresión (kg/cm²)	Permeabilidad (cm/s)
0.0%	295	3.15E-12
0.5%	298	3.95E-12

1.0%	324	1.37E-12
1.5%	309	1.54E-12
2.0%	303	7.19E-13

Con estos valores y procesando los resultados con ayuda de la herramienta “Análisis de Datos” de Excel se obtuvo los siguientes coeficientes de correlación de Pearson los cuales se muestran en la siguiente matriz de correlaciones en la Tabla 22.

Tabla 22

Matriz de correlaciones

	<i>% Polvo de algas marinas</i>	<i>Resistencia a la compresión (kg/cm²)</i>	<i>Permeabilidad (cm/s)</i>
<i>% Polvo de algas marinas</i>	1.000		
<i>Resistencia a la compresión (kg/cm²)</i>	0.372	1.000	
<i>Permeabilidad (cm/s)</i>	-0.854	-0.597	1.000

Con los valores obtenidos en la matriz de correlaciones, se puede inferir lo siguiente:

- **Correlación entre % de polvo de algas marinas y Resistencia a la compresión (r=0.372)**

Existe una correlación positiva débil a moderada entre el porcentaje de polvo de algas marinas y la resistencia a la compresión del concreto. Esto indica que, aunque hay una tendencia a que, a mayor porcentaje de polvo de algas marinas, mayor sea la resistencia a la compresión, la relación no es tan fuerte.

- **Correlación entre % de polvo de algas marinas y Permeabilidad (r = -0.854)**

Hay una correlación negativa fuerte entre el porcentaje de polvo de algas marinas y la permeabilidad del concreto. Esto significa que a medida que aumenta el porcentaje de

polvo de algas marinas, la permeabilidad del concreto disminuye, lo cual es deseable para mejorar la durabilidad del concreto (menos permeabilidad es mejor, ya que reduce el paso de agua y otros agentes dañinos).

- **Correlación entre Resistencia a la compresión y Permeabilidad ($r = -0.597$)**

Existe una correlación negativa moderada entre la resistencia a la compresión y la permeabilidad del concreto. Esto sugiere que a medida que aumenta la resistencia a la compresión, la permeabilidad tiende a disminuir. Este comportamiento es esperado, ya que los concretos más resistentes generalmente tienen una estructura más densa y, por lo tanto, menor permeabilidad.

4.2. DISCUSIÓN

- **Resistencia a la compresión del concreto**

Los resultados evidenciaron que la adición de polvo de algas marinas influye directamente en la resistencia a la compresión del concreto. Se observó un incremento progresivo de la resistencia conforme se aumentaba el porcentaje de adición hasta llegar al 1%, donde se alcanzó un valor máximo de 324 kg/cm² a los 28 días, lo que representa una mejora del 9.83% respecto al concreto sin adición (295 kg/cm²). Esta mejora podría explicarse por la acción de los compuestos químicos presentes en el polvo de algas, como los óxidos de sodio (Na₂O), potasio (K₂O), calcio (CaO) y magnesio (MgO), los cuales pueden intervenir en la reacción de hidratación del cemento y favorecer el desarrollo de productos de hidratación adicionales que refuercen la estructura del concreto.

No obstante, cuando la adición superó el 1%, se empezó a observar una reducción en la resistencia. Con una adición de 1.5% y 2%, los valores descendieron ligeramente, lo cual indica que existe un límite en el que los beneficios del polvo de algas se maximizan, y que

al superarlo, estos compuestos podrían interferir negativamente con la hidratación del cemento o generar una mayor cantidad de vacíos internos que debilitan la mezcla.

Este comportamiento es coherente con lo hallado en investigaciones previas. Por ejemplo, Murugappan y Muthadhi (2022) reportaron que la adición de alginato de alga marina al 8% incrementó la resistencia a la compresión en un 20%, pero al llegar al 10%, dicha resistencia empezó a disminuir. Asimismo, en la tesis de Cieza Santamaría y Martínez Torres (2023), se encontró que la incorporación de polvo de *Chondracanthus Chamissoi* mejoró la resistencia en un 13.54%, siendo el 2.5% el porcentaje óptimo para resistencia a la compresión. Aunque los porcentajes de óptimo varían, todos los estudios coinciden en que existe un límite en la cantidad de adición que mejora el desempeño mecánico del concreto.

- **Permeabilidad del concreto**

La segunda parte del estudio analizó la influencia del polvo de algas marinas en la permeabilidad del concreto al agua. Para ello, se evaluaron tres parámetros: porcentaje de vacíos, profundidad de penetración de agua y coeficiente de permeabilidad (K).

En cuanto al porcentaje de vacíos, se observó un incremento gradual conforme se aumentaba la adición de polvo de algas: de 6.91% (sin adición) hasta 8.46% (con 2% de adición). Este comportamiento sugiere una mayor porosidad total en la mezcla, aunque no necesariamente una mayor conectividad entre poros.

Sin embargo, la profundidad de penetración de agua bajo presión disminuyó de forma importante con la adición de polvo. Mientras que la mezcla sin adición presentó una penetración media de 34.6 mm, la mezcla con 2% de adición alcanzó solo 14.8 mm. Esto

indica una reducción del 57.23% en la profundidad de penetración, lo cual mejora notablemente la capacidad del concreto para resistir el ingreso de agua.

El coeficiente de permeabilidad (K), calculado mediante la fórmula de Valenta, confirmó estos resultados. El concreto sin adición presentó un coeficiente alto, mientras que la mezcla con 2% de polvo de algas obtuvo el valor más bajo: 7.19×10^{-13} m/s, lo que representa una reducción del 77.16% respecto al concreto convencional. De acuerdo con la clasificación de la NTC 4483, este valor ubica al concreto en la categoría de “baja permeabilidad”, lo cual es deseable en estructuras expuestas al agua o a ambientes agresivos.

Este hallazgo también coincide con estudios previos como el de Katman et al. (2022), quienes al incorporar ceniza de paja de trigo lograron reducir la profundidad de penetración de agua de 23 mm a 14.86 mm, gracias a una microestructura más densa y menos permeable. Asimismo, Linares Herrera (2023) identificó que la adición de cenizas de algas marinas en un 4% mejoraba tanto la resistencia como la impermeabilidad del concreto.

- **Relación entre resistencia a la compresión y permeabilidad**

El análisis estadístico arrojó una correlación positiva moderada ($r = 0.372$) entre la adición de polvo de algas marinas y la resistencia a la compresión. Esto indica que, aunque existe un efecto favorable, éste no es determinante. Por otro lado, se identificó una correlación negativa fuerte ($r = -0.854$) entre la adición de polvo y la permeabilidad, lo que significa que al aumentar la cantidad de polvo, la permeabilidad disminuye de manera importante.

También se observó una correlación negativa moderada ($r = -0.597$) entre la resistencia a la compresión y la permeabilidad, lo cual es consistente con lo que se conoce del

comportamiento del concreto: mientras mayor resistencia tenga, menor será su capacidad para dejar pasar agua, ya que una estructura interna más densa limita el paso de líquidos.

- **Implicancias de los resultados y comparación general con antecedentes**

Los resultados obtenidos en esta investigación respaldan la hipótesis de que el polvo de algas marinas puede utilizarse como aditivo mineral en el concreto, ya que mejora propiedades clave como la resistencia a la compresión y la impermeabilidad. Además, su uso puede representar una alternativa sostenible y económica, considerando que las algas marinas son abundantes, renovables y de bajo costo.

En comparación con estudios anteriores, la presente investigación coincide en identificar un porcentaje óptimo de adición que maximiza los beneficios. La ventaja de esta tesis radica en que se evaluaron simultáneamente dos propiedades críticas del concreto: resistencia y permeabilidad, ofreciendo una visión más completa de los efectos del polvo de algas marinas sobre el desempeño del material.

Finalmente, se recomienda continuar con estudios que evalúen el comportamiento a largo plazo del concreto con adición de polvo de algas marinas, especialmente en condiciones de exposición real a agentes agresivos. Asimismo, sería valioso investigar cómo interactúa este aditivo con otros materiales suplementarios, como ceniza volante, escoria de alto horno o fibras sintéticas, para desarrollar concretos con características mejoradas en durabilidad, resistencia y sostenibilidad.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y

RECOMENDACIONES

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La hipótesis del estudio fue aceptada demostrando que la adición de polvo de algas marinas influye de manera significativa tanto en la resistencia a la compresión como en la permeabilidad del concreto al agua.
- Los ensayos de Difracción de Rayos X (DRX) en conjunto con el ensayo de Fluorescencia de Rayos X (FRX) han permitido identificar una composición mineralógica compleja en el polvo de algas marinas, destacando la alta presencia de los siguientes compuestos: NaCl (Cloruro de Sodio, 38.40%), K₂O (Óxido de Potasio, 27.76%) y Na₂O (Óxido de Sodio, 21.40%), lo que indica una alta concentración de sales y óxidos alcalinos. También se llegó a identificar la presencia de MgO (Óxido de magnesio, 6.11%) y CaO (Óxido de calcio, 3.45%), compuestos que son conocidos por sus propiedades de mejora en la resistencia mecánica y la durabilidad del concreto.
- Los resultados mostraron que el porcentaje de 1% de polvo de algas marinas en el concreto fue el más efectivo para mejorar la resistencia a la compresión. A este porcentaje, el concreto alcanzó una mejora del 9.83% en comparación con el concreto sin adición de polvo de algas marinas, alcanzando una resistencia de 324 kg/cm² a los 28 días de curado. Con los porcentajes más elevados (1.5% y 2%) se aprecia que la resistencia comenzó a bajar con respecto a la resistencia máxima alcanzada con el porcentaje de 1% de polvo de algas marinas, lo cual sugiere que de seguir añadiendo porcentajes más elevados la resistencia podría seguir disminuyendo aún más. Este descenso sugiere que la adición excesiva de algas marinas podría interferir con la hidratación del cemento o alterar las propiedades de la mezcla, lo que afecta negativamente la resistencia.

- El análisis de la permeabilidad reveló que el porcentaje de 2% de polvo de algas marinas produjo el mayor efecto en la reducción de la permeabilidad del concreto, alcanzando un coeficiente de permeabilidad de 7.19×10^{-13} m/s, lo que representa una disminución del 77.16% en comparación con el concreto sin adición. Este comportamiento es particularmente importante para la durabilidad del concreto, ya que la menor permeabilidad implica una mayor resistencia al paso de agua y agentes agresivos, lo que favorece la longevidad de los elementos estructurales de cimentación.
- El análisis correlacional indicó que existe una relación positiva débil a moderada entre el porcentaje de polvo de algas marinas y la resistencia a la compresión ($r = 0.372$). Aunque esta relación no es fuerte, sugiere que la adición de polvo de algas marinas tiene un efecto positivo en la resistencia a la compresión. En cuanto a la permeabilidad, la correlación negativa fuerte ($r = -0.854$) entre el porcentaje de polvo de algas marinas y la permeabilidad del concreto demuestra que, a medida que aumenta el porcentaje de adición de polvo de algas marinas, la permeabilidad disminuye de forma significativa, lo cual es deseable para mejorar la durabilidad del concreto. Por otro lado, la correlación negativa moderada ($r = -0.597$) entre la resistencia a la compresión y la permeabilidad sugiere que los concretos más resistentes tienen, en general, menor permeabilidad, lo que es una característica esperada en materiales más densos y compactos.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda explorar el impacto de adiciones superiores al 2% de polvo de algas marinas para evaluar si es posible mejorar aún más la resistencia a la compresión y reducir la permeabilidad alterando lo menos posible la trabajabilidad del concreto.

- Se recomienda llevar a cabo investigaciones a largo plazo para analizar cómo la adición de polvo de algas marinas influye en la resistencia a la compresión y permeabilidad del concreto durante un mayor período de tiempo, especialmente a lo largo de ciclos de carga, humedad y envejecimiento.
- Se sugiere poder ampliar la investigación a futuros investigadores para evaluar cómo la adición de polvo de algas marinas influye en otras propiedades del concreto, como la resistencia al ataque químico, la resistencia al desgaste o la absorción de agua, para obtener una visión más completa de su desempeño en aplicaciones estructurales.
- Es aconsejable estudiar la variabilidad de las propiedades de las algas marinas según su origen (por ejemplo, las diferencias entre algas rojas, verdes y pardas) para determinar cuál tipo de alga ofrece los mejores resultados en términos de mejora de la permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS

BIBLIOGRÁFICAS

CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto, F. (2009). *Tecnología del concreto*. Lima, Perú: San Marcos.
- Aldave, A. (1989). *Algas*. Trujillo: Editorial Libertad E.I.R.L.
- Awasthi, A. K. (2015). *Textbook of Algae*. Nueva Delhi, India: Vikas Publishing House PVT LTD.
- Carbajal, P., Gamarra, A., Arakaki, N., Gil-Kodaka, P., & Ramirez, M. (2019). *Guía para el reconocimiento en campo de las macroalgas del Callao*. Callao, Perú: Instituto del Mar del Perú.
- Cieza, L., & Martinez, R. (2023). *Influencia del polvo alga marina Chondracanthus Chamissoi usado*. Lambayeque: Universidad Cesar Vallejo.
- Flores, M. (2021). *Influencia de las cenizas de algas marinas en las propiedades mecánicas de un concreto 210 kg/cm² en la ciudad de Ilo – 2021*. (Tesis de pregrado), Universidad César Vallejo, Lima, Perú.
- Graham, L. E., Graham, J. M., & Wilcox, L. W. (2009). *Algae* (Segunda ed.). San Francisco, Estados Unidos: Pearson.
- Gutiérrez de López, L. (2003). *El concreto y otros materiales para la construcción*. Manizales, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Hernández, E., Cano, P., & Torres, A. (2016).
Influence of cactus mucilage and marine brown algae extract on the compressive strength and durability of concrete. *Materiales de Construcción*, 66(321). doi:10.3989/mc.2016.07514
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mexico: McGraw-Hill.
- Katman, H. Y., Kha, W. J., Bheel, N., Kirgiz, M., Kumar, A., Khatib, J., & Benjeddou, O. (2022). Workability, Strength, Modulus of Elasticity, and Permeability Feature of Wheat Straw Ash-Incorporated Hydraulic Cement Concrete. *Buildings*, 1363.
- Kosmatka, S., Kerkhoff, B., Panarese, W., & Tanesi, J. (2004). *Diseño y control de mezclas de concreto*. Skokie, EE.UU: PCA.

- Llargués, J. (2023). *La farmacia del mar. Algas y agua de mar: Propiedades, recetas y remedios caseros*. Barcelona: RBA Integral.
- M. Neville, A. (1999). *Tecnología del concreto. Ira Edición*. Ciudad de México, México: Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C.
- Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. (1985). *Concreto. estructura, propiedades y materiales*. California, Estados Unidos: IMCYC.
- Mobasher, B. (2008). USA-concrete construction industry-cement based materials and civil infrastructure. *CBM-CI International Workshop*, 73-90.
- Murugappan, V., & Muthadhi, A. (2024). Investigating the Sway of Marine Brown Seaweed Gel. *Journal of Mines, Metals and Fuels*, 9(2), 1013-1023.
- Orozco, M., Avila, Y., Restrepo, S., & Parody, A. (2018). Factores influyentes en la calidad del concreto: una encuesta a los actores relevantes de la industria del hormigón. *Revista ingeniería de construcción*, 33(2), 161-172.
- Ortiz Tinta, M. L., & Pumayalla Briceño, M. (2022). Adición del mucilago de nopal para mejora de las propiedades físicas del concreto estructural en Nuevo Chimbote. (*Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil*). Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote, Perú.
- Ottazzi Pasino, G. (2011). *Diseño en Concreto Armado. 2da. Edición*. Lima, Perú: ACI Perú.
- Pasquel, E. (1998). *Tópicos de tecnología del concreto en el Perú*. Lima, Perú: Consejo Nacional del CIP.
- Peralta, L. (2019). *Influencia del polvo de algas marinas en las propiedades mecánicas del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ en Cañete, 2019*. (Tesis de pregrado), Universidad César Vallejo, Lima, Perú.
- Pimienta, J., & De la Orden, A. (2017). *Metología de la Investigación*. Mexico: Pearson.
- Ramasubramani, R., Praveen, R., & Sathyanarayanan, K. (2016). Study on the strength properties of marine algae concrete. *Rasayan Journal of Chemistry*, 9(4), 706-715. Obtenido de www.scopus.com

- Ramón Quiroz, I., & Aguirre Oré, R. (2021). Análisis de la permeabilidad en el concreto, con adiciones de vidrio reciclado molido en reemplazo parcial del cemento en Lima Metropolitana. (*Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil*). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.
- Real Academia Española. (1933-1936). *Diccionario histórico de la lengua española*. España.
- Rivva, E. (2000). *Naturaleza y materiales del concreto*. Lima, Perú: II Congreso Nacional de Estructuras y Construcción, Capítulo Peruano del ACI.
- Saldaña Cortez, E. A. (2016). Determinación y evaluación de las patologías del concreto armado en vigas, columnas y muro de albañilería del mercado Buenos Aires, distrito de Nuevo Chimbote, provincia del Santa, región Áncash, septiembre 2016. *Tesis para optar título profesional de Ingeniería Civil*. ULADECH, Nuevo Chimbote.
- Sánchez de Guzmán, D. (2001). *Tecnología del concreto y del mortero*. Bogotá, Colombia: Bhandar editores.
- Smith, G. M. (1955). *Cryptogamic Botany: Algae and Fungi* (Vol. I). Estados Unidos: McGraw-Hill.
- Vélez, L. M. (2010). Permeabilidad y Porosidad en Concreto. *TecnoLógicas*(25), 169-187. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=344234320010>

CAPÍTULO VII

ANEXOS

CAPÍTULO VII: ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

MATRIZ DE CONSISTENCIA				
TITULO	PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES
	PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE
	¿Cuál es la influencia de la adición de polvo de algas marinas en la permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto?	Evaluar la influencia de polvo de algas marinas en la permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto.	La adición de polvo de algas marinas tendrá una influencia significativa en la permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto.	Polvo de Algas Marinas VARIABLE DEPENDIENTE - Permeabilidad del concreto - Resistencia a la compresión del concreto
	PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICAS	
	¿Cuáles son las características físicas y composición mineralógica del polvo de algas marinas empleados en la investigación?	Determinar las características físicas y composición mineralógica del polvo de algas marinas a través del ensayo de Difracción de Rayos X (XRD)	El polvo de algas marinas contendrá una alta cantidad de sílice, calcio y otros elementos relevantes para el concreto, lo que podría mejorar la resistencia a la compresión y reducir la permeabilidad del concreto	-
“Influencia de polvo de algas marinas en la permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto en Nuevo Chimbote, Áncash.”	¿Cuál es el porcentaje de adición de polvo de algas marinas que permita mejorar la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ para elementos estructurales de cimentación, elaborado según la metodología del comité ACI 211.1?	Determinar el porcentaje de adición de polvo de algas marinas que permita mejorar la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ para elementos estructurales de cimentación, elaborado según la metodología del comité ACI 211.1, con diferentes porcentajes de adición (0%, 0.5%, 1%, 1.5%, y 2%).	El porcentaje óptimo de adición de polvo de algas marinas que se deberá emplear para obtener la máxima resistencia a la compresión del concreto es de 1.5%	-
	¿Cuál es el porcentaje de adición de polvo de algas marinas que permita reducir la permeabilidad del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ para elementos estructurales de cimentación, evaluado según la metodología indicada en la UNE-EN 12390-8?	Determinar el porcentaje de adición de polvo de algas marinas que permita reducir la permeabilidad del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ para elementos estructurales de cimentación, evaluado según la metodología indicada en la UNE-EN 12390-8, con diferentes porcentajes de adición (0%, 0.5%, 1%, 1.5%, y 2%).	El porcentaje óptimo de adición de polvo de algas marinas que se deberá emplear para obtener la mínima permeabilidad al agua del concreto es de 1%	-
	¿Cuál es el nivel de correlación de los diferentes porcentajes de polvo de algas marinas (0%, 0.5%, 1%, 1.5%, y 2%) y sus efectos en las propiedades de permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ para elementos de cimentación?	Determinar el nivel de correlación entre los diversos porcentajes de adición de polvo de algas marinas (0%, 0.5%, 1%, 1.5%, y 2%) y sus efectos en las propiedades de permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, utilizado en elementos estructurales de cimentación.	Existe una correlación positiva perfecta entre la adición de polvo de algas marinas y la mejora de las propiedades de permeabilidad y resistencia a la compresión.	-

ANEXO 2: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	
VARIABLE INDEPENDIENTE	Polvo de Algas Marinas	El polvo de algas marinas puede definirse como el residuo resultante de moler algas marinas, organismos que, según Graham, Graham y Wilcox (2009), conforman un grupo diverso que abarca desde pequeñas células individuales hasta enormes algas marinas, perteneciendo a diferentes líneas evolutivas. Estas algas, caracterizadas principalmente por sus atributos ecológicos, son mayormente especies fotosintéticas que producen oxígeno y habitan en ambientes acuáticos. De esta manera, el polvo de algas marinas conserva las propiedades ecológicas de las algas originales al ser trituradas hasta obtener partículas muy menudas (RAE).	Se reconoció en campo las algas marinas a utilizar determinando sus características físicas y posteriormente su composición mineralógica mediante el ensayo de Difracción de Rayos X (XRD) en un laboratorio. Se adicionó el polvo de algas marinas al concreto patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ en porcentajes de 0%, 0.5%, 1%, 1.5% y 2%	Adición de 0.5% de polvo de algas marinas	Porcentaje de adición de polvo de algas marinas	Balanzas de precisión para medir con exactitud el peso del polvo de algas marinas adicionado.
				Adición de 1% de polvo de algas marinas		
				Adición de 1.5% de polvo de algas marinas		
				Adición de 2% de polvo de algas marinas		
			Características físicas y composición mineralógica	Difracción de Rayos X (XRD)	Difractómetro de rayos X	
VARIABLE DEPENDIENTE	Permeabilidad del concreto	Capacidad del concreto, al igual que en cualquier otro material, para permitir el paso de un fluido (agua, aire, vapor de agua) a través de él debido a una disparidad de presión entre las dos superficies opuestas del material. (Sánchez De Guzmán, 2001).	La determinación de la permeabilidad del concreto al agua se realizó conforme a las indicaciones de la norma UNE-EN 12390-8 titulada "Profundidad de penetración de agua bajo presión". Los resultados de este ensayo permitirán el cálculo del coeficiente de permeabilidad (K). La relación entre el nivel de permeabilidad del concreto se establecerá en función al coeficiente de permeabilidad.	Profundidad de penetración del agua al concreto	Medición de la profundidad media de penetración	Equipo de ensayo según la norma UNE-EN 12390-8
	Resistencia a la Compresión del concreto	La resistencia a la compresión del concreto se refiere a la capacidad del material para resistir la carga máxima por unidad de área antes de presentar una falla por compresión, la cual puede manifestarse a través de fenómenos como agrietamiento o rotura. (Abanto Castillo, 2009).	La resistencia a la compresión del concreto se determinó mediante ensayos de compresión en cilindros con dimensiones específicas y curados durante 7, 14 y 28 días, según las pautas de la norma (NTP 339.034) "Método de ensayo estandarizado para evaluar la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas".	Resistencia a la compresión del concreto a los 7 días	Fuerza máxima soportada por la muestra antes de fracturarse	Equipo de ensayo según la norma NTP 339.034
Resistencia a la compresión del concreto a los 14 días						
Resistencia a la compresión del concreto a los 28 días						

ANEXO 3: PROCEDIMIENTOS DE ENSAYOS REALIZADOS

PREPARACIÓN DE POLVO DE ALGAS MARINAS

Para la preparación del polvo de algas marinas empleado en la presente investigación, se siguió el siguiente procedimiento:

1. Adquisición de materia prima

Las algas marinas del tipo cochayuyo, también conocidas como yuyo o mococho (nombre científico *Chondracanthus chamissoi*), fueron adquiridas en el mercado minorista de productos hidrobiológicos ubicado en el muelle de Chimbote. La compra se realizó en lotes de 20 kg, acorde a la capacidad de la secadora de bandejas utilizada en el proceso.

2. Lavado

Una vez obtenidas, las algas fueron lavadas cuidadosamente para eliminar impurezas, residuos de sal y arena.

3. Transporte y recepción

Las algas limpias fueron trasladadas a la Universidad Nacional del Santa, específicamente al Instituto de Investigación Tecnológico Agroindustrial (IITA), lugar donde se llevó a cabo su procesamiento.

4. Secado

Las algas se distribuyeron uniformemente sobre bandejas de la secadora, colocando previamente mallas sobre las bandejas para evitar que se adhieran durante el proceso de secado.

El secado se realizó a una temperatura constante de 60 °C durante un período aproximado de 24 horas.

Tras el secado, las algas adquirieron una consistencia rígida y formas puntiagudas, lo que dificultaba su paso inmediato al molino. Por ello, fue necesario fragmentarlas manualmente

en piezas más pequeñas, utilizando presión mecánica (aplastado manual), para facilitar su ingreso al molino de martillos.

5. Molido y pulverización

Las algas previamente fragmentadas fueron introducidas en un molino de martillos, obteniéndose un polvo fino de alga marina.

6. Tamizado

El polvo obtenido fue tamizado utilizando una malla N° 100, con el fin de garantizar un tamaño de partícula uniforme y adecuado para su uso como aditivo en las mezclas de concreto.

7. Rendimiento

El rendimiento aproximado fue de 0.5 kg de polvo de algas marinas por cada tanda de 20 kg de algas frescas procesadas.

Nota: El total de polvo de algas marinas requerido para el desarrollo de todos los ensayos fue de aproximadamente 2 kg.

MUESTREO PARA MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Este ensayo se realizó según la norma ASTM D75 / NTP 400.010.

a. Muestra:

Según lo establecido en la norma, el muestreo de agregados puede realizarse bajo cuatro métodos distintos, en función de la disposición del material:

- Muestreo de flujos de corrientes de agregados (Descarga de depósitos o cintas)
- Muestreo de fajas transportadoras
- Muestreo de depósitos o unidades de transporte
- Muestreo de carreteras (bases y sub-bases)

En la presente investigación, se realizó el muestreo de depósitos o unidades de transporte, específicamente en pilas de almacenamiento de la cantera Chero, correspondiente al tercer método mencionado.

b. Procedimiento

El muestreo se realizó directamente en la cantera Chero, lugar de procedencia de los agregados empleados en la investigación. Se seleccionaron porciones de material desde distintos puntos de la pila de almacenamiento (superior, medio y base) con el fin de obtener una muestra representativa.

Con ayuda de una pala se comenzó a llenar el material en sacos limpios, la cantidad de material requerida para los ensayos de agregados se determinó en función de la siguiente tabla:

Tabla 23*Pesos mínimos requeridos para muestra de campo*

Tamaño máximo nominal del agregado	Masa mínima aproximada para la muestra de campo kg
Agregado fino	
2.36 mm	10
4.76 mm	10
Agregado Grueso	
9.5 mm	10
12.5 mm	15
19.0 mm	25
25.0 mm	50
37.5 mm	75
50.00 mm	100
63.00 mm	125
75.00 mm	150
90.00 mm	175

Nota. Tomado de la norma NTP 400.010

Cabe resaltar que las masas de muestra de campo presentadas en la tabla son tentativas, ya que, en caso de necesitar más material por la cantidad de ensayos a realizar, estos pesos pueden ser ajustados. Para nuestro caso llevamos aproximadamente 25 kilogramos de agregado grueso como de agregado fino

Una vez lleno los sacos con el material correspondiente, estos fueron trasladados al laboratorio de la Universidad en condiciones que evitaran la pérdida de humedad o contaminación.

Se redujo su volumen mediante el método de cuarteo hasta alcanzar la cantidad requerida para los ensayos de laboratorio, manteniendo siempre la representatividad del material.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS

Este ensayo se realizó según la norma ASTM C136 / NTP 400.012.

a. Materiales y Equipos

- Juego de tamices normalizados:

Para agregado fino: Tamices con aberturas de 3/8", N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100, N° 200 y fondo.

Para agregado grueso: Tamices con aberturas de 1", 3/4", 1/2", 3/8", N° 4 y fondo.

- Balanza con sensibilidad mínima de 0.1 g o 0.1 % del peso de la muestra.
- Cepillo de cerdas suaves.
- Horno capaz de mantener 110 ± 5 °C para secado de muestras.
- Bandejas para pesar muestras.

b. Muestra

La muestra se redujo por cuarteo manual, la cual fue previamente secada en horno a temperatura 110 ± 5 °C hasta peso constante.

Los pesos utilizados para el ensayo fueron según lo establece la normativa:

- *Agregado fino:* Mínimamente 300 gramos.
- *Agregado grueso:* Peso mínimo según la siguiente tabla.

Tabla 24*Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso*

Tamaño Máximo Nominal		Cantidad mínima de muestra de ensayo
mm	pulg	Kg
9.5	3/8	1
12.5	1/2	2
19.0	3/4	5
25.0	1	10
37.5	1 1/2	15
50.0	2	20
63.0	2 1/2	35
75.0	3	60
90.0	3 1/2	100
100.0	4	150
125.0	5	300

Nota. Tomado de la norma NTP 400.012

c. Procedimiento

Para realizar el análisis granulométrico, se utilizó muestra de agregado previamente secada en horno a 110 ± 5 °C hasta peso constante. Una vez fría, se pesó la muestra seca y se registró su peso total.

Se colocaron los tamices en orden decreciente de abertura y se vertió la muestra sobre el tamiz superior. El conjunto de tamices se agitó de forma manual, durante el tiempo necesario para lograr una separación adecuada de las partículas.

Luego, se pesó el material retenido en cada tamiz y se calculó el porcentaje retenido y el porcentaje que pasa en cada uno, con respecto al peso total de la muestra. Finalmente, se elaboró la curva granulométrica graficando el porcentaje que pasa en función del tamaño de las aberturas de los tamices.

Agregado Fino:

El agregado fino debe cumplir con los límites establecidos por la NTP 400.037, los cuales están establecidos en la siguiente Tabla.

Tabla 25

Límites de gradación del agregado fino

Tamiz	Porcentaje que pasa
9.5 mm (3/8")	100
4.75 mm (N°4)	95 a 100
2.36 mm (N°8)	80 a 100
1.18 mm (N°16)	50 a 85
600 µm (N°30)	25 a 60
300 µm (N°50)	5 a 30
150 µm (N°100)	0 a 10

Nota. Tomado de la norma NTP 400.037

El agregado fino ensayado cumplió con los requerimientos granulométricos de la norma, y a continuación se presenta su análisis granulométrico como la curva granulométrica obtenidas.

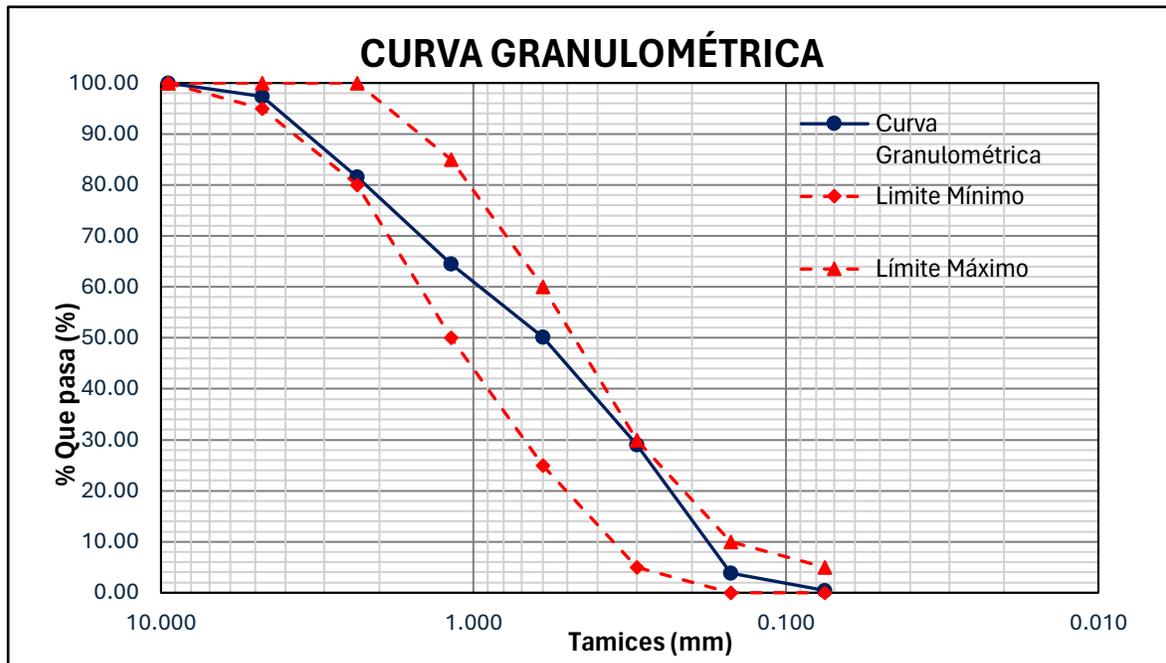
Tabla 26

Análisis granulométrico del agregado fino

Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Límites NTP 400.037	
						Mínimo	Máximo
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
N°4	4.750	26.20	2.62	2.62	97.38	95	100
N°8	2.360	158.70	15.87	18.49	81.51	80	100
N°16	1.180	169.90	16.99	35.48	64.52	50	85
N°30	0.600	143.90	14.39	49.87	50.13	25	60
N°50	0.300	211.50	21.15	71.02	28.98	5	30
N°100	0.150	251.00	25.10	96.12	3.88	0	10
N°200	0.075	34.30	3.43	99.55	0.45	0	5
Fondo	-	4.50	0.45	100.00	0.00		
Total		1000.00	100.00				

Figura 23

Curva granulométrica del agregado fino



Agregado Grueso:

El agregado grueso debe cumplir con los límites establecidos por la NTP 400.037, según el huso especificado. El huso con el que se trabajó en la investigación fue el huso 7 cuyos límites se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 27

Límites de gradación (Huso 7)

Tamiz	Porcentaje que pasa
19 mm (3/4")	100
12.5 mm (1/2")	90 a 100
9.5 mm (3/8")	40 a 70
4.75 mm (N°4)	0 a 15
2.36 mm (N°8)	0 a 5

Nota. Tomado de la norma NTP 400.037

El agregado grueso ensayado cumplió con los requerimientos granulométricos de la norma, y a continuación se presenta su análisis granulométrico como la curva granulométrica obtenidas.

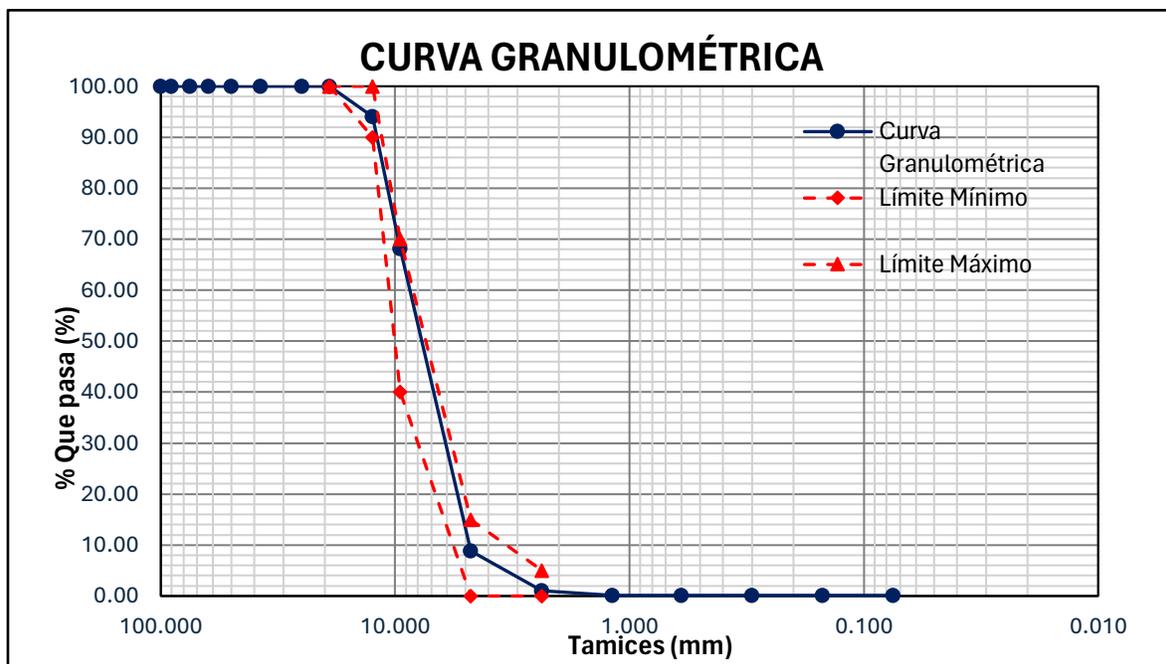
Tabla 28

Análisis granulométrico del agregado grueso

Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Límites Huso 7 NTP 400.037	
						Mínimo	Máximo
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	-	-
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1/2"	12.500	119.20	5.96	5.96	94.04	90	100
3/8"	9.500	518.30	25.92	31.88	68.13	40	70
N°4	4.750	1185.10	59.26	91.13	8.87	0	15
N°8	2.360	157.10	7.86	98.99	1.02	0	5
N°16	1.180	17.80	0.89	99.88	0.13	-	-
N°30	0.600	0.00	0.00	99.88	0.13	-	-
N°50	0.300	0.00	0.00	99.88	0.13	-	-
N°100	0.150	0.00	0.00	99.88	0.13	-	-
N°200	0.075	0.00	0.00	99.88	0.13	-	-
Fondo	-	2.50	0.13	100.00	0.00	-	-

Figura 24

Curva granulométrica del agregado grueso



Con el análisis granulométrico realizado tanto del agregado fino como del agregado grueso, se procedió a calcular el Módulo de Fineza de los agregados, el cual viene dado por la siguiente expresión:

$$MF = \frac{\sum \% \text{reten. acumulado (1 1/2" , 3/4" , 3/8" , N°4 , N° 8 , N°16 , N°30 , N°50 , N°100)}}{100}$$

Se obtuvo de esta manera los siguientes módulos de fineza:

- MF Agregado Fino = 2.74
- MF Agregado Grueso = 6.21

CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Este ensayo se realizó según la norma ASTM C566 / NTP 339.185

a. Materiales y Equipos

- Balanza con precisión mínima de 0.1 g o 0.1 % del peso de la muestra.
- Recipientes resistentes al calor (Taras metálicas).
- Horno capaz de mantener 110 ± 5 °C.

b. Muestra

Las muestras para cada tipo de agregado fueron realizadas por cuarteo manual. La muestra representativa no fue menor que el peso establecido por la siguiente tabla.

Tabla 29

Tamaño de muestra del agregado para contenido de humedad

Tamaño máximo nominal de agregado mm (pulgada)	Masa mínima de la muestra de agregado de peso normal en Kg
4.75 (0.187) (N°4)	0.5
9.5 (3/8)	1.5
12.5 (1/2)	2.0
19.0 (3/4)	3.0
5.0 (1)	4.0
37.5 (1 1/2)	6.0
50.0 (2)	8.0
63.0 (2 1/2)	10.0
75.0 (3)	13.0
90.0 (3 1/2)	16.0
100.0 (4)	25.0
150 (6)	50.0

Nota. Tomado de la norma NTP 339.185

c. Procedimiento

Se tomó una muestra representativa del agregado y se pesó en estado húmedo (peso húmedo).

La muestra se colocó en una bandeja metálica y se introdujo en el horno a 110 ± 5 °C hasta alcanzar peso constante, asegurando que toda el agua libre se haya evaporado.

Una vez seca, se dejó enfriar la muestra a temperatura ambiente y se determinó su peso seco.

El contenido de humedad se calculó con la siguiente fórmula:

$$p = 100 (W - D)/D$$

Donde:

P = Contenido de humedad total evaporable de la muestra en porcentaje (%)

W = Masa de la muestra húmeda original en gramos (gr)

D = Masa de la muestra seca en gramos (gr)

Tabla 30

Resultado de ensayo de contenido de humedad del agregado fino

Contenido de Humedad				
Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
Peso del recipiente (gr)	28.58	28.10	27.80	
Peso del recipiente + muestra húmeda (gr)	92.51	90.90	96.76	
Peso del recipiente + muestra seca (gr)	92.28	90.66	96.53	
Peso de muestra húmeda (gr)	63.92	62.80	68.96	
Peso de muestra seca (gr)	63.69	62.56	68.73	
Peso de agua (gr)	0.23	0.24	0.22	
Contenido de Humedad (%)	0.36	0.38	0.32	0.36

Tabla 31
Resultado de ensayo de contenido de humedad del agregado grueso

Contenido de Humedad				
Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
Peso del recipiente (gr)	27.16	28.22	28.18	
Peso del recipiente + muestra húmeda (gr)	127.13	117.68	120.01	
Peso del recipiente + muestra seca (gr)	126.93	117.47	119.79	
Peso de muestra húmeda (gr)	99.97	89.46	91.82	
Peso de muestra seca (gr)	99.77	89.26	91.61	
Peso de agua (gr)	0.20	0.20	0.21	
Contenido de Humedad (%)	0.20	0.23	0.23	0.22

PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DE LOS AGREGADOS

Este ensayo se realizó según la norma ASTM C29 / NTP 400.017

a. Materiales y Equipos

- Recipiente cilíndrico metálico con volumen conocido
- Balanza con precisión mínima de 0.1 % del peso de la muestra.
- Varilla de compactación ($\frac{5}{8}$ " de diámetro y 24" de largo con punta redondeada).
- Regla metálica
- Pala de mano metálica.

b. Muestra

Las muestras para cada tipo de agregado fueron reducidas por cuarteo manual, previamente secada en horno a temperatura 110 ± 5 °C hasta peso constante. La muestra debe ser aproximadamente 125 a 200% de la cantidad requerida.

c. Procedimiento

Peso Unitario Suelto

Se limpió y secó el recipiente de medida con volumen conocido. Luego, se vertió el agregado cuidadosamente a una altura no mayor de 50 mm (2") dentro del recipiente sin agitar, compactar ni golpear las paredes, para no alterar la condición suelta del material.

Una vez lleno el recipiente, se niveló la superficie superior utilizando una regla metálica, retirando el exceso sin presionar.

Se pesó el recipiente lleno y, restando el peso del recipiente vacío, se obtuvo el peso del agregado en estado suelto.

Finalmente, se calculó el peso unitario suelto con la fórmula:

$$PUS = \frac{(G - T)}{V}$$

Donde:

PUS = Peso unitario suelto del agregado en kg/m^3

G = Peso del recipiente más el agregado en kg

T = Peso del recipiente en kg

V = Volumen del recipiente en m^3

Tabla 32

Resultados de ensayo de PUS del agregado fino

Peso Unitario Suelto				
Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
Peso del molde (gr)	4530.00	4530.00	4530.00	
Volumen del molde (cm^3)	2831.68	2831.68	2831.68	
Peso del molde + muestra suelta (gr)	9060.00	9170.00	9125.00	
Peso de la muestra suelta	4530.00	4640.00	4595.00	
Peso unitario suelto (kg/m^3)	1599.76	1638.60	1622.71	1620.36

Tabla 33

Resultado de ensayo de PUS del agregado grueso

Peso Unitario Suelto				
Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
Peso del molde (gr)	4530.00	4530.00	4530.00	
Volumen del molde (cm^3)	2831.68	2831.68	2831.68	
Peso del molde + muestra suelta (gr)	8620.00	8625.00	8650.00	
Peso de la muestra suelta	4090.00	4095.00	4120.00	
Peso unitario suelto (kg/m^3)	1444.37	1446.14	1454.97	1448.49

Peso Unitario Compactado

Se colocó el agregado en el recipiente en tres capas aproximadamente iguales. Cada capa se compactó con 25 golpes uniformemente distribuidos utilizando una varilla metálica de 5/8" de diámetro y punta redondeada, evitando que la varilla golpee el fondo del recipiente en la compactación de la primera capa, y en las otras capas tratando de que la varilla atravesase solamente la capa respectiva.

Después de compactar la tercera capa, se niveló la superficie con la varilla, sin presionar el agregado.

Se pesó el recipiente lleno y, restando el peso del recipiente vacío, se obtuvo el peso del agregado compactado.

El peso unitario compactado se calculó con la siguiente fórmula:

$$PUC = \frac{(G - T)}{V}$$

Donde:

PUC = Peso unitario compactado del agregado en kg/m³

G = Peso del recipiente más el agregado en kg

T = Peso del recipiente en kg

V = Volumen del recipiente en m³

Tabla 34
Resultado de ensayo de PUC del agregado fino

Peso Unitario Compactado				
Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
Peso del molde (gr)	4530.00	4530.00	4530.00	
Volumen del molde (cm ³)	2831.68	2831.68	2831.68	
Peso del molde + muestra suelta (gr)	9500.00	9545.00	9560.00	
Peso de la muestra suelta	4970.00	5015.00	5030.00	
Peso unitario suelto (kg/m³)	1755.14	1771.03	1776.33	1767.50

Tabla 35
Resultado de ensayo de PUC del agregado grueso

Peso Unitario Compactado				
Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
Peso del molde (gr)	4530.00	4530.00	4530.00	
Volumen del molde (cm ³)	2831.68	2831.68	2831.68	
Peso del molde + muestra suelta (gr)	9120.00	9165.00	9190.00	
Peso de la muestra suelta	4590.00	4635.00	4660.00	
Peso unitario suelto (kg/m³)	1620.95	1636.84	1645.67	1634.48

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO

Este ensayo se realizó según la norma ASTM C128 / NTP 400.022

a. Materiales y Equipos

- Frasco volumétrico de 500 cm³, calibrado hasta 0.1 cm³ a 20 °C
- Molde cónico metálico de 40 ± 3 mm de diámetro interior en su base menor, 90 ± 3 mm de diámetro interior en una base mayor y 75 ± 3 mm de altura
- Balanza con precisión mínima de 0.1 g.
- Horno capaz de mantener temperatura de 110 ± 5 °C.
- Varilla para apisonado, metálica, recta.

b. Muestra

Para la preparación de la muestra se redujo el agregado fino por cuarteo manual, hasta obtener aproximadamente 1 kg, el cual posteriormente es secado en el horno a temperatura 110 ± 5 °C.

Posteriormente ya secado el agregado fino obtenido por cuarteo, se procede a colocar en un recipiente y se cubre con agua por 24 horas. Luego se escurre el exceso de agua y se extiende sobre una superficie plana, exponiéndolo a aire tibio (para nuestro caso se usó una secadora) y removiéndolo frecuentemente hasta evitar que las partículas se adhieran entre sí.

Para verificar si el agregado fino ha alcanzado la condición de superficie seca (SSS), se coloca el agregado en un molde cónico y con la varilla se apisona con 25 golpes suaves y se retira el molde.

Si el cono mantiene su forma, aún tiene humedad libre y requiere más secado, esto hasta que el cono se derrumbe al quitar el molde, lo que indica que el agregado ha alcanzado la condición de superficie seca.

c. Procedimiento

Se introdujo una muestra de 500 g de la muestra preparada en el frasco y se llenó parcialmente con agua a 23 ± 2 °C. El frasco se agitó manualmente, rodándolo e invirtiéndolo durante aproximadamente 15 a 20 minutos, para eliminar todas las burbujas de aire.

Después de eliminar las burbujas, se ajustó la temperatura del contenido a 23 ± 2 °C y se completó el llenado del frasco hasta su capacidad calibrada. Se determinó el peso total del frasco con agua y agregado.

Finalmente, se retiró el agregado del frasco, se secó en horno a 110 ± 5 °C hasta peso constante, se dejó enfriar a temperatura ambiente por aproximadamente 1 hora y se registró su peso.

Con los datos tomados procedemos a realizar los cálculos correspondientes para el cálculo del peso específico y absorción del agregado fino:

Peso específico:

$$Pe = A/(B + S - C)$$

Donde:

Pe = Peso específico o densidad relativa.

A = Peso de la muestra secada al horno en g.

B = Peso del picnómetro lleno con agua hasta nivel de calibración en g.

S = Peso de la muestra en condición SSS en g.

C = Peso del picnómetro con la muestra y agua hasta nivel de calibración en g.

Absorción:

$$Ab = \frac{S - A}{A} \times 100$$

Donde:

Ab = Absorción en %

Tabla 36

Resultado de ensayo de peso específico y absorción del agregado fino

Peso Específico - Absorción

Descripción	Muestra
Peso de la muestra saturada superficialmente seca (gr)	500.00
Peso de muestra seca (gr)	497.50
Peso del picnómetro + agua (gr)	647.10
Peso del picnómetro + muestra saturada superficialmente seca + agua (gr)	952.00
Peso específico	2.55
Absorción (%)	0.50

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO

Este ensayo se realizó según la norma ASTM C127 / NTP 400.021

a. Materiales y Equipos

- Balanza con precisión de 0.5 g y capacidad mínima de 5 kg.
- Cesta con malla de alambre con abertura correspondiente al Tamiz N° 6 o menor
- Horno capaz de mantener temperatura de 110 ± 5 °C.
- Depósito de agua para sumergir la cesta
- Tamiz N° 4

b. Muestra

Se redujo el material por cuarteo manual, hasta obtener un peso siguiendo lo indicado en la siguiente Tabla, siguiendo la siguiente tabla. Se rechazó todo material que pasó por el Tamiz N° 4 (4.75 mm), por tamizado en seco y se procedió a lavar el agregado para eliminar polvos e impurezas en el agregado.

Tabla 37

Peso mínimo de la muestra para ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso

Tamaño máximo nominal mm (pulgada)	Peso mínimo de la muestra de ensayo kg (lb)
12.5 (1/2) o menos	2 (4.4)
19.0 (3/4)	3 (6.6)
25.0 (1)	4 (8.8)
37.5 (1 1/2)	5 (11)
50.0 (2)	8 (18)
63.0 (2 1/2)	12 (26)
75.0 (3)	18 (40)
90.0 (3 1/2)	25 (55)

100.0 (4)	40 (88)
112.0 (4 1/2)	50 (110)
125.0 (5)	75 (165)
150.0 (6)	125 (276)

Nota. Tomado de la norma NTP 400.021

c. Procedimiento

La muestra de agregado grueso se secó en horno a 110 ± 5 °C hasta peso constante y luego se dejó enfriar de 1 a 3 horas hasta alcanzar una temperatura cómoda al tacto (aproximadamente 50 °C).

Inmediatamente, se sumergió en agua a temperatura ambiente durante 24 ± 4 horas.

Tras el remojo, se retiró el agregado del agua y se hizo rodar sobre un paño absorbente para eliminar la película superficial de agua, cuidando de no dejar que el material se secase en exceso.

En este estado, se obtuvo el peso de la muestra en condición de saturado superficialmente seco (SSS).

Luego, se colocó la muestra SSS en una cesta de alambre y se determinó su peso sumergido en agua a 23 ± 1.7 °C, asegurándose de eliminar el aire atrapado mediante sacudidas suaves.

Finalmente, la muestra se secó nuevamente en horno a 100 ± 5 °C hasta peso constante, se dejó enfriar a temperatura ambiente y se registró su peso seco.

Con los datos tomados procedemos a realizar los cálculos correspondientes para el cálculo del peso específico y absorción del agregado grueso:

Peso específico:

$$Pe = A/(B - C)$$

Donde:

Pe = Peso específico o densidad relativa.

A = Peso de la muestra seca en el aire, en g.

B = Peso de la muestra saturada superficialmente seca (SSS) en el aire, en g.

C = Peso en el agua de la muestra saturada, en g.

Absorción:

$$Ab = \frac{B - A}{A} \times 100$$

Donde:

Ab = Absorción en %

Tabla 38

Resultado de ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso

Peso Específico - Absorción	
Descripción	Muestra
Peso de la muestra saturada superficialmente seca (gr)	2250.00
Peso de muestra seca (gr)	2244.50
Peso de la muestra sumergida (gr)	1354.90
Peso específico	2.51
Absorción (%)	0.25

ELABORACIÓN DEL DISEÑO DE MEZCLA

Se realizó el diseño de mezcla para concreto con una resistencia $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, utilizando la metodología del comité ACI 211.1

1. Selección del Tipo de Estructura

El diseño de mezcla se realizó para elementos de cimentación, por lo que, según la tabla de recomendaciones del ACI 211.1, se consideró la categoría de “Zapatas y muros de cimentación reforzados.” Para este tipo de elementos, se trabajó con un asentamiento (slump) de 3 pulgadas.

Tabla 39

Asentamiento recomendado para diversos tipos de estructuras

Tipo de estructuras	Slump máximo	Slump mínimo
Zapatas y muros de cimentación reforzados	3"	1"
Cimentaciones simples y calzaduras	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas	4"	2"
Losas y pavimentos	3"	1"
Concreto ciclópeo	2"	1"

Nota. Tomado de la guía técnica del Comité ACI 211.1-91

2. Resistencia promedio requerida

Para el diseño de mezcla, se seleccionó una resistencia promedio requerida ($f'cr$) superior a la resistencia especificada ($f'c$) de 210 kg/cm^2 , con el objetivo de compensar la variabilidad inherente de los materiales, la mano de obra y las condiciones de obra.

Al no contar inicialmente con un registro de ensayos previos en condiciones similares, se trabajó con las fórmulas recomendadas por el Comité ACI 2211.1

$$\text{Si } f'c < 210 \text{ kg/cm}^2 \text{ entonces } f'cr = f'c + 70 \text{ kg/cm}^2$$

Si $210 \text{ kg/cm}^2 \leq f'c \leq 350 \text{ kg/cm}^2$ entonces $f'cr = f'c + 85$

Si $f'c > 350 \text{ kg/cm}^2$ entonces $f'cr = 1.1f'c + 50 \text{ kg/cm}^2$

Con una resistencia de diseño ($f'c$) de 210 kg/cm^2 al cumplir con la segunda condición se obtuvo una resistencia promedio requerida ($f'cr$) de 295 kg/cm^2

3. Características de los agregados

A continuación, se presenta los resultados de los ensayos realizados a los agregados provenientes de la cantera “Chero” en Nuevo Chimbote, los cuales fueron utilizados para el diseño de mezcla

Tabla 40

Características de los agregados provenientes de la cantera "Chero" para el diseño de mezcla

Característica	Unidad	Agregado Fino	Agregado Grueso
Peso Unitario Suelto (P.U.S)	kg/m^3	1620	1448
Peso Unitario Compactado (P.U.C)	kg/m^3	1768	1634
Peso Específico	kg/m^3	2550	2508
Contenido de Humedad	%	0.36	0.22
Porcentaje de Absorción	%	0.5	0.25
Módulo de Fineza		2.74	
Tamaño Máximo Nominal (TMN)			1/2

4. Características del cemento

El cemento utilizado fue Pacasmayo Tipo MS, el cual consta con un peso específico de 2940 kg/m^3 .

5. Cálculo del Volumen unitario y porcentaje de aire atrapado

Se obtuvo el volumen de agua por m^3 de concreto, así como el % de aire atrapado con los valores del asentamiento y el T.M.N. del agregado grueso, teniendo en cuenta que se trabajó con un

concreto sin aire incorporado. Se obtuvo de la siguiente Tabla con los datos ya mencionados un Volumen de agua de 216 litros/ m³ de concreto y un porcentaje de aire atrapado de 2.5%

Tabla 41

Cantidades de agua de amasado para diferentes slump y TMN

Agua del concreto para los TMN de agregados indicados, lt/m ³							
Slump (in)	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"
Sin aire incorporado							
1 a 2	207	199	190	179	166	154	130
3 a 4	228	216	205	193	181	169	145
5 a 6	237	222	210	196	184	172	151
6 a 7	243	228	216	202	190	178	160
Más de 7							
% aire atrapado	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3

Nota. Tomado de la guía técnica del Comité ACI 211.1-91

El Volumen absoluto de agua por m³ sería igual:

$$V_{\text{abs-a}} = \frac{216 \text{ kg}}{1000 \text{ kg/m}^3}$$

$$V_{\text{abs-a}} = 0.216 \text{ m}^3$$

6. Relación agua/cemento

Se seleccionó la relación agua/cemento en función de la resistencia promedio requerida (f'_{cr}), como muestra la siguiente Tabla.

Tabla 42
Relación agua/cemento vs f'_{cr}

Resistencia a la compresión a los 28 días (kg/cm ²)	Relación agua/cemento en peso	
	Sin aire incorporado	Con aire incorporado
492	0.34	
422	0.41	0.33
352	0.48	0.4
281	0.57	0.48
211	0.68	0.59
141	0.82	0.74

Nota. Tomado de la guía técnica del Comité ACI 211.1-91

La resistencia promedio requerida (f'_{cr}) es de 295 kg/cm² y se trabajó con un concreto sin aire incorporado por lo que el valor de f'_{cr} se encuentra entre los valores de 281 kg/cm² y 352 kg/cm², para lo cual se realizó una interpolación para hallar el valor de la relación agua/cemento para un f'_{cr} de 295 kg/cm². De este cálculo se obtuvo una relación a/c de **0.55**.

7. Volumen del cemento

A partir de las cantidades aproximadas de agua de mezclado obtenida y la relación agua/cemento, se pudo determinar la cantidad de cemento.

$$\text{Contenido de cemento (kg/m}^3\text{)} = \frac{\text{Agua de Mezclado (l/m}^3\text{)}}{\text{Relación agua/cemento}}$$

$$\text{Contenido de cemento (kg/m}^3\text{)} = \frac{216}{0.55} = 391.12 \text{ kg/m}^3$$

El Volumen absoluto de cemento por m³ sería igual:

$$V_{\text{abs-c}} = \frac{\text{Peso cemento}}{\text{Peso específico cemento}}$$

$$V_{\text{abs-c}} = \frac{391.12 \text{ kg}}{2940 \text{ kg/m}^3} = 0.133 \text{ m}^3$$

8. Volumen del agregado grueso

Se determinó primero el Volumen de agregado grueso seco y compactado (m^3) por unidad de volumen de concreto, en función del T.M.N. del agregado grueso y el Módulo de Fineza del agregado fino como muestra la siguiente Tabla.

Tabla 43

Volumen de agregado grueso compactado en seco por metro cúbico de concreto

Tamaño máximo nominal del agregado	Volumen de agregado grueso seco y compactado por unidad de volumen de concreto para diferentes módulos de finura del agregado fino			
	2.40	2.60	2.80	3.00
	3/8"	0.50	0.48	0.46
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.75	0.73	0.71	0.69
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.82	0.80	0.78	0.76

Nota. Tomado de la guía técnica del Comité ACI 211.1-91

De igual manera, al tener un Módulo de Fineza de 2.74 se realizó una interpolación al estar entre los valores de 2.60 y 2.80, obteniéndose un valor de 0.56 m^3 .

Con este valor al ser multiplicado por el peso unitario seco compactado del agregado grueso se obtuvo el valor del peso del agregado grueso.

$$\text{Peso agregado grueso (kg/m}^3\text{)} = 0.56 \times 1634 = 908.50 \text{ kg/m}^3$$

El Volumen absoluto de agregado grueso por m^3 sería igual:

$$V_{\text{abs-ag}} = \frac{\text{Peso agregado grueso}}{\text{Peso específico agregado grueso}}$$

$$V_{\text{abs-ag}} = \frac{908.50 \text{ kg}}{2508 \text{ kg/m}^3} = 0.362 \text{ m}^3$$

9. Volumen del agregado fino

Se obtuvo el volumen absoluto del agregado fino restando los volúmenes obtenidos de 1 m^3 total de diseño.

$$\text{Volumen parcial} = V_{\text{abs-a}} + V_{\text{abs-c}} + V_{\text{abs-ag}} + V_{\text{abs-ai}}$$

$$\text{Volumen parcial} = 0.216 + 0.133 + 0.362 + 0.025$$

$$\text{Volumen parcial} = 0.736 \text{ m}^3$$

Por lo tanto, el volumen absoluto del agregado fino sería igual a:

$$V_{\text{abs-af}} = 1 - 0.736 = 0.264 \text{ m}^3$$

En cuanto al peso de agregado fino sería igual a:

$$\text{Peso agregado fino (kg/m}^3\text{)} = V_{\text{abs-af}} \times \text{Peso específico del agregado fino}$$

$$\text{Peso agregado fino (kg/m}^3\text{)} = 0.264 \times 2550 = 672.49 \text{ kg/m}^3$$

10. Pesos en estado seco

A continuación, se presenta en la siguiente tabla un resumen de los pesos obtenidos en estado seco.

Tabla 44

Pesos en estado seco por m^3 de concreto

Materiales	Pesos en estado seco	Unidad
Agua	216.00	Kg
Cemento	391.12	Kg
Agregado Grueso	908.50	Kg
Agregado Fino	672.49	Kg
Total	2188.12	Kg

11. Corrección por humedad de los agregados

Las cantidades de agregado que deben ser pesadas para preparar el concreto deberán considerar su humedad natural. Generalmente en obra, los agregados están en condición húmeda y su peso seco deberá incrementarse en el porcentaje de agua que ellos contienen tanto la absorbida como la superficial.

Para calcular el peso de los agregados húmedos, se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Peso agregado húmedo} = \text{Peso agregado seco} \times (1 + \text{Cont. de humedad} (\%))$$

Aplicada la ecuación se obtuvo los siguientes valores de los pesos de los agregados corregidos por humedad.

- Agregado grueso: 910.50 kg
- Agregado fino: 674.91 kg

12. Aporte de agua de los agregados

El agua de mezclado incorporada a la mezcladora deberá ser algebraicamente reducida en un volumen igual a la humedad superficial o humedad libre aportada por los agregados, considerándose como tal al contenido de humedad del agregado menos su porcentaje de absorción.

La humedad superficial está dada por la diferencia entre el contenido de humedad y el porcentaje de absorción. Puede ser positiva en cuyo caso el agregado aporta agua a la mezcla y dicha cantidad debe ser disminuida del agua de diseño para determinar el agua efectiva, o puede ser negativa, en cuyo caso el agregado tomará agua de la mezcla para llegar al estado de saturado superficialmente seco, debiendo adicionarse dicha cantidad de agua a la mezcla para no modificar el agua de diseño.

Para dicho cálculo se aplicó la siguiente ecuación:

$$\text{Aporte humedad} = \text{Peso agregado seco} \times (\% \text{ Cont. humedad} - \% \text{ Absorción})$$

Aplicada la ecuación se obtuvo los siguientes valores del aporte de humedad para cada agregado:

- Aporte agua libre de agregado grueso: -0.27 kg
- Aporte agua libre de agregado fino: -0.94 kg

Al obtener resultados negativos, esto quiere decir como ya se mencionó que los agregados tomarán agua de la mezcla, por lo cuál deberá adicionarse dicha cantidad al agua de diseño.

Agua efectiva = Agua de diseño – Aporte de humedad de los agregados

$$\text{Agua efectiva} = 216 \text{ kg} - (-0.27 \text{ kg}) - (-0.94 \text{ kg})$$

$$\text{Agua efectiva} = 217.21 \text{ kg}$$

13. Proporciones en peso

Con los pesos corregidos ya por humedad, en la siguiente Tabla se presenta los pesos finales tanto seco como corregidos.

Tabla 45

Pesos corregidos por m³ de concreto

Material	Peso seco	Peso corregido por humedad
Agua	216.00 kg	217.21 kg
Cemento	391.12 kg	391.12 kg
Agregado Grueso	908.50 kg	910.50 kg
Agregado Fino	672.49 kg	674.91 kg

Para expresar las proporciones en peso, se procedió a dividir el peso de cada material entre el peso del cemento, de la siguiente manera:

$$\text{Cemento} = \frac{391.12 \text{ kg}}{391.12 \text{ kg}} = 1$$

$$\text{Agregado Fino} = \frac{674.91 \text{ kg}}{391.12 \text{ kg}} = 1.73$$

$$\text{Agregado Grueso} = \frac{910.50 \text{ kg}}{391.12 \text{ kg}} = 2.33$$

En cuanto al agua, al dividir entre el peso del cemento se obtuvo la nueva relación agua/cemento corregido.

$$a/c = \frac{217.21 \text{ kg}}{391.12 \text{ kg}} = 0.56$$

Por cuestiones de facilidad, expresaremos el agua en litros/bolsa.

$$\text{Agua} = \frac{a}{c} \times 42.5 = 0.56 \times 42.5 = 23.60 \text{ lt/bols}$$

Por lo tanto, la proporción final en peso fue la siguiente:

$$1.00 : 1.73 : 2.33 : 23.60 \text{ lt/bols} / 0.56$$

14. Proporciones en Volumen:

Para expresar las proporciones en Volumen, se partió de la base de que 1 bolsa de cemento equivale a 1 pie³, por lo que hallamos los pesos por bolsas a partir de las proporciones en peso obtenidas.

En la siguiente tabla se presenta los resultados obtenidos.

Tabla 46

Proporción en volumen de mezcla de concreto

Materiales	Proporción en peso	Peso x bolsa	Volumen (pie³)
Cemento	1.00	42.50 kg	1.00
Agregado Fino	1.73	73.34 kg	1.60
Agregado Grueso	2.33	98.94 kg	2.41
a/c	0.56	23.60 lt	23.60 lt

Por lo tanto, la proporción final en volumen fue la siguiente:

$$1.00 : 1.60 : 2.41 : 23.60 \text{ lt/bols} / 0.56$$

15. Pesos por Tanda

Para la preparación de las muestras de concreto se trabajó con tandas de **0.037 m³**, para lo cual los pesos de los materiales correspondientes por tanda fueron los siguientes:

$$\text{Cemento} = 391.12 \times 0.037 = 14.47 \text{ kg}$$

$$\text{Agua} = 217.21 \times 0.037 = 8.04 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado fino} = 674.91 \times 0.037 = 24.97 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado grueso} = 910.50 \times 0.037 = 33.69 \text{ kg}$$

ELABORACIÓN Y CURADO DE ESPECÍMENES DE CONCRETO EN LABORATORIO

Este ensayo se realizó según la norma ASTM C192 / NTP 339.183

a. Materiales y Equipos

- Moldes cilíndricos
- Mezcladora de concreto (Trompo)
- Varilla compactadora lisa
- Martillo de caucho
- Recipientes para muestreo y mezcla (buggy)
- Balanza con precisión de 0.3%
- Cemento Pacasmayo Tipo MS
- Agregados provenientes de la cantera “Chero” (arena gruesa y piedra chancada)
- Agua
- Polvo de algas marinas

b. Procedimiento

En primer lugar, se pesaron todos los materiales con la cantidad requerida según el diseño de mezcla y la cantidad a utilizar para la tanda de preparación.

Se colocaron en la mezcladora antes de iniciar la rotación el agregado grueso con una parte del agua de mezcla y se encendió el trompo, y después de unas cuantas revoluciones se procedió a agregar el agregado fino, el cemento, el porcentaje respectivo de polvo de algas marinas (de ser el caso) y el resto de agua con la mezcladora en funcionamiento.

Una vez introducidos todos los componentes, el concreto se mezcló durante 3 minutos, se detuvo la mezcladora durante 3 minutos y luego se agitó nuevamente por 2 minutos adicionales. Durante

el tiempo de reposo, se cubrió el extremo abierto de la mezcladora para evitar la evaporación del agua.

Terminada la preparación de la mezcla se vació en un buggy junto con el mortero que quedó adherido en las paredes del trompo con la finalidad de mantener las proporciones de la mezcla. Una vez toda la mezcla se encuentra en el buggy con ayuda de una pala se remezcló para mantener la uniformidad y evitar la segregación.

Para el moldeo de los especímenes se utilizaron moldes cilíndricos de 4 pulgadas x 8 pulgadas (10 cm x 20 cm) los cuales previamente fueron limpiados y engrasados para facilitar el desmolde. El concreto se colocó en los moldes en dos capas, compactando cada capa mediante 25 golpes de varilla metálica, distribuidos uniformemente sobre la superficie. Tanto el número de capas como la cantidad de golpes por capa utilizados durante el moldeo están establecidos en la normativa correspondiente y se detallan en las tablas siguientes, en función del diámetro de los cilindros de concreto (para nuestro caso 4 pulgadas o 10 cm).

Tabla 47

Número de capas requeridas para preparación de especímenes de concreto

Tipo y tamaño de espécimen mm (pulg)	Modo de consolidación	Número de capas de aproximadamente igual profundidad
Cilindros		
Diámetro en mm (pulg)		
75 a 100 (3 o 4)	varillado	2
150 (6)	varillado	3
225 (9)	varillado	4
Hasta de 225 (9)	vibración	2

Prismas y cilindros horizontales para escurrimiento plástico:
Profundidad en mm (pulg)

Hasta 200 (8)	varillado	2
Mas de 200 (8)	varillado	3 o más
Hasta 200 (8)	vibración	1
Mas de 200 (8)	vibración	2 o más

Nota. Tomado de la norma NTP 339.183

Tabla 48

Diámetro de varilla y número de golpes por capa para moldeo de especímenes de concreto

Cilindros		
Diámetro del cilindro	Diámetro de la varilla	Número de golpes/capa
mm (pulg)	mm (pulg)	
75 (3) a 150 (6)	10 (3/8)	25
150 (6)	16 (5/8)	25
200 (8)	16 (5/8)	50
250 (10)	16 (5/8)	75
Vigas y Prismas		
Área superficial superior	Diámetro de la varilla	Número de golpes/capa
del espécimen	mm (pulg)	
cm² (pulg²)		
160 (25)	10 (3/8)	25
165 (26) a 310 (49)	10 (3/8)	1 por cada 7 cm ² (1 pulg ²) de área
320 (50) o más	16 (5/8)	1 por cada 14 cm ² (2 pulg ²) de área

Nota. Tomado de la norma NTP 339.183

Con ayuda de un martillo de caucho se golpeó los costados externos del molde, mientras se llenaba y compactaba el concreto con la finalidad de distribuir uniformemente el concreto dentro del molde, así como también eliminar las burbujas de aire atrapadas en las paredes del molde.

Después de llenar y compactar la última capa, se niveló y alisó la superficie del concreto con ayuda de un badilejo. Tras el moldeo, los especímenes se cubrieron con láminas plásticas para evitar la evaporación del agua de mezcla y se mantuvieron a temperatura ambiente por un período de 24 horas.

Finalmente, pasada las 24 horas se desmoldaron los especímenes de manera cuidadosa y se trasladaron a la cámara de curado, donde se conservaron totalmente sumergidos en agua a una temperatura de 23 ± 2 °C, hasta completar los tiempos de curado establecidos para los ensayos correspondientes (7, 14 y 28 días).

ASENTAMIENTO DEL CONCRETO

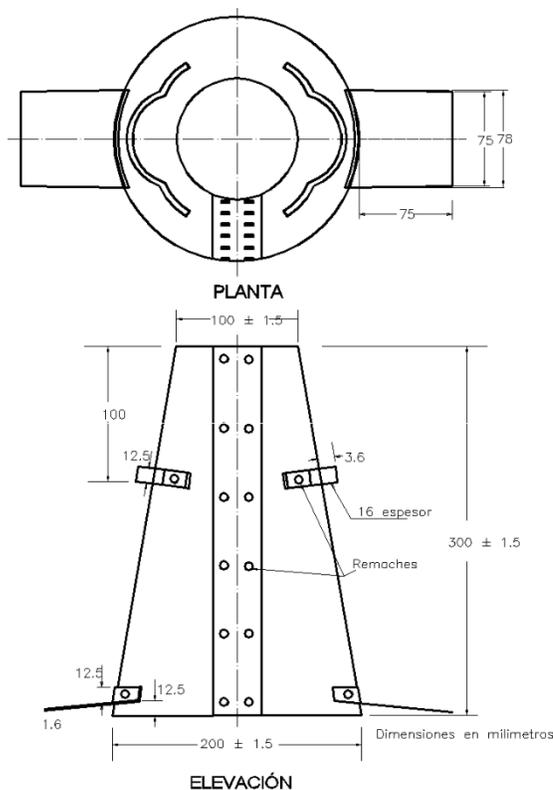
Este ensayo se realizó según la norma ASTM C143 / NTP 339.035

a. Materiales y Equipos

- Molde para ensayo de asentamiento (Cono de Abrams)
- Varilla compactadora lisa

Figura 25

Dimensiones del molde para el ensayo de asentamiento



b. Muestra

La muestra utilizada fue la misma para la preparación de los especímenes de concreto.

c. Procedimiento

Se utilizó un molde troncocónico metálico de 20 cm de diámetro en la base, 10 cm en la parte superior y 30 cm de altura (Cono de Abrams) El molde se humedeció colocó sobre una superficie rígida, limpia y húmeda, asegurándolo firmemente para evitar desplazamientos durante el llenado.

El concreto se introdujo en el molde en tres capas aproximadamente del mismo volumen, compactando cada capa mediante 25 golpes de varilla metálica de 16 mm de diámetro, distribuidos uniformemente sobre toda la superficie.

Después de llenar y compactar la tercera capa, se retiró cuidadosamente el exceso de concreto sobresaliente de la parte superior, nivelándolo con la varilla. Seguidamente, se levantó el molde en forma vertical y de manera uniforme, en un tiempo aproximado de 5 segundos, permitiendo que el concreto se deformara libremente.

Se midió la diferencia entre la altura original del molde y la altura final del concreto tras el asentamiento, registrando este valor como el asentamiento (slump).

Tabla 49

Resultado de ensayo de asentamiento del concreto (Slump)

Descripción	Asentamiento (pulg)
Concreto con 0% de polvo de algas marinas	3.75
Concreto con 0.5% de polvo de algas marinas	3.50
Concreto con 1% de polvo de algas marinas	2.50
Concreto con 1.5% de polvo de algas marinas	1.50
Concreto con 2% de polvo de algas marinas	1.50

TEMPERATURA DE MEZCLAS DE CONCRETO

Este ensayo se realizó según la norma ASTM C1064 / NTP 339.184

a. Materiales y Equipos

- Recipiente que permita recubrimiento del concreto de 3 pulgadas (75mm)
- Termómetro digital con variación de ± 0.5 °C dentro de un rango de 0 °C y 50 °C.

b. Muestra

La muestra utilizada fue la misma para la preparación de los especímenes de concreto.

c. Procedimiento

El termómetro digital fue insertado en el centro de una muestra representativa del concreto recién mezclado, contenida en un recipiente limpio, no absorbente y protegido de la exposición directa al sol o al viento.

Se introdujo el sensor del termómetro a una profundidad mínima de 75 mm, asegurando que estuviera completamente rodeado por la mezcla. Se esperó hasta que la lectura se estabilizara, lo cual ocurrió dentro de los 2 a 5 minutos posteriores a la inserción del instrumento. Una vez establecida la lectura, se registró la temperatura del concreto fresco con una precisión de ± 0.5 °C.

Tabla 50

Resultado de ensayo de temperatura en el concreto fresco

Descripción	Temperatura (°C)
Concreto con 0% de polvo de algas marinas	24.0
Concreto con 0.5% de polvo de algas marinas	24.0
Concreto con 1% de polvo de algas marinas	24.0
Concreto con 1.5% de polvo de algas marinas	24.0
Concreto con 2% de polvo de algas marinas	24.0

DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN

MUESTRAS CILINDRICAS

Este ensayo se realizó según la norma ASTM C39 / NTP 339.034

a. Materiales y Equipos

- Máquina de ensayo de compresión, debidamente calibrada al menos una vez al año, con capacidad adecuada para soportar la carga máxima prevista, y que cumpla con las condiciones técnicas de velocidad de aplicación de carga establecidas en la normativa correspondiente.

b. Muestra

Las muestras utilizadas fueron los especímenes cilíndricos de concreto elaborados previamente, los cuales cumplieron con la edad de curado establecida (7, 14 y 28 días). Además, se verificó que los diámetros individuales de los especímenes no difirieran entre sí en más de un 2 %, cumpliendo así con los requisitos dimensionales establecidos por la norma.

c. Procedimiento

Los especímenes fueron retirados del tanque de curado al cumplir los tiempos establecidos (7, 14 y 28 días) e inmediatamente se procedieron a ser movilizados a la máquina para el ensayo, tratando de mantener las muestras húmedas durante ese tiempo de traslado.

Cada cilindro fue colocado centrado en la máquina de ensayo, asegurando su alineación correcta para evitar cargas excéntricas. Se aplicó la carga axial de manera continua y sin golpes, a una velocidad controlada de 0.25 ± 0.05 MPa/s (35 ± 7 psi/s), hasta alcanzar la rotura del espécimen.

Se registró la carga máxima soportada por cada espécimen. La resistencia a la compresión se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$f'c = \frac{P}{A}$$

Donde:

$f'c$ = Resistencia a la compresión

P = Carga máxima aplicada

A = Área transversal de la sección del cilindro

Finalmente, se promediaron los resultados de los especímenes ensayados para cada edad de curado, determinando así la resistencia promedio del concreto.

Concreto con 0 % de polvo de algas marinas

Tabla 51

Resistencia a la compresión del concreto con 0% de polvo de algas marinas a los 7 días de curado

Muestra	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm²)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm²)
M-1	7	10.18	81.3	150.6	189
M-2	7	10.20	81.7	152.6	190
M-3	7	10.25	82.5	155.7	192
M-4	7	10.18	81.3	163.9	206
M-5	7	10.25	82.5	159.4	197
				Promedio	195

Tabla 52

Resistencia a la compresión del concreto con 0% de polvo de algas marinas a los 14 días de curado

Muestra	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm²)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm²)
M-1	14	10.18	81.3	212.5	266
M-2	14	10.20	81.7	201.7	252
M-3	14	10.28	82.9	212.5	261
M-4	14	10.28	82.9	203.7	250
M-5	14	10.28	82.9	212.7	262
				Promedio	258

Tabla 53

Resistencia a la compresión del concreto con 0% de polvo de algas marinas a los 28 días de curado

Muestra	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm²)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm²)
M-1	28	10.15	80.9	245.0	309
M-2	28	10.15	80.9	234.8	296
M-3	28	10.15	80.9	236.6	298
M-4	28	10.20	81.7	230.1	287
M-5	28	10.25	82.5	231.6	286
				Promedio	295

Concreto con 0.5 % de polvo de algas marinas

Tabla 54

Resistencia a la compresión del concreto con 0.5% de polvo de algas marinas a los 7 días de curado

Muestra	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm²)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm²)
M-1	7	10.25	82.5	163.6	202
M-2	7	10.25	82.5	154.9	192
M-3	7	10.18	81.3	161.9	203
M-4	7	10.18	81.3	166.7	209
M-5	7	10.25	82.5	167.2	207
				Promedio	203

Tabla 55

Resistencia a la compresión del concreto con 0.5% de polvo de algas marinas a los 14 días de curado

Muestra	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm²)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm²)
M-1	14	10.23	82.2	210.0	261
M-2	14	10.18	81.3	208.6	261
M-3	14	10.15	80.9	207.5	262
M-4	14	10.20	81.7	209.5	262
M-5	14	10.18	81.3	208.6	261
				Promedio	261

Tabla 56

Resistencia a la compresión del concreto con 0.5% de polvo de algas marinas a los 28 días de curado

Muestra	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm²)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm²)
M-1	28	10.20	81.7	233.5	292
M-2	28	10.15	80.9	239.8	302
M-3	28	10.15	80.9	239.5	302
M-4	28	10.20	81.7	236.5	295
M-5	28	10.15	80.9	235.6	297
				Promedio	298

Concreto con 1 % de polvo de algas marinas

Tabla 57

Resistencia a la compresión del concreto con 1% de polvo de algas marinas a los 7 días de curado

Muestra	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm²)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm²)
M-1	7	10.18	81.3	171.8	215
M-2	7	10.20	81.7	169.5	212
M-3	7	10.20	81.7	172.9	216
M-4	7	10.15	80.9	169.1	213
M-5	7	10.15	80.9	168.4	212
				Promedio	214

Tabla 58

Resistencia a la compresión del concreto con 1% de polvo de algas marinas a los 14 días de curado

Muestra	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm²)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm²)
M-1	14	10.28	83.0	227.2	279
M-2	14	10.28	83.0	225.2	277
M-3	14	10.20	81.7	222.8	278
M-4	14	10.15	80.9	227.2	287
M-5	14	10.15	80.9	224.2	283
				Promedio	281

Tabla 59

Resistencia a la compresión del concreto con 1% de polvo de algas marinas a los 28 días de curado

Muestra	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm²)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm²)
M-1	28	10.20	81.7	265.2	331
M-2	28	10.15	80.9	260.4	328
M-3	28	10.15	80.9	256.7	324
M-4	28	10.20	81.7	259.5	324
M-5	28	10.35	84.1	258.7	314
				Promedio	324

Concreto con 1.5 % de polvo de algas marinas

Tabla 60

Resistencia a la compresión del concreto con 1.5% de polvo de algas marinas a los 7 días de curado

Muestra	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm²)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm²)
M-1	7	10.20	81.7	171.6	214
M-2	7	10.25	82.5	163.5	202
M-3	7	10.18	81.3	161.5	202
M-4	7	10.15	80.9	172.5	218
M-5	7	10.25	82.5	170.5	211
				Promedio	209

Tabla 61

Resistencia a la compresión del concreto con 1.5% de polvo de algas marinas a los 14 días de curado

Muestra	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm²)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm²)
M-1	14	10.23	82.1	219.5	273
M-2	14	10.23	82.1	213.8	265
M-3	14	10.18	81.3	202.0	253
M-4	14	10.20	81.7	216.9	271
M-5	14	10.23	82.1	218.3	271
				Promedio	267

Tabla 62

Resistencia a la compresión del concreto con 1.5% de polvo de algas marinas a los 28 días de curado

Muestra	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm²)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm²)
M-1	28	10.15	80.9	250.1	315
M-2	28	10.15	80.9	246.9	311
M-3	28	10.20	81.7	242.3	302
M-4	28	10.15	80.9	242.0	305
M-5	28	10.15	80.9	247.1	311
				Promedio	309

Concreto con 2 % de polvo de algas marinas

Tabla 63

Resistencia a la compresión del concreto con 2% de polvo de algas marinas a los 7 días de curado

Muestra	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm²)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm²)
M-1	7	10.18	81.3	164.3	206
M-2	7	10.20	81.7	163.5	204
M-3	7	10.25	82.5	162.6	201
M-4	7	10.30	83.3	162.5	199
M-5	7	10.20	81.7	159.8	200
				Promedio	202

Tabla 64

Resistencia a la compresión del concreto con 2% de polvo de algas marinas a los 14 días de curado

Muestra	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm²)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm²)
M-1	14	10.18	81.3	210.5	264
M-2	14	10.28	83.0	208.4	256
M-3	14	10.23	82.2	211.7	263
M-4	14	10.23	82.2	208.9	259
M-5	14	10.18	81.3	212.8	267
				Promedio	262

Tabla 65

Resistencia a la compresión del concreto con 2% de polvo de algas marinas a los 28 días de curado

Muestra	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm²)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm²)
M-1	28	10.20	81.7	244.6	305
M-2	28	10.15	80.9	242.8	306
M-3	28	10.20	81.7	240.5	300
M-4	28	10.15	80.9	243.1	307
M-5	28	10.25	82.5	241.6	299
				Promedio	303

DENSIDAD, ABSORCIÓN Y VACÍOS EN EL CONCRETO ENDURECIDO

Este ensayo se realizó según la norma ASTM C642 / NTP 339.187

a. Materiales y Equipos

- Balanza con aproximación de 0.025 % del peso del espécimen
- Contenedor lo suficientemente apropiado para sumergir el espécimen y con un alambre adecuado para suspenderlo en el agua.

b. Muestra

La muestra consistió en varias porciones individuales de concreto, en nuestro caso trozos de cilindro con un volumen no menor de 350 cm³ o un peso no menor de 800 gramos. Estas muestras estuvieron libres de fisuras, grietas o bordes astillados.

c. Procedimiento

Peso seco: Las muestras de concreto se colocaron en una estufa a 110 ± 5 °C, hasta alcanzar peso constante, lo cual se verificó mediante pesadas sucesivas con diferencia menor al 0.5 %. Luego, se dejaron enfriar a temperatura ambiente en un lugar ventilado (por aproximadamente 1 a 2 horas) y una vez enfriadas, se determinó el peso seco (A).

Peso saturado después de la inmersión: Después de secar y enfriar las muestras, se sumergió y determinó su peso en agua aproximadamente a 21 °C. Se determinó su peso luego de por lo menos 48 horas y hasta que dos pesadas consecutivas con superficie seca a intervalos de 24 horas, muestre un incremento no mayor del 0.5% del mayor valor. Se secó superficialmente con una toalla y se determinó el peso saturado después de inmersión o peso saturado superficialmente seco (B).

Peso saturado después del hervido: Posteriormente, las muestras saturadas fueron colocadas en el contenedor y hervidas en agua durante 5 horas completas, asegurando que estuvieran completamente sumergidas durante todo el proceso. Finalizado el hervido, se dejaron enfriar

dentro del mismo recipiente hasta alcanzar temperatura ambiente por aproximadamente 14 horas y una vez frías, se retiraron del agua, se secaron superficialmente con un paño húmedo y se pesaron. Se registró como peso saturado después de hervido (C).

Peso aparente sumergido: Después de la inmersión y el hervido, se suspendió la muestra con un alambre y se pesó en agua. Este peso se registró como Peso aparente suspendido en agua (D).

Con estos pesos registrados, se pueden realizar los cálculos de densidad, absorción y porcentaje de vacíos del concreto endurecido, según lo establecido en la norma ASTM C642 / NTP 339.187. Para efectos de nuestra investigación, únicamente se requirió el valor de vacíos o poros en el concreto, el cual se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de vacíos (\%)} = \frac{C - A}{C - D} \times 100$$

Tabla 66
Porcentaje de vacíos del concreto con 0% de polvo de algas marinas

Muestra	Descripción	M1	% Vacíos 1	M2	% Vacíos 2
	Masa de la muestra seca (g)	974.9		970.5	
	Masa de la muestra saturada superficialmente seca (g)	1024.6		1020.6	
M-1	Masa de la muestra después del hervido (g)	1005.7	6.75	1001.8	6.87
	Masa aparente de la muestra suspendida en agua (g)	548.7		545.6	
	Masa de la muestra seca (g)	955.2		967.6	
	Masa de la muestra saturada superficialmente seca (g)	1011.8		1022.0	
M-2	Masa de la muestra después del hervido (g)	986.7	6.94	998.9	6.86
	Masa aparente de la muestra suspendida en agua (g)	533.2		543.2	
	Masa de la muestra seca (g)	962.5		949.0	
	Masa de la muestra saturada superficialmente seca (g)	1017.0		999.6	
M-3	Masa de la muestra después del hervido (g)	994.5	7.02	980.9	7.05
	Masa aparente de la muestra suspendida en agua (g)	538.6		528.1	
Promedio (%)					6.91

Tabla 67
Porcentaje de vacíos del concreto con 0.5% de polvo de algas marinas

Muestra	Descripción	M1	% Vacíos 1	M2	% Vacíos 2
	Masa de la muestra seca (g)	967.7		942.1	
	Masa de la muestra saturada superficialmente seca (g)	1021.8		996.6	
M-1	Masa de la muestra después del hervido (g)	1001.8	7.31	975.6	7.44
	Masa aparente de la muestra suspendida en agua (g)	535.4		525.6	
	Masa de la muestra seca (g)	948.8		973.6	
	Masa de la muestra saturada superficialmente seca (g)	996.6		1024.3	
M-2	Masa de la muestra después del hervido (g)	981.2	7.14	1006.2	7.02
	Masa aparente de la muestra suspendida en agua (g)	527.1		541.8	
	Masa de la muestra seca (g)	964.7		962.6	
	Masa de la muestra saturada superficialmente seca (g)	1013.4		1016.8	
M-3	Masa de la muestra después del hervido (g)	997.1	7.05	995.2	7.14
	Masa aparente de la muestra suspendida en agua (g)	537.8		539.9	
Promedio (%)					7.18

Tabla 68
Porcentaje de vacíos del concreto con 1% de polvo de algas marinas

Muestra	Descripción	M1	% Vacíos 1	M2	% Vacíos 2
	Masa de la muestra seca (g)	959.1		967.9	
	Masa de la muestra saturada superficialmente seca (g)	1020.1		1020.0	
M-1	Masa de la muestra después del hervido (g)	993.3	7.51	1001.6	7.35
	Masa aparente de la muestra suspendida en agua (g)	538.5		542.6	
	Masa de la muestra seca (g)	962.6		979.9	
	Masa de la muestra saturada superficialmente seca (g)	1011.0		1031.8	
M-2	Masa de la muestra después del hervido (g)	995.0	7.08	1013.6	7.27
	Masa aparente de la muestra suspendida en agua (g)	537.9		550.6	
	Masa de la muestra seca (g)	969.3		957.1	
	Masa de la muestra saturada superficialmente seca (g)	1016.7		1010.9	
M-3	Masa de la muestra después del hervido (g)	1002.7	7.32	989.9	7.29
	Masa aparente de la muestra suspendida en agua (g)	546.1		539.5	
Promedio (%)					7.30

Tabla 69
Porcentaje de vacíos del concreto con 1.5% de polvo de algas marinas

Muestra	Descripción	M1	% Vacíos 1	M2	% Vacíos 2
	Masa de la muestra seca (g)	985.2		962.7	
	Masa de la muestra saturada superficialmente seca (g)	1037.9		1015.9	
M-1	Masa de la muestra después del hervido (g)	1024.2	8.32	1000.1	8.11
	Masa aparente de la muestra suspendida en agua (g)	556.3		538.2	
	Masa de la muestra seca (g)	973.3		964.7	
	Masa de la muestra saturada superficialmente seca (g)	1031.1		1019.7	
M-2	Masa de la muestra después del hervido (g)	1011.0	8.10	1003.3	8.31
	Masa aparente de la muestra suspendida en agua (g)	546.9		539.3	
	Masa de la muestra seca (g)	960.9		968.7	
	Masa de la muestra saturada superficialmente seca (g)	1009.4		1022.8	
M-3	Masa de la muestra después del hervido (g)	998.2	8.03	1006.4	8.13
	Masa aparente de la muestra suspendida en agua (g)	532.6		542.5	
Promedio (%)					8.17

Tabla 70
Porcentaje de vacíos del concreto con 2% de polvo de algas marinas

Muestra	Descripción	M1	% Vacíos 1	M2	% Vacíos 2
	Masa de la muestra seca (g)	976.2		974.3	
	Masa de la muestra saturada superficialmente seca (g)	1034.6		1034.7	
M-1	Masa de la muestra después del hervido (g)	1015.9	8.51	1015.2	8.75
	Masa aparente de la muestra suspendida en agua (g)	549.5		547.8	
	Masa de la muestra seca (g)	969.8		981.1	
	Masa de la muestra saturada superficialmente seca (g)	1028.0		1038.3	
M-2	Masa de la muestra después del hervido (g)	1009.0	8.46	1020.5	8.42
	Masa aparente de la muestra suspendida en agua (g)	546.5		552.7	
	Masa de la muestra seca (g)	947.5		985.2	
	Masa de la muestra saturada superficialmente seca (g)	1000.2		1037.6	
M-3	Masa de la muestra después del hervido (g)	985.7	8.38	1023.6	8.26
	Masa aparente de la muestra suspendida en agua (g)	529.9		559.3	
Promedio (%)					8.46

PROFUNDIDAD DE PENETRACIÓN DE AGUA BAJO PRESIÓN

Este ensayo se realizó según la norma UNE-EN 12390-8.

a. Materiales y Equipos

- Aparato de ensayo de permeabilidad, provisto de cámara capaz de someter las superficies del espécimen a una presión hidráulica controlada.
- Rotulador indeleble
- Balanza con precisión de 0.1 g
- Regla graduada
- Hojas de papel vegetal con áreas mayores a la del frente de penetración

b. Muestra

Los especímenes cilíndricos de concreto ensayados tenían un diámetro de 15 cm y una altura de 15 cm aproximadamente, y una edad no menor a 28 días.

c. Procedimiento

Los especímenes cilíndricos se colocaron en el equipo de ensayo, en la cuál una de las superficies del cilindro fue expuesta a una presión hidráulica de 5 bar (0.5 MPa) durante 72 horas de manera continua. Durante el ensayo, se observaron periódicamente las superficies de la probeta que no estuvieron expuestas directamente al agua a presión, con el propósito de identificar cualquier posible presencia de agua.

Después de aplicar la presión durante el tiempo especificado, se retiró la probeta del equipo de ensayo. Se limpió cuidadosamente la cara a la que se aplicó la presión de agua, eliminando el exceso de agua superficial. Posteriormente, la probeta se fracturó en dos mitades, de manera perpendicular a la superficie sometida a la presión. Durante el proceso de fractura y examen, la cara expuesta a la presión se mantuvo orientada hacia el fondo.

Una vez obtenidas las dos mitades, se permitió un breve secado de las superficies fracturadas hasta que fue posible observar claramente la extensión del frente de penetración de agua. Dicho frente de penetración se marcó sobre la superficie de la probeta con ayuda de un rotulador, y se midió la profundidad máxima de penetración bajo la superficie ensayada en mm.

Para el cálculo de la profundidad media de penetración, se necesitó el área de penetración en mm², ya que esta viene dada por la siguiente ecuación:

$$P_m = \frac{A_{pf}}{d}$$

Donde:

P_m = Profundidad media de penetración (mm)

A_{pf} = Área del frente de penetración (mm²)

d = Diámetro de la probeta (mm)

El A_{pf} se calculó por medio del uso de una hoja de papel vegetal, el cual es el método recomendado por la norma. Para este método lo primero que se hizo fue calcular el área del papel a emplear en mm² (A_p), así como también su peso (M_p).

Posteriormente se colocó el papel sobre la cara partida de la probeta y se marcó el frente de penetración, el cuál será cortado siguiendo el perímetro marcado y así se obtuvo una reproducción del frente de penetración, esta reproducción fue pesada y registrada (M_{pf}).

Finalmente, con estos valores se procedió a calcular el A_{pf} (Área del frente de penetración) en mm² aplicando la siguiente expresión:

$$A_{pf} = \frac{(A_p \times M_{pf})}{M_p}$$

Tabla 71
Profundidad de penetración del concreto con 0% de polvo de algas marinas

Muestra	Parte	Profundidad de Penetración Máxima (mm)	Área de Penetración (mm ²)	Diámetro de la muestra (mm)	Profundidad Media de Penetración (mm)
M1	M1-P1	55	5491.65	152	36.1
	M1-P2	55	5484.72	152	36.1
M2	M2-P1	55	5529.64	152	36.4
	M2-P2	50	5815.14	152	38.3
M3	M3-P1	45	4562.32	152	30.0
	M3-P2	50	4630.82	152	30.5
Promedio			5252.4		34.6

Tabla 72
Profundidad de penetración del concreto con 0.5% de polvo de algas marinas

Muestra	Parte	Profundidad de Penetración Máxima (mm)	Área de Penetración (mm ²)	Diámetro de la muestra (mm)	Profundidad Media de Penetración (mm)
M1	M1-P1	29	5523.39	152	36.3
	M1-P2	30	4692.2	152	30.9
M2	M2-P1	27	5060.95	152	33.3
	M2-P2	32	5409.73	152	35.6
M3	M3-P1	38	6514.15	152	42.9
	M3-P2	40	7171.62	152	47.2
Promedio			5728.7		37.7

Tabla 73
Profundidad de penetración del concreto con 1% de polvo de algas marinas

Muestra	Parte	Profundidad de Penetración Máxima (mm)	Área de Penetración (mm ²)	Diámetro de la muestra (mm)	Profundidad Media de Penetración (mm)
M1	M1-P1	44	3388.43	152	22.3
	M1-P2	35	3396.87	152	22.3
M2	M2-P1	24	3220.97	152	21.2
	M2-P2	31	2943.91	152	19.4
M3	M3-P1	28	3835.3	152	25.2
	M3-P2	32	3482.14	152	22.9
Promedio			3377.9		22.2

Tabla 74
Profundidad de penetración del concreto con 1.5% de polvo de algas marinas

Muestra	Parte	Profundidad de Penetración Máxima (mm)	Área de Penetración (mm ²)	Diámetro de la muestra (mm)	Profundidad Media de Penetración (mm)
M1	M1-P1	18	3669.50	152	24.1
	M1-P2	19	3525.75	152	23.2
M2	M2-P1	15	3001.52	152	19.7
	M2-P2	21	3062.03	152	20.1
M3	M3-P1	21	3654.21	152	24.0
	M3-P2	20	3396.96	152	22.3
Promedio			3385.0		22.3

Tabla 75
Profundidad de penetración del concreto con 2% de polvo de algas marinas

Muestra	Parte	Profundidad de Penetración Máxima (mm)	Área de Penetración (mm²)	Diámetro de la muestra (mm)	Profundidad Media de Penetración (mm)
M1	M1-P1	18	2298.92	152	15.1
	M1-P2	19	1766.19	152	11.6
M2	M2-P1	15	2711.86	152	17.8
	M2-P2	21	1792.53	152	11.8
M3	M3-P1	21	2601.4	152	17.1
	M3-P2	20	2344.63	152	15.4
Promedio			2252.6		14.8

COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD (K)

El cálculo del coeficiente de permeabilidad (K) se realizó como parte del tratamiento de datos obtenidos en el ensayo UNE-EN 12390-8 (Profundidad de penetración de agua bajo presión).

Para determinar K, se aplicó la Fórmula de Valenta, que permite estimar el coeficiente de permeabilidad a partir de la profundidad media de penetración de agua en el concreto y la porosidad o vacíos del concreto, bajo una presión constante y durante un tiempo determinado. La fórmula empleada fue la siguiente:

$$K = \frac{e^2v}{2ht}$$

Donde

K: Coeficiente de permeabilidad en m/s

e: profundidad de penetración del concreto, en m

h: carga hidráulica, en m

t: tiempo sujeto a prueba, en s

v: fracción del volumen de concreto ocupado por poros

Para el caso de nuestra investigación:

- El valor de “e” se obtuvo por medio del Ensayo de Profundidad de penetración de agua bajo presión (UNE-EN 12390-8)
- La carga hidráulica aplicada (h) fue de 0.5 bares lo cual equivale a 51 m
- El tiempo sujeto a prueba fue de 72 horas equivalente a 259200 segundos.
- El valor de “v” viene a ser el porcentaje de vacíos o poros el cuál fue calculado por medio del Ensayo de Densidad, absorción y vacíos en el concreto (ASTM C642 / NTP 339.187).

Tabla 76
Coefficiente de permeabilidad del concreto con 0% de polvo de algas marinas

Muestra	Parte	Profundidad Media de Penetración (m)	Porosidad o Vacíos (%)	Tiempo sujeto a prueba (s)	Carga hidráulica (m)	Coefficiente de Permeabilidad (m/s)
M1	M1-P1	0.0361	6.91	259200	51	3.41E-12
	M1-P2	0.0361	6.91	259200	51	3.41E-12
M2	M2-P1	0.0364	6.91	259200	51	3.46E-12
	M2-P2	0.0383	6.91	259200	51	3.83E-12
M3	M3-P1	0.0300	6.91	259200	51	2.35E-12
	M3-P2	0.0305	6.91	259200	51	2.43E-12
Promedio						3.15E-12

Tabla 77
Coefficiente de permeabilidad del concreto con 0.5% de polvo de algas marinas

Muestra	Parte	Profundidad Media de Penetración (m)	Porosidad o Vacíos (%)	Tiempo sujeto a prueba (s)	Carga hidráulica (m)	Coefficiente de Permeabilidad (m/s)
M1	M1-P1	0.0363	7.18	259200	51	3.58E-12
	M1-P2	0.0309	7.18	259200	51	2.59E-12
M2	M2-P1	0.0333	7.18	259200	51	3.01E-12
	M2-P2	0.0356	7.18	259200	51	3.44E-12
M3	M3-P1	0.0429	7.18	259200	51	5.00E-12
	M3-P2	0.0472	7.18	259200	51	6.05E-12
Promedio						3.95E-12

Tabla 78
Coefficiente de permeabilidad del concreto con 1% de polvo de algas marinas

Muestra	Parte	Profundidad Media de Penetración (m)	Porosidad o Vacíos (%)	Tiempo sujeto a prueba (s)	Carga hidráulica (m)	Coefficiente de Permeabilidad (m/s)
M1	M1-P1	0.0223	7.30	259200	51	1.37E-12
	M1-P2	0.0223	7.30	259200	51	1.37E-12
M2	M2-P1	0.0212	7.30	259200	51	1.24E-12
	M2-P2	0.0194	7.30	259200	51	1.04E-12
M3	M3-P1	0.0252	7.30	259200	51	1.75E-12
	M3-P2	0.0229	7.30	259200	51	1.45E-12
Promedio						1.37E-12

Tabla 79
Coefficiente de permeabilidad del concreto con 1.5% de polvo de algas marinas

Muestra	Parte	Profundidad Media de Penetración (m)	Porosidad o Vacíos (%)	Tiempo sujeto a prueba (s)	Carga hidráulica (m)	Coefficiente de Permeabilidad (m/s)
M1	M1-P1	0.0241	8.17	259200	51	1.79E-12
	M1-P2	0.0232	8.17	259200	51	1.66E-12
M2	M2-P1	0.0197	8.17	259200	51	1.20E-12
	M2-P2	0.0201	8.17	259200	51	1.25E-12
M3	M3-P1	0.0240	8.17	259200	51	1.78E-12
	M3-P2	0.0223	8.17	259200	51	1.54E-12
Promedio						1.54E-12

Tabla 80
Coefficiente de permeabilidad del concreto con 2% de polvo de algas marinas

Muestra	Parte	Profundidad Media de Penetración (m)	Porosidad o Vacíos (%)	Tiempo sujeto a prueba (s)	Carga hidráulica (m)	Coefficiente de Permeabilidad (m/s)
M1	M1-P1	0.0151	8.46	259200	51	7.30E-13
	M1-P2	0.0116	8.46	259200	51	4.31E-13
M2	M2-P1	0.0178	8.46	259200	51	1.01E-12
	M2-P2	0.0118	8.46	259200	51	4.46E-13
M3	M3-P1	0.0171	8.46	259200	51	9.36E-13
	M3-P2	0.0154	8.46	259200	51	7.59E-13
Promedio						7.19E-13

ANEXO 4: FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO

Cemento Fortimax

Tipo MS (MH) - Cemento Hidráulico de moderada resistencia a los sulfatos y moderado calor de hidratación

Requisitos normalizados - NTP 334.082 / ASTM C1157

REQUISITOS FÍSICOS

ENSAYOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADOS*
Finura					
Superficie específica	-	-	cm ² /g	NTP 334.002	5150
Retenido M325	-	-	%	NTP 334.045	1.9
Densidad	-	-	g/cm ³	NTP 334.005	2.93
Contenido de aire	Máximo	12	%	NTP 334.048	5
Expansión en autoclave	Máximo	0.80	%	NTP 334.004	0.03
Resistencia a la compresión					
3 días	Mínimo	11.0 (1600)	MPa (psi)	NTP 334.051	21.7 (3150)
7 días	Mínimo	18.0 (2610)	MPa (psi)	NTP 334.051	29.7 (4310)
28 días**	Mínimo	28.0 (4060)	MPa (psi)	NTP 334.051	41.4 (6010)
Tiempo de Fraguado Vicat					
Fraguado inicial	Mínimo	45	Minutos	NTP 334.006	181
Fraguado final	Máximo	420	Minutos	NTP 334.006	292
Expansión Barra de mortero a 14 días	Máximo	0.020	%	NTP 334.093	0.005
Expansión por sulfatos a 6 meses	Máximo	0.10	%	NTP 334.094	0.03
Calor de hidratación a 3 días	Máximo	335	kJ/kg	NTP 334.171	252

*Valores promedios referenciales de lotes despachados / **Requisito opcional

El cemento descrito arriba, al tiempo del envío, cumple con los requisitos físicos de la NTP 334.082 y la ASTM C1157.



ANEXO 5: ENSAYOS DE AGREGADOS



FORMATO DE ENSAYO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NTP 400.012

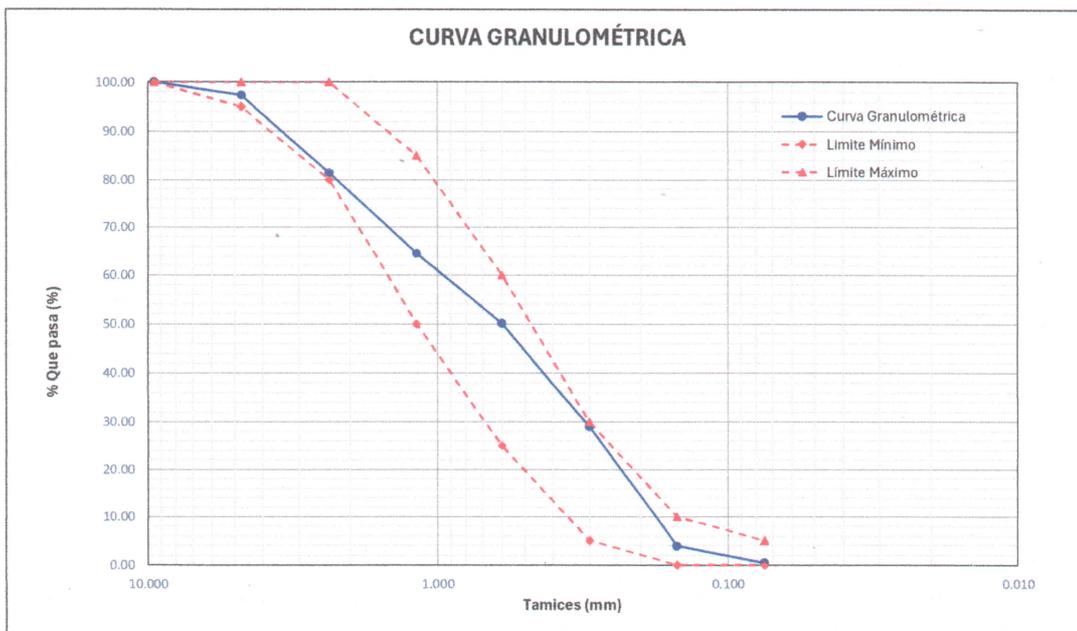
Código

Fecha 2/05/2024

Página 1 de 8

PROYECTO : "Influencia de polvo de algas marinas en la permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto en Nuevo Chimbote, Áncash"
TESISTAS : Araujo Saucedo Jean Pier
Cabello Lopez Jean Marco
MATERIAL : Agregado Fino
CANTERA : Chero - Nuevo Chimbote
UBICACIÓN : Nuevo Chimbote, Santa, Áncash
FECHA : 2/05/2024

Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Límites NTP 400.037		Datos de la muestra
						Mínimo	Máximo	
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100	Características físicas: Contenido de humedad: 0.36% Modulo de Finura: 2.74
Nº4	4.750	26.20	2.62	2.62	97.38	95	100	
Nº8	2.360	158.70	15.87	18.49	81.51	80	100	
Nº16	1.180	169.90	16.99	35.48	64.52	50	85	
Nº30	0.600	143.90	14.39	49.87	50.13	25	60	
Nº50	0.300	211.50	21.15	71.02	28.98	5	30	
Nº100	0.150	251.00	25.10	96.12	3.88	0	10	
Nº200	0.075	34.30	3.43	99.55	0.45	0	5	
Fondo	-	4.50	0.45	100.00	0.00			
Total		1000.00	100.00					



Ms. Julio Cesar Rivasplata Diaz
JEFE DEL LABORATORIO



FORMATO DE ENSAYO

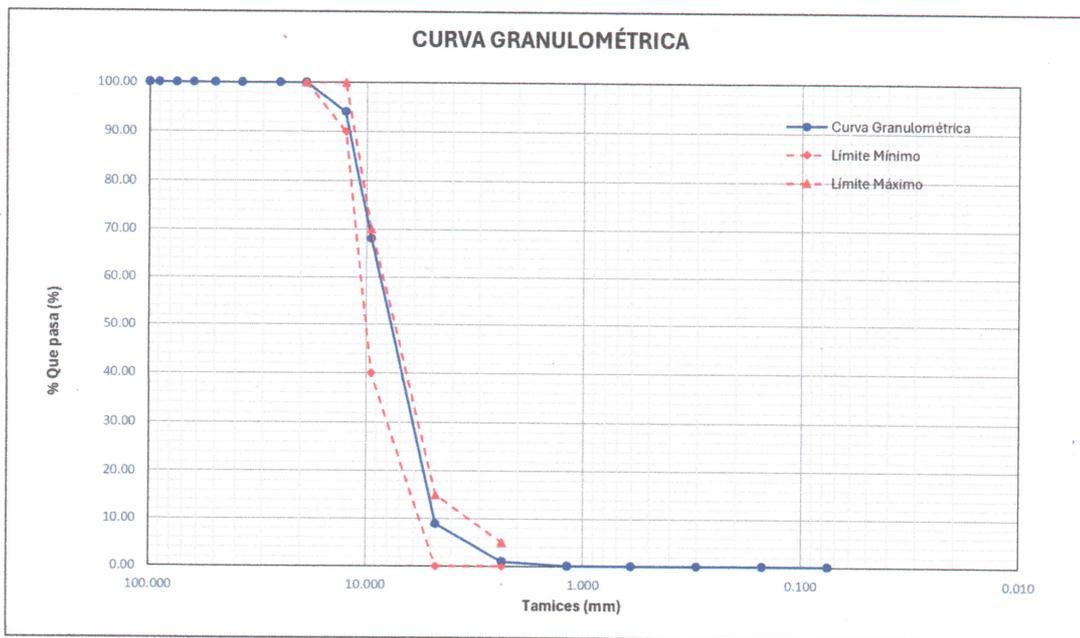
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NTP 400.012

Código	-
Fecha	2/05/2024
Página	2 de 8

PROYECTO : "Influencia de polvo de algas marinas en la permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto en Nuevo Chimbote, Áncash"
TESISTAS : Araujo Saucedo Jean Pier
Cabello Lopez Jean Marco
MATERIAL : Agregado Grueso
CANTERA : Chero - Nuevo Chimbote
UBICACIÓN : Nuevo Chimbote, Santa, Áncash
FECHA : 2/05/2024

Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Límites Huso 7 NTP 400.037		Datos de la muestra
						Mínimo	Máximo	
4"	100.000	0.00	0.00	0.00	100.00	-	-	
3 1/2"	90.000	0.00	0.00	0.00	100.00	-	-	
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00	-	-	
2 1/2"	62.500	0.00	0.00	0.00	100.00	-	-	
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00	-	-	
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00	-	-	
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	-	-	
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100	
1/2"	12.500	119.20	5.96	5.96	94.04	90	100	Características físicas:
3/8"	9.500	518.30	25.92	31.88	68.13	40	70	Tamaño Máximo Nominal: 1/2"
Nº4	4.750	1185.10	59.26	91.13	8.87	0	15	Contenido de humedad: 0.22%
Nº8	2.360	157.10	7.86	98.99	1.02	0	5	Modulo de Finura: 6.21
Nº16	1.180	17.80	0.89	99.88	0.13	-	-	
Nº30	0.600	0.00	0.00	99.88	0.13	-	-	
Nº50	0.300	0.00	0.00	99.88	0.13	-	-	
Nº100	0.150	0.00	0.00	99.88	0.13	-	-	
Nº200	0.075	0.00	0.00	99.88	0.13	-	-	
Fondo	-	2.50	0.13	100.00	0.00	-	-	
Total		2000.00	100.00					



Ms. Julio Cesar Rivasplata Diaz
JEFE DEL LABORATORIO

CONTENIDO DE HUMEDAD

NTP 339.185

Código	-
Fecha	2/05/2024
Página	3 de 8

PROYECTO : "Influencia de polvo de algas marinas en la permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto en Nuevo Chimbote, Áncash"

TESISTAS :
 : Araujo Saucedo Jean Pier
 : Cabello Lopez Jean Marco

MATERIAL : Agregado Fino

CANTERA : Chero - Nuevo Chimbote

UBICACIÓN : Nuevo Chimbote, Santa, Áncash

FECHA : 2/05/2024

Contenido de Humedad

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
Peso del recipiente (gr)	28.58	28.10	27.80	
Peso del recipiente + muestra húmeda (gr)	92.51	90.90	96.76	
Peso del recipiente + muestra seca (gr)	92.28	90.66	96.53	
Peso de muestra húmeda (gr)	63.92	62.80	68.96	
Peso de muestra seca (gr)	63.69	62.56	68.73	
Peso de agua (gr)	0.23	0.24	0.22	
Contenido de Humedad (%)	0.36	0.38	0.32	0.36



 Ms. Julio Cesar Rivasplata Diaz
 JEFE DEL LABORATORIO

CONTENIDO DE HUMEDAD

NTP 339.185

PROYECTO : "Influencia de polvo de algas marinas en la permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto en Nuevo Chimbote, Ancash"

TESISTAS : Araujo Saucedo Jean Pier
Cabello Lopez Jean Marco

MATERIAL : Agregado Grueso

CANTERA : Chero - Nuevo Chimbote

UBICACIÓN : Nuevo Chimbote, Santa, Ancash

FECHA : 2/05/2024

Contenido de Humedad

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
Peso del recipiente (gr)	27.16	28.22	28.18	
Peso del recipiente + muestra húmeda (gr)	127.13	117.68	120.01	
Peso del recipiente + muestra seca (gr)	126.93	117.47	119.79	
Peso de muestra húmeda (gr)	99.97	89.46	91.82	
Peso de muestra seca (gr)	99.77	89.26	91.61	
Peso de agua (gr)	0.20	0.20	0.21	
Contenido de Humedad (%)	0.20	0.23	0.23	0.22



Ms. Julio Cesar Rivasplata Diaz
JEFFDEL LABORATORIO



FORMATO DE ENSAYO

PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO

NTP 400.017

Código

-

Fecha

2/05/2024

Página

5 de 8

PROYECTO : "Influencia de polvo de algas marinas en la permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto en Nuevo Chimbote, Áncash"
TESISTAS : Araujo Saucedo Jean Pier
Cabello Lopez Jean Marco
MATERIAL : Agregado Fino
CANTERA : Chero - Nuevo Chimbote
UBICACIÓN : Nuevo Chimbote, Santa, Áncash
FECHA : 2/05/2024

Peso Unitario Suelto

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
Peso del molde (gr)	4530.00	4530.00	4530.00	
Volumen del molde (cm ³)	2831.68	2831.68	2831.68	
Peso del molde + muestra suelta (gr)	9060.00	9170.00	9125.00	
Peso de la muestra suelta	4530.00	4640.00	4595.00	
Peso unitario suelto (kg/m³)	1599.76	1638.60	1622.71	1620.36

Peso Unitario Compactado

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
Peso del molde (gr)	4530.00	4530.00	4530.00	
Volumen del molde (cm ³)	2831.68	2831.68	2831.68	
Peso del molde + muestra suelta (gr)	9500.00	9545.00	9560.00	
Peso de la muestra suelta	4970.00	5015.00	5030.00	
Peso unitario suelto (kg/m³)	1755.14	1771.03	1776.33	1767.50



Ms. Julio Cesar Rivasplata Diaz
JEFE DEL LABORATORIO



FORMATO DE ENSAYO

Código

-

PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO

Fecha

2/05/2024

NTP 400.017

Página

6 de 8

PROYECTO : "Influencia de polvo de algas marinas en la permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto en Nuevo Chimbote, Áncash"
TESISTAS : Araujo Saucedo Jean Pier
Cabello Lopez Jean Marco
MATERIAL : Agregado Grueso
CANtera : Chero - Nuevo Chimbote
UBICACIÓN : Nuevo Chimbote, Santa, Áncash
FECHA : 2/05/2024

Peso Unitario Suelto

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
Peso del molde (gr)	4530.00	4530.00	4530.00	
Volumen del molde (cm ³)	2831.68	2831.68	2831.68	
Peso del molde + muestra suelta (gr)	8620.00	8625.00	8650.00	
Peso de la muestra suelta	4090.00	4095.00	4120.00	
Peso unitario suelto (kg/m³)	1444.37	1446.14	1454.97	1448.49

Peso Unitario Compactado

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
Peso del molde (gr)	4530.00	4530.00	4530.00	
Volumen del molde (cm ³)	2831.68	2831.68	2831.68	
Peso del molde + muestra suelta (gr)	9120.00	9165.00	9190.00	
Peso de la muestra suelta	4590.00	4635.00	4660.00	
Peso unitario suelto (kg/m³)	1620.95	1636.84	1645.67	1634.48



Ms. Julio Cesar Rivasplata Diaz
JEFE DEL LABORATORIO



UNNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

FORMATO DE ENSAYO

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN

NTP 400.022

Código	-
Fecha	2/05/2024
Página	7 de 8

PROYECTO : "Influencia de polvo de algas marinas en la permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto en Nuevo Chimbote, Áncash"
TESISTAS : Araujo Saucedo Jean Pier
Cabello Lopez Jean Marco
MATERIAL : Agregado Fino
CANTERA : Chero - Nuevo Chimbote
UBICACIÓN : Nuevo Chimbote, Santa, Áncash
FECHA : 2/05/2024

Peso Específico - Absorción

Descripción	Muestra
Peso de la muestra saturada superficialmente seca (gr)	500.00
Peso de muestra seca (gr)	497.50
Peso del picnómetro + agua (gr)	647.10
Peso del picnómetro + muestra saturada superficialmente seca + agua (gr)	952.00
Peso específico	2.55
Absorción (%)	0.50



Ms. Julio Cesar Rivasplata Diaz
JEFE DEL LABORATORIO



UNSA
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FORMATO DE ENSAYO

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN

NTP 400.022

Código	-
Fecha	2/05/2024
Página	8 de 8

PROYECTO : "Influencia de polvo de algas marinas en la permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto en Nuevo Chimbote, Áncash"
TESISTAS : Araujo Saucedo Jean Pier
Cabello Lopez Jean Marco
MATERIAL : Agregado Grueso
CANTERA : Chero - Nuevo Chimbote
UBICACIÓN : Nuevo Chimbote, Santa, Áncash
FECHA : 2/05/2024

Peso Específico - Absorción

Descripción	Muestra
Peso de la muestra saturada superficialmente seca (gr)	2250.00
Peso de muestra seca (gr)	2244.50
Peso de la muestra sumergida (gr)	1354.90
Peso específico	2.51
Absorción (%)	0.25



Ms. Julio Cesar Rivasplata Diaz
JEFE DEL LABORATORIO

ANEXO 6: DISEÑO DE MEZCLA

	FORMATO DE ENSAYO		Código	-
	DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO		Fecha	12/11/2024
	MÉTODO DE DISEÑO DEL COMITÉ ACI 211		Página	1 de 3

PROYECTO : "Influencia de polvo de algas marinas en la permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto en Nuevo Chimbote, Áncash"
TESISTAS : Araujo Saucedo Jean Pier
Cabello Lopez Jean Marco
UBICACIÓN : Nuevo Chimbote, Santa, Áncash
FECHA : 12/11/2024

1. SELECCIÓN DE TIPO DE ESTRUCTURA

Tipo de Estructura	Slump		Slump seleccionado
	Máximo	Mínimo	
Zapatas y muros de cimentación reforzados	3"	1"	3.0"

2. RESISTENCIA PROMEDIO REQUERIDA (F'CR)

Resistencia de diseño (f'c)	210 Kg/cm ²
Resistencia promedio requerida (f'cr)	295 Kg/cm ²

3. CARACTERÍSTICAS DEL CEMENTO

Nombre	Tipo	Peso específico	Unidad
Cemento Pacasmayo	MS	2930	kg/m ³

4. CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS

Característica	Unidad	Agregado Fino	Agregado Grueso
Peso Unitario Suelto (P.U.S)	kg/m ³	1620	1448
Peso Unitario Compactado (P.U.C)	kg/m ³	1768	1634
Peso Específico	kg/m ³	2550	2508
Contenido de Humedad	%	0.36	0.22
Porcentaje de Absorción	%	0.5	0.25
Módulo de Fineza		2.74	
Tamaño Máximo Nominal (TMN)			1/2

5. VOLÚMEN UNITARIO DE AGUA Y PORCENTAJE DE AIRE ATRAPADO

Concreto	Sin aire incorporado
----------	----------------------

Volumen de agua (lt) / m ³	216
---------------------------------------	-----

Volumen abs agua m ³	0.216
---------------------------------	-------

% aire atrapado	2.5
-----------------	-----

Slump (in)	Agua del concreto para los tamaños máximos nominales de agregados indicados, lt/m ³						
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"
Sin aire incorporado							
1 a 2	207	199	190	179	166	154	130
3 a 4	228	216	205	193	181	169	145
5 a 6	237	222	210	196	184	172	151
6 a 7	243	228	216	202	190	178	160
Más de 7							
% aire atrapado	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3
Con aire incorporado							
1 a 2	181	175	168	160	150	142	122
3 a 4	202	193	184	175	165	157	133
5 a 6	211	199	190	178	168	160	142
6 a 7	216	205	197	184	174	166	154
Más de 7							
% aire total requerido							
Exposición Clase F1	6	5.5	5	4.5	4.5	4	3.5
Exposición Clases F2 y F3	7.5	7	6	6	5.5	5	4.5



	FORMATO DE ENSAYO	Código	-
	DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO	Fecha	12/11/2024
	MÉTODO DE DISEÑO DEL COMITÉ ACI 211	Página	2 de 3

PROYECTO : "Influencia de polvo de algas marinas en la permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto en Nuevo Chimbote, Áncash"
TESISTAS : Araujo Saucedo Jean Pier
 Cabello Lopez Jean Marco
UBICACIÓN : Nuevo Chimbote, Santa, Áncash
FECHA : 12/11/2024

6. RELACIÓN AGUA/CEMENTO

Resistencia a la compresión a los 28 días (kg/cm ²)	Relación agua/cemento en peso	
	Sin aire incorporado	Con aire incorporado
492	0.34	
422	0.41	0.33
352	0.48	0.4
281	0.57	0.48
211	0.68	0.59
141	0.82	0.74

f'cr	a/c
352 Kg/cm ²	0.48
295 Kg/cm²	0.55
281 Kg/cm ²	0.57

7. VOLUMEN DEL CEMENTO

Peso Cemento (Kg)/m ³	391.12
----------------------------------	--------

Factor Cemento (bol) /m ³	9.20
--------------------------------------	------

Volumen abs cemento m ³	0.13
------------------------------------	------

8. VOLUMEN DEL AGREGADO GRUESO

Tamaño máximo nominal del agregado	Volumen de agregado grueso seco y compactado por unidad de volumen de concreto para diferentes módulos de finura del agregado fino			
	2.40	2.60	2.80	3.00
	3/8"	0.50	0.48	0.46
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.75	0.73	0.71	0.69
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.82	0.80	0.78	0.76

MF	Volumen m ³
2.60	0.57
2.74	0.56
2.80	0.55

Peso Agr. Grueso (Kg)/m ³	908.50
--------------------------------------	--------

Volumen abs Agr. Grueso m ³	0.36
--	------

9. VOLUMEN DEL AGREGADO FINO

Volumenes absolutos	Valor	Unidad
Agua	0.216	m ³
Cemento	0.133	m ³
Aire	0.025	m ³
Agregado grueso	0.362	m ³
Volumen parcial	0.74	m³

Volumen abs Agr. Fino m ³	0.26
--------------------------------------	------

Peso Agr. Fino (Kg)/m ³	672.49
------------------------------------	--------

10. PESOS EN ESTADO SECO

Materiales	Pesos en estado seco	Unidad
Agua	216.00	Kg
Cemento	391.12	Kg
Agregado Grueso	908.50	Kg
Agregado Fino	672.49	Kg
Total	2188.12	Kg





FORMATO DE ENSAYO

DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO
MÉTODO DE DISEÑO DEL COMITÉ ACI 211

Código	-
Fecha	12/11/2024
Página	3 de 3

PROYECTO : "Influencia de polvo de algas marinas en la permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto en Nuevo Chimbote, Áncash"
TESISTAS : Araujo Saucedo Jean Pier
Cabello Lopez Jean Marco
UBICACIÓN : Nuevo Chimbote, Santa, Áncash
FECHA : 12/11/2024

11. CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Corrección por humedad de los agregados		
Agregados	Peso del agregado húmedo	Unidad
Agregado Grueso	910.50	kg
Agregado Fino	674.91	kg

Aporte de agua de los agregados		
Agregados	Aporte agua de libre	Unidad
Agregado Grueso	-0.27	kg
Agregado Fino	-0.94	kg
Agua efectiva	217.21	kg

12. PROPORCIONES EN PESO

Material	Peso seco	Peso corregido por humedad
Agua	216.00 kg	217.21 kg
Cemento	391.12 kg	391.12 kg
Agregado Grueso	908.50 kg	910.50 kg
Agregado Fino	672.49 kg	674.91 kg

PROPORCIONES EN PESO SECO

Cemento	Agreg. Fino	Agreg. Grueso	Agua	a/c
1.00	1.72	2.32	23.47 lt/bols	0.55

PROPORCIONES EN PESO HÚMEDO (EN OBRA)

Cemento	Agreg. Fino	Agreg. Grueso	Agua	a/c
1.00	1.73	2.33	23.60 lt/bols	0.56

13. PROPORCIONES EN VOLUMEN

Materiales	Proporción en peso	Peso x bolsa	Volumen (pie ³)
Cemento	1.00	42.50 kg	1.00
Agregado Fino	1.73	73.34 kg	1.60
Agregado Grueso	2.33	98.94 kg	2.41
a/c	0.56	23.60 lt	23.60 lt

PROPORCIONES EN VOLUMEN

Cemento	Agreg. Fino	Agreg. Grueso	Agua	a/c
1.00	1.60	2.41	23.60 lt/bols	0.56



Ms. Julio Cesar Rivasplata Diaz
JEFE DEL LABORATORIO

ANEXO 7: ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

REGISTRO DE ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

1. INFORMACION GENERAL

SOLICITANTES : Araujo Saucedo Jean Pier / Cabello Lopez Jean Marco
PROYECTO : Influencia de polvo de algas marinas en la permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto en Nuevo Chimbote, Áncash

2. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

Descripción	Fecha	Temperatura (°C)	Asentamiento (in)	P.U.C. (kg/m ³)
Concreto patrón	16/11/2024	24.0	3.75	2,398
Concreto con 0.5% de polvo de algas marinas	16/11/2024	24.0	3.50	2,385
Concreto con 1.0% de polvo de algas marinas	16/11/2024	24.0	2.50	2,379
Concreto con 1.5% de polvo de algas marinas	16/11/2024	24.0	1.50	2,385
Concreto con 2.0% de polvo de algas marinas	16/11/2024	24.0	1.50	2,381



MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191



Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591

**ANEXO 8: ENSAYO PARA DETERMINAR PORCENTAJE DE VACÍOS O POROSIDAD
EN EL CONCRETO**

INFORME DE ENSAYO
CERT-TEM-0025-25

Método de ensayo para determinar la densidad, absorción y porcentaje de vacíos en el concreto endurecido
ASTM C642 - NTP 339.187

Datos de Identificación del Cliente y Muestra

Cliente :	Araujo Saucedo Jean Pier Cabello Lopez Jean Marco
Proyecto :	Influencia de polvo de algas marinas en la permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto en Nuevo Chimbote, Áncash
Muestra :	Concreto patrón

Fecha de Emisión:	04-01-25
f'c (kg/cm²):	210

RESULTADOS DE ENSAYOS DE PORCENTAJE DE VACÍOS

Código Identificación	DESCRIPCIÓN	Unidad	M1	%Vacíos 1	M2	%Vacíos 2
043-TEM-P076	Masa de la muestra seca	g	974.9	6.75	970.5	6.87
	Masa de la muestra saturada superficialmente seca	g	1024.6		1020.6	
	Masa de la muestra después del hervido	g	1005.7		1001.8	
	Masa aparente de la muestra suspendida en agua	g	548.7		545.6	
043-TEM-P077	Masa de la muestra seca	g	955.2	6.94	967.6	6.86
	Masa de la muestra saturada superficialmente seca	g	1011.8		1022.0	
	Masa de la muestra después del hervido	g	986.7		998.9	
	Masa aparente de la muestra suspendida en agua	g	533.2		543.2	
043-TEM-P078	Masa de la muestra seca	g	962.5	7.02	949.0	7.05
	Masa de la muestra saturada superficialmente seca	g	1017.0		999.6	
	Masa de la muestra después del hervido	g	994.5		980.9	
	Masa aparente de la muestra suspendida en agua	g	538.6		528.1	
PROMEDIO (%)						6.91



MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191




Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591

Fin del informe

INFORME DE ENSAYO
CERT-TEM-0026-25

Método de ensayo para determinar la densidad, absorción y porcentaje de vacíos en el concreto endurecido
ASTM C642 - NTP 339.187

Datos de Identificación del Cliente y Muestra

Cliente :	Araujo Saucedo Jean Pier Cabello Lopez Jean Marco
Proyecto :	Influencia de polvo de algas marinas en la permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto en Nuevo Chimbote, Áncash
Muestra :	Concreto con 0.5% de polvo de algas marinas

Fecha de Emisión:	04-01-25
f'c (kg/cm²):	210

RESULTADOS DE ENSAYOS DE PORCENTAJE DE VACÍOS

Código Identificación	DESCRIPCIÓN	Unidad	M1	%Vacíos 1	M2	%Vacíos 2
043-TEM-P079	Masa de la muestra seca	g	967.7	7.31	942.1	7.44
	Masa de la muestra saturada superficialmente seca	g	1021.8		996.6	
	Masa de la muestra después del hervido	g	1001.8		975.6	
	Masa aparente de la muestra suspendida en agua	g	535.4		525.6	
043-TEM-P080	Masa de la muestra seca	g	948.8	7.14	973.6	7.02
	Masa de la muestra saturada superficialmente seca	g	996.6		1024.3	
	Masa de la muestra después del hervido	g	981.2		1006.2	
	Masa aparente de la muestra suspendida en agua	g	527.1		541.8	
043-TEM-P081	Masa de la muestra seca	g	964.7	7.05	962.6	7.14
	Masa de la muestra saturada superficialmente seca	g	1013.4		1016.8	
	Masa de la muestra después del hervido	g	997.1		995.2	
	Masa aparente de la muestra suspendida en agua	g	537.8		539.9	
PROMEDIO (%)						7.18



MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191




Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591

Fin del informe

INFORME DE ENSAYO
CERT-TEM-0027-25

Método de ensayo para determinar la densidad, absorción y porcentaje de vacíos en el concreto endurecido
ASTM C642 - NTP 339.187

Datos de Identificación del Cliente y Muestra

Cliente :	Araujo Saucedo Jean Pier Cabello Lopez Jean Marco
Proyecto :	Influencia de polvo de algas marinas en la permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto en Nuevo Chimbote, Áncash
Muestra :	Concreto con 1.0% de polvo de algas marinas

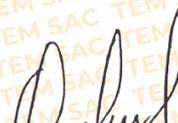
Fecha de Emisión:	04-01-25
f'c (kg/cm²):	210

RESULTADOS DE ENSAYOS DE PORCENTAJE DE VACÍOS

Código Identificación	DESCRIPCIÓN	Unidad	M1	%Vacíos 1	M2	%Vacíos 2
043-TEM-P082	Masa de la muestra seca	g	959.1	7.51	967.9	7.35
	Masa de la muestra saturada superficialmente seca	g	1020.1		1020.0	
	Masa de la muestra después del hervido	g	993.3		1001.6	
	Masa aparente de la muestra suspendida en agua	g	538.5		542.6	
043-TEM-P083	Masa de la muestra seca	g	962.6	7.08	979.9	7.27
	Masa de la muestra saturada superficialmente seca	g	1011.0		1031.8	
	Masa de la muestra después del hervido	g	995.0		1013.6	
	Masa aparente de la muestra suspendida en agua	g	537.9		550.6	
043-TEM-P084	Masa de la muestra seca	g	969.3	7.32	957.1	7.29
	Masa de la muestra saturada superficialmente seca	g	1016.7		1010.9	
	Masa de la muestra después del hervido	g	1002.7		989.9	
	Masa aparente de la muestra suspendida en agua	g	546.1		539.5	
PROMEDIO (%)						7.30



MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191

Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591

Fin del informe

INFORME DE ENSAYO
CERT-TEM-0028-25

Método de ensayo para determinar la densidad, absorción y porcentaje de vacíos en el concreto endurecido
ASTM C642 - NTP 339.187

Datos de Identificación del Cliente y Muestra

Cliente :	Araujo Saucedo Jean Pier Cabello Lopez Jean Marco
Proyecto :	Influencia de polvo de algas marinas en la permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto en Nuevo Chimbote, Áncash
Muestra :	Concreto con 1.5% de polvo de algas marinas

Fecha de Emisión:	04-01-25
f'c (kg/cm²):	210

RESULTADOS DE ENSAYOS DE PORCENTAJE DE VACÍOS

Código Identificación	DESCRIPCIÓN	Unidad	M1	%Vacíos 1	M2	%Vacíos 2
043-TEM-P085	Masa de la muestra seca	g	985.2	8.32	962.7	8.11
	Masa de la muestra saturada superficialmente seca	g	1037.9		1015.9	
	Masa de la muestra después del hervido	g	1024.2		1000.1	
	Masa aparente de la muestra suspendida en agua	g	556.3		538.2	
043-TEM-P086	Masa de la muestra seca	g	973.3	8.10	964.7	8.31
	Masa de la muestra saturada superficialmente seca	g	1031.1		1019.7	
	Masa de la muestra después del hervido	g	1011.0		1003.3	
	Masa aparente de la muestra suspendida en agua	g	546.9		539.3	
043-TEM-P087	Masa de la muestra seca	g	960.9	8.03	968.7	8.13
	Masa de la muestra saturada superficialmente seca	g	1009.4		1022.8	
	Masa de la muestra después del hervido	g	998.2		1006.4	
	Masa aparente de la muestra suspendida en agua	g	532.6		542.5	
PROMEDIO (%)						8.17



MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191




Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591

Fin del informe

INFORME DE ENSAYO
CERT-TEM-0029-25

Método de ensayo para determinar la densidad, absorción y porcentaje de vacíos en el concreto endurecido
ASTM C642 - NTP 339.187

Datos de Identificación del Cliente y Muestra

Cliente :	Araujo Saucedo Jean Pier Cabello Lopez Jean Marco
Proyecto :	Influencia de polvo de algas marinas en la permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto en Nuevo Chimbote, Áncash
Muestra :	Concreto con 2.0% de polvo de algas marinas

Fecha de Emisión:	04-01-25
f'c (kg/cm²):	210

RESULTADOS DE ENSAYOS DE PORCENTAJE DE VACÍOS

Código Identificación	DESCRIPCIÓN	Unidad	M1	%Vacíos 1	M2	%Vacíos 2
043-TEM-P088	Masa de la muestra seca	g	976.2	8.51	974.3	8.75
	Masa de la muestra saturada superficialmente seca	g	1034.6		1034.7	
	Masa de la muestra después del hervido	g	1015.9		1015.2	
	Masa aparente de la muestra suspendida en agua	g	549.5		547.8	
043-TEM-P089	Masa de la muestra seca	g	969.8	8.46	981.1	8.42
	Masa de la muestra saturada superficialmente seca	g	1028.0		1038.3	
	Masa de la muestra después del hervido	g	1009.0		1020.5	
	Masa aparente de la muestra suspendida en agua	g	546.5		552.7	
043-TEM-P090	Masa de la muestra seca	g	947.5	8.38	985.2	8.26
	Masa de la muestra saturada superficialmente seca	g	1000.2		1037.6	
	Masa de la muestra después del hervido	g	985.7		1023.6	
	Masa aparente de la muestra suspendida en agua	g	529.9		559.3	
PROMEDIO (%)						8.46



MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191




Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591

Fin del informe

**ANEXO 9: ENSAYO DE PROFUNDIDAD DE PENETRACIÓN DE AGUA BAJO
PRESIÓN EN EL CONCRETO ENDURECIDO (UNE-EN 12390-8)**

INFORME ENSAYO DE PERMEABILIDAD

BUILDING TRUST



PARA Felipe Chang

CONTACTO Roger Pinto B.
Responsable LEM

PÁGINAS 1/2

TELÉFONO (01) 618 6060

FECHA 13 de Enero, 2025

CELULARE-MAIL 919440745
pinto.roger@pe.sika.com

1. ANTECEDENTES:

Se realizaron ensayos método para determinar la profundidad de penetración de agua bajo presión en hormigones endurecidos que han sido curados en agua, según la norma Europea EN 12390-8.

2. OBSERVACIONES:

Las muestras cilíndricas fueron preparadas, moldeadas, curadas, aserradas e identificadas por los alumnos interesados con la identificación de Araujo 0%, 0.5%, 1.0 %, 1.5% y 2.0% con una altura aproximada de 15.1 cm y con un diámetro de 15.2 cm con los siguientes resultados después de haberlos sometidos a 5 bares de presión por 72 horas.

RESULTADO CON RESPECTO AL AREA DE PENETRACIÓN

	ARAUJO 0% M-1-A1		ARAUJO 0 % M-2-A2		ARAUJO 0 % M-3-A3	
Area inicial mm2	23104	23104	22952	22952	22648	22648
Peso inicial	1.8688	1.8164	1.7267	1.711	1.7444	1.7587
peso final	1.4246	1.3852	1.3107	1.2775	1.3930	1.3991
%	23.77	23.74	24.09	25.34	20.14	20.45
Area de Penetracion mm2	5491.65	5484.72	5529.64	5815.13	4562.32	4630.82
Promedio área mm2	5252.4					

SIKA PERU S.A.C.

Habilitación Industrial El Lúcumo Mz. B Lote 6 / Lurín / Lima - Perú Telf: +51 618 6060 · Fax: +51 618 6070 ·
www.sika.com.pe

RESULTADO CON RESPECTO A LA ALTURA DE PENETRACIÓN

	ARAUJO 0% M-1-A1		ARAUJO 0 % M-2-A2		ARAUJO 0 % M-3-A3	
altura inicial cm	15.20	15.20	15.10	15.10	14.90	14.90
altura penetracion MAX. Mm	55	55	55	50.0	45	50.0
diametro de la muestra cm	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2
altura media de penetracion mm	36.1	36.1	36.4	38.3	30.0	30.5
Promedio altura media mm	34.6					

RESULTADO CON RESPECTO AL AREA DE PENETRACIÓN

	ARAUJO 0.5 % M-1-B1		ARAUJO 0.5 % M-2-B2		ARAUJO 0.5 % M-3-B3	
Area inicial mm2	22952	22952	22344	22344	23408	23408
Peso inicial	1.8475	1.736	1.6799	1.6352	1.7773	1.7459
peso final	1.4029	1.3811	1.2994	1.2393	1.2827	1.2110
%	24.06	20.44	22.65	24.21	27.83	30.64
Area de Penetracion mm2	5523.39	4692.20	5060.95	5409.73	6514.15	7171.62
Promedio área mm2	5728.7					

RESULTADO CON RESPECTO A LA ALTURA DE PENETRACIÓN

	ARAUJO 0.5 % M-1-B1		ARAUJO 0.5 % M-2-B2		ARAUJO 0.5 % M-3-B3	
altura inicial cm	15.10	15.10	14.70	14.70	15.40	15.40
altura penetracion MAX. Mm	29	30	27	32.0	38	40.0
diámetro de la muestra cm	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2
altura media de penetracion mm	36.3	30.9	33.3	35.6	42.9	47.2
Promedio altura media mm	37.7					

RESULTADO CON RESPECTO AL AREA DE PENETRACIÓN

	ARAUJO 1.0 % M-1-C1		ARAUJO 1.0 % M-2-C2		ARAUJO 1.0 % M-3-C3	
Area inicial mm2	23256	23256	22648	22648	22800	22800
Peso inicial	1.7378	1.7506	1.7740	1.7225	1.7763	1.7502
peso final	1.4846	1.4949	1.5217	1.4986	1.4775	1.4829
%	14.57	14.61	14.22	13.00	16.82	15.27
Area de Penetracion mm2	3388.43	3396.87	3220.97	2943.91	3835.30	3482.14
Promedio área mm2	3377.9					

RESULTADO CON RESPECTO A LA ALTURA DE PENETRACIÓN

	ARAUJO 1.0 % M-1-C1		ARAUJO 1.0 % M-2-C2		ARAUJO 1.0 % M-3-C3	
altura inicial cm	15.30	15.30	14.90	14.90	15.00	15.00
altura penetracion MAX. Mm	44	35	24	31.0	28	32.0
diámetro de la muestra cm	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2
altura media de penetracion mm	22.3	22.3	21.2	19.4	25.2	22.9
Promedio altura media mm	22.2					

SIKA PERU S.A.C.

Habilitación Industrial El Lúcumo Mz. B Lote 6 / Lurín / Lima - Perú

Telf: +51 618 6060 · Fax: +51 618 6070 · www.sika.com.pe

RESULTADO CON RESPECTO AL AREA DE PENETRACIÓN

	ARAUJO 1.5 % M-1-D1		ARAUJO 1.5 % M-2-D2		ARAUJO 1.5 % M-3-D3	
Area inicial mm2	22496	22496	23104	23104	22952	22952
Peso inicial	1.7564	1.7138	1.6765	1.6977	1.7034	1.7047
peso final	1.4699	1.4452	1.4587	1.4727	1.4322	1.4524
%	16.31	15.67	12.99	13.25	15.92	14.80
Area de Penetracion mm2	3669.50	3525.75	3001.52	3062.03	3654.21	3396.96
Promedio área mm2	3385.0					

RESULTADO CON RESPECTO A LA ALTURA DE PENETRACIÓN

	ARAUJO 1.5 % M-1-D1		ARAUJO 1.5 % M-2-D2		ARAUJO 1.5 % M-3-D3	
altura inicial cm	14.80	14.80	15.20	15.20	15.10	15.10
altura penetracion MAX. Mm	18	19	15	21.0	21	20.0
diametro de la muestra cm	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2
altura media de penetracion mm	24.1	23.2	19.7	20.1	24.0	22.3
Promedio altura media mm	22.3					

RESULTADO CON RESPECTO AL AREA DE PENETRACIÓN

	ARAUJO 2% M-1-E1		ARAUJO 2% M-2-E2		ARAUJO 2% M-3-E3	
Area inicial mm2	22496	22496	23104	23104	22952	22952
Peso inicial	1.7242	1.7628	1.8036	1.8006	1.7840	1.7924
peso final	1.5480	1.6244	1.5919	1.6609	1.5818	1.6093
%	10.22	7.85	11.74	7.76	11.33	10.22
Area de Penetracion mm2	2298.92	1766.19	2711.86	1792.53	2601.40	2344.63
Promedio área mm2	2252.6					

SIKA PERU S.A.C.

Habilitación Industrial El Lúcumo Mz. B Lote 6 / Lurín / Lima - Perú Telf: +51 618 6060 · Fax: +51 618 6070 ·

www.sika.com.pe

RESULTADO CON RESPECTO A LA ALTURA DE PENETRACIÓN

	0.30 ICO M-1		0.30 ICO M-2		0.30 ICO M-2	
altura inicial cm	14.80	14.80	15.20	15.20	15.10	15.10
altura penetracion MAX. Mm	18	19	15	21.0	21	20.0
diametro de la muestra cm	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2
altura media de penetracion mm	15.1	11.6	17.8	11.8	17.1	15.4
Promedio altura media mm	14.8					



Atentamente,



Roger Pinto B.
Responsable LEM
SIKA PERÚ SAC

ANEXO 10: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

INFORME DE ENSAYO N° 1458-24-TEM

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas

ASTM C39/C39M - NTP 339.034

Datos de Identificación del Cliente y Muestra

Cliente :	Araujo Saucedo Jean Pier Cabello Lopez Jean Marco
Proyecto :	Influencia de polvo de algas marinas en la permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto en Nuevo Chimbote, Áncash
Muestra :	Concreto patrón

Fecha de Emisión:	03-12-24
Fecha de Moldeado:	16-11-24
Fecha de Ensayo:	23-11-24
f'c (kg/cm²):	210

RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm ²)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	Tipo de Fractura*
043-24-TEM-P001	7	10.18	81.3	150.6	18.5	189	5
043-24-TEM-P002	7	10.20	81.7	152.6	18.7	190	2
043-24-TEM-P003	7	10.25	82.5	155.7	18.9	192	5
043-24-TEM-P004	7	10.18	81.3	163.9	20.2	206	2
043-24-TEM-P005	7	10.25	82.5	159.4	19.3	197	5
Promedio					19.1	195	

NOTAS:

- El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
- El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M
- Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2,000 KN de capacidad con certificado de calibración N° LFP-071-2024, cumpliendo la norma ASTM C39/C39M.
- Como elementos de distribución de carga se emplearon pads de neopreno, según norma ASTM C1231/C1231M
- Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
- El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados

* Según ASTM C39, Se debe reportar el tipo de fractura si es diferente al cono usual



MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191



Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591

Oficina: Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.

Laboratorio: Av Oswaldo Herculles 390 Urb Chimú - Trujillo.

website: www.tem-concrete.com

INFORME DE ENSAYO N° 1459-24-TEM

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas

ASTM C39/C39M - NTP 339.034

Datos de Identificación del Cliente y Muestra

Cliente :	Araujo Saucedo Jean Pier Cabello Lopez Jean Marco
Proyecto :	Influencia de polvo de algas marinas en la permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto en Nuevo Chimbote, Áncash
Muestra :	Concreto patrón

Fecha de Emisión:	03-12-24
Fecha de Moldeado:	16-11-24
Fecha de Ensayo:	30-11-24
f'c (kg/cm²):	210

RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm ²)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	Tipo de Fractura*
043-24-TEM-P006	14	10.18	81.3	212.5	26.1	266	5
043-24-TEM-P007	14	10.20	81.7	201.7	24.7	252	2
043-24-TEM-P008	14	10.28	82.9	212.5	25.6	261	2
043-24-TEM-P009	14	10.28	82.9	203.7	24.6	250	2
043-24-TEM-P010	14	10.28	82.9	212.7	25.6	262	5
Promedio					25.3	258	

NOTAS:

- El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
- El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M
- Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2,000 KN de capacidad con certificado de calibración N° LFP-071-2024, cumpliendo la norma ASTM C39/C39M.
- Como elementos de distribución de carga se emplearon pads de neopreno, según norma ASTM C1231/C1231M
- Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
- El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados

* Según ASTM C39, Se debe reportar el tipo de fractura si es diferente al cono usual



MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191




Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591

Oficina: Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.

Laboratorio: Av Oswaldo Herculles 390 Urb Chimú - Trujillo.

website: www.tem-concrete.com

INFORME DE ENSAYO N° 1540-24-TEM

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas

ASTM C39/C39M - NTP 339.034

Datos de Identificación del Cliente y Muestra

Cliente :	Araujo Saucedo Jean Pier Cabello Lopez Jean Marco
Proyecto :	Influencia de polvo de algas marinas en la permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto en Nuevo Chimbote, Áncash
Muestra :	Concreto patrón

Fecha de Emisión:	20-12-24
Fecha de Moldeado:	16-11-24
Fecha de Ensayo:	14-12-24
f'c (kg/cm²):	210

RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm ²)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	Tipo de Fractura*
043-24-TEM-P051	28	10.15	80.9				5
043-24-TEM-P052	28	10.15	80.9	234.8	29.0	296	2
043-24-TEM-P053	28	10.15	80.9	236.6	29.2	298	2
043-24-TEM-P054	28	10.20	81.7	2 1	28.		5
043-24-TEM-P055	28	10.25	82.5	231	28.1		2
Promedio					29.0	295	

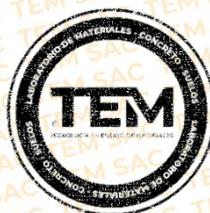
NOTAS:

- El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
- El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M
- Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2,000 KN de capacidad con certificado de calibración N° LFP-071-2024, cumpliendo la norma ASTM C39/C39M.
- Como elementos de distribución de carga se emplearon pads de neopreno, según norma ASTM C1231/C1231M
- Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
- El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados

* Según ASTM C39, Se debe reportar el tipo de fractura si es diferente al cono usual



MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191




Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591

Oficina: Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.

Laboratorio: Av Oswaldo Hercelles 390 Urb Chimú - Trujillo.

website: www.tem-concrete.com

INFORME DE ENSAYO N° 1460-24-TEM

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas
 ASTM C39/C39M - NTP 339.034

Datos de Identificación del Cliente y Muestra

Cliente :	Araujo Saucedo Jean Pier Cabello Lopez Jean Marco
Proyecto :	Influencia de polvo de algas marinas en la permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto en Nuevo Chimbote, Áncash
Muestra :	Concreto con 0.5% de polvo de algas marinas

Fecha de Emisión:	03-12-24
Fecha de Moldeado:	16-11-24
Fecha de Ensayo:	23-11-24
f'c (kg/cm²):	210

RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm ²)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	Tipo de Fractura*
043-24-TEM-P011	7	10.25	82.5	163.6	19.8	202	2
043-24-TEM-P012	7	10.25	82.5	154.9	18.8	192	5
043-24-TEM-P013	7	10.18	81.3	161.9	19.9	203	2
043-24-TEM-P014	7	10.18	81.3	166.7	20.5	209	2
043-24-TEM-P015	7	10.25	82.5	167.2	20.3	207	2
Promedio					19.8	203	

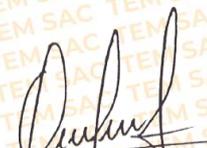
NOTAS:

- El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
- El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M
- Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2,000 KN de capacidad con certificado de calibración N° LFP-071-2024, cumpliendo la norma ASTM C39/C39M.
- Como elementos de distribución de carga se emplearon pads de neopreno, según norma ASTM C1231/C1231M
- Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
- El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados

* Según ASTM C39, Se debe reportar el tipo de fractura si es diferente al cono usual


 MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
 Gerente General
 CIP N° 248191




 Ing. Oswaldo David Díaz Pino
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
 Jefe de laboratorio
 CIP N° 275591

Oficina: Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.

Laboratorio: Av Oswaldo Herculles 390 Urb Chimú - Trujillo.

website: www.tem-concrete.com

INFORME DE ENSAYO N° 1461-24-TEM

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas
 ASTM C39/C39M - NTP 339.034

Datos de Identificación del Cliente y Muestra

Cliente :	Araujo Saucedo Jean Pier Cabello Lopez Jean Marco
Proyecto :	Influencia de polvo de algas marinas en la permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto en Nuevo Chimbote, Áncash
Muestra :	Concreto con 0.5% de polvo de algas marinas

Fecha de Emisión:	03-12-24
Fecha de Moldeado:	16-11-24
Fecha de Ensayo:	30-11-24
f'c (kg/cm²):	210

RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm ²)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	Tipo de Fractura*
043-24-TEM-P016	14	10.23	82.2	210.0	25.5	261	2
043-24-TEM-P017	14	10.18	81.3	208.6	25.6	261	2
043-24-TEM-P018	14	10.15	80.9	207.5	25.6	262	2
043-24-TEM-P019	14	10.20	81.7	209.5	25.6	262	2
043-24-TEM-P020	14	10.18	81.3	208.6	25.6	261	2
Promedio					25.6	261	

NOTAS:

- El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
- El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M
- Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2,000 KN de capacidad con certificado de calibración N° LFP-071-2024, cumpliendo la norma ASTM C39/C39M.
- Como elementos de distribución de carga se emplearon pads de neopreno, según norma ASTM C1231/C1231M
- Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
- El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados

* Según ASTM C39, Se debe reportar el tipo de fractura si es diferente al cono usual



MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
 Gerente General
 CIP N° 248191




Ing. Oswaldo David Díaz Pino
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
 Jefe de laboratorio
 CIP N° 275591

Oficina: Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.

Laboratorio: Av Oswaldo Hercelles 390 Urb Chimú – Trujillo.

website: www.tem-concrete.com

INFORME DE ENSAYO N° 1541-24-TEM

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas

ASTM C39/C39M - NTP 339.034

Datos de Identificación del Cliente y Muestra

Cliente :	Araujo Saucedo Jean Pier Cabello Lopez Jean Marco
Proyecto :	Influencia de polvo de algas marinas en la permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto en Nuevo Chimbote, Áncash
Muestra :	Concreto con 0.5% de polvo de algas marinas

Fecha de Emisión:	20-12-24
Fecha de Moldeado:	16-11-24
Fecha de Ensayo:	14-12-24
f'c (kg/cm²):	210

RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm ²)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	Tipo de Fractura*
043-24-TEM-P056	28	10.20	81.7	233.5	28.6	292	5
043-24-TEM-P057	28	10.15	80.9	239.8	29.6	302	2
043-24-TEM-P058	28	10.15	80.9	239.5	29.6	302	2
043-24-TEM-P059	28	10.20	81.7	236.5	28.9	295	2
043-24-TEM-P060	28	10.15	80.9	235.6	29.1	297	5
Promedio					28.8	298	

NOTAS:

- El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
- El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M
- Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2,000 KN de capacidad con certificado de calibración N° LFP-071-2024, cumpliendo la norma ASTM C39/C39M.
- Como elementos de distribución de carga se emplearon pads de neopreno, según norma ASTM C1231/C1231M
- Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
- El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados

* Según ASTM C39, Se debe reportar el tipo de fractura si es diferente al cono usual



MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz

Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.

Gerente General

CIP N° 248191



Ing. Oswaldo David Díaz Pino

Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.

Jefe de laboratorio

CIP N° 275591

Oficina: Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.

Laboratorio: Av Oswaldo Herculles 390 Urb Chimú - Trujillo.

website: www.tem-concrete.com

INFORME DE ENSAYO N° 1462-24-TEM

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas
 ASTM C39/C39M - NTP 339.034

Datos de Identificación del Cliente y Muestra

Cliente:	Araujo Saucedo Jean Pier Cabello Lopez Jean Marco	Fecha de Emisión:	03-12-24
Proyecto:	Influencia de polvo de algas marinas en la permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto en Nuevo Chimbote, Áncash	Fecha de Moldeado:	16-11-24
Muestra:	Concreto con 1.0% de polvo de algas marinas	Fecha de Ensayo:	23-11-24
		f'c (kg/cm²):	210

RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm ²)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	Tipo de Fractura*
043-24-TEM-P021	7	10.18	81.3	171.8	21.1	215	2
043-24-TEM-P022	7	10.20	81.7	169.5	20.7	212	2
043-24-TEM-P023	7	10.20	81.7	172.9	21.2	216	5
043-24-TEM-P024	7	10.15	80.9	169.1	20.9	213	5
043-24-TEM-P025	7	10.15	80.9	168.4	20.8	212	5
Promedio					20.9	214	

NOTAS:

- El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
- El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M
- Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2,000 KN de capacidad con certificado de calibración N° LFP-071-2024, cumpliendo la norma ASTM C39/C39M.
- Como elementos de distribución de carga se emplearon pads de neopreno, según norma ASTM C1231/C1231M
- Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
- El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados

* Según ASTM C39, Se debe reportar el tipo de fractura si es diferente al cono usual


 MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
 Gerente General
 CIP N° 248191




 Ing. Oswaldo David Díaz Pino
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
 Jefe de laboratorio
 CIP N° 275591

Oficina: Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.

Laboratorio: Av Oswaldo Herculles 390 Urb Chimú - Trujillo.

website: www.tem-concrete.com

INFORME DE ENSAYO N° 1463-24-TEM

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas
ASTM C39/C39M - NTP 339.034

Datos de Identificación del Cliente y Muestra

Cliente:	Araujo Saucedo Jean Pier Cabello Lopez Jean Marco
Proyecto:	Influencia de polvo de algas marinas en la permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto en Nuevo Chimbote, Áncash
Muestra:	Concreto con 1.0% de polvo de algas marinas

Fecha de Emisión:	03-12-24
Fecha de Moldeado:	16-11-24
Fecha de Ensayo:	30-11-24
f'c (kg/cm²):	210

RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm ²)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	Tipo de Fractura*
043-24-TEM-P026	14	10.28	83.0	227.2	27.4	279	2
043-24-TEM-P027	14	10.28	83.0	225.2	27.1	277	2
043-24-TEM-P028	14	10.20	81.7	222.8	27.3	278	2
043-24-TEM-P029	14	10.15	80.9	227.2	28.1	287	2
043-24-TEM-P030	14	10.15	80.9	224.2	27.7	283	5
Promedio					27.5	281	

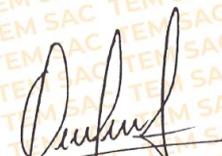
NOTAS:

- El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
- El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M
- Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2,000 KN de capacidad con certificado de calibración N° LFP-071-2024, cumpliendo la norma ASTM C39/C39M.
- Como elementos de distribución de carga se emplearon pads de neopreno, según norma ASTM C1231/C1231M
- Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
- El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados

* Según ASTM C39, Se debe reportar el tipo de fractura si es diferente al cono usual



MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191



Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591



TECNOLOGÍA EN ENSAYO DE MATERIALES

RUC: 20608132016

Contacto: 936194709-989712719

Email: ventas@tem-concrete.com

INFORME DE ENSAYO N° 1542-24-TEM

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas

ASTM C39/C39M - NTP 339.034

Datos de Identificación del Cliente y Muestra

Cliente :	Araujo Saucedo Jean Pier Cabello Lopez Jean Marco
Proyecto :	Influencia de polvo de algas marinas en la permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto en Nuevo Chimbote, Áncash
Muestra :	Concreto con 1.0% de polvo de algas marinas

Fecha de Emisión:	20-12-24
Fecha de Moldeado:	16-11-24
Fecha de Ensayo:	14-12-24
f'c (kg/cm²):	210

RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm ²)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	Tipo de Fractura*
043-24-TEM-P061	28	10.20	81.7	265.2	32.5	331	5
043-24-TEM-P062	28	10.15	80.9	260.4	32.2	328	5
043-24-TEM-P063	28	10.15	80.9	256.7	31.7	324	5
043-24-TEM-P064	28	10.20	81.7	259.7	31.8	324	2
043-24-TEM-P065	28	10.35	84.1	258.7	30.7	314	5
Promedio					31.8	324	

NOTAS:

- El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
- El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M
- Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2,000 KN de capacidad con certificado de calibración N° LFP-071-2024, cumpliendo la norma ASTM C39/C39M.
- Como elementos de distribución de carga se emplearon pads de neopreno, según norma ASTM C1231/C1231M
- Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
- El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados

* Según ASTM C39, Se debe reportar el tipo de fractura si es diferente al cono usual

MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191



Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591

Oficina: Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.

Laboratorio: Av Oswaldo Herculles 390 Urb Chimú - Trujillo.

website: www.tem-concrete.com

INFORME DE ENSAYO N° 1464-24-TEM

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas

ASTM C39/C39M - NTP 339.034

Datos de Identificación del Cliente y Muestra

Cliente :	Araujo Saucedo Jean Pier Cabello Lopez Jean Marco
Proyecto :	Influencia de polvo de algas marinas en la permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto en Nuevo Chimbote, Áncash
Muestra :	Concreto con 1.5% de polvo de algas marinas

Fecha de Emisión:	03-12-24
Fecha de Moldeado:	16-11-24
Fecha de Ensayo:	23-11-24
f'c (kg/cm²):	210

RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm ²)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	Tipo de Fractura*
043-24-TEM-P031	7	10.20	81.7	171.6	21.0	214	2
043-24-TEM-P032	7	10.25	82.5	163.5	19.8	202	5
043-24-TEM-P033	7	10.18	81.3	161.5	19.8	202	5
043-24-TEM-P034	7	10.15	80.9	172.5	21.3	218	2
043-24-TEM-P035	7	10.25	82.5	170.5	20.7	211	2
Promedio					20.5	209	

NOTAS:

1. El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
2. El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M
3. Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2,000 KN de capacidad con certificado de calibración N° LFP-071-2024, cumpliendo la norma ASTM C39/C39M.
4. Como elementos de distribución de carga se emplearon pads de neopreno, según norma ASTM C1231/C1231M
5. Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
6. El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados

* Según ASTM C39, Se debe reportar el tipo de fractura si es diferente al cono usual



MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191



Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591

Oficina: Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.

Laboratorio: Av Oswaldo Herculles 390 Urb Chimú - Trujillo.

website: www.tem-concrete.com

INFORME DE ENSAYO N° 1465-24-TEM

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas

ASTM C39/C39M - NTP 339.034

Datos de Identificación del Cliente y Muestra

Cliente:	Araujo Saucedo Jean Pier Cabello Lopez Jean Marco
Proyecto:	Influencia de polvo de algas marinas en la permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto en Nuevo Chimbote, Áncash
Muestra:	Concreto con 1.5% de polvo de algas marinas

Fecha de Emisión:	03-12-24
Fecha de Moldeado:	16-11-24
Fecha de Ensayo:	30-11-24
f'c (kg/cm²):	210

RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm ²)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	Tipo de Fractura*
043-24-TEM-P036	14	10.23	82.1	219.5	26.7	273	2
043-24-TEM-P037	14	10.23	82.1	213.8	26.0	265	2
043-24-TEM-P038	14	10.18	81.3	202.0	24.8	253	5
043-24-TEM-P039	14	10.20	81.7	216.9	26.5	271	2
043-24-TEM-P040	14	10.23	82.1	218.3	26.6	271	2
Promedio					26.1	267	

NOTAS:

- El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
- El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M
- Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2,000 KN de capacidad con certificado de calibración N° LFP-071-2024, cumpliendo la norma ASTM C39/C39M.
- Como elementos de distribución de carga se emplearon pads de neopreno, según norma ASTM C1231/C1231M
- Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
- El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados

* Según ASTM C39, Se debe reportar el tipo de fractura si es diferente al cono usual



MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191



Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591

Oficina: Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.

Laboratorio: Av Oswaldo Herculles 390 Urb Chimú - Trujillo.

website: www.tem-concrete.com

INFORME DE ENSAYO N° 1543-24-TEM

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas

ASTM C39/C39M - NTP 339.034

Datos de Identificación del Cliente y Muestra

Cliente :	Araujo Saucedo Jean Pier Cabello Lopez Jean Marco
Proyecto :	Influencia de polvo de algas marinas en la permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto en Nuevo Chimbote, Áncash
Muestra :	Concreto con 1.5% de polvo de algas marinas

Fecha de Emisión:	20-12-24
Fecha de Moldeado:	16-11-24
Fecha de Ensayo:	14-12-24
f'c (kg/cm²):	210

RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm ²)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	Tipo de Fractura*
043-24-TEM-P066	28	10.15	80.9	250.1	30.9	315	5
043-24-TEM-P067	28	10.15	80.9	246.9	30.5	311	5
043-24-TEM-P068	28	10.20	81.7	242.3	29.7	302	2
043-24-TEM-P069	28	10.15	80.9	242.0	29.9	305	2
043-24-TEM-P070	28	10.15	80.9	247.1	30.5	311	2
Promedio					30.3	309	

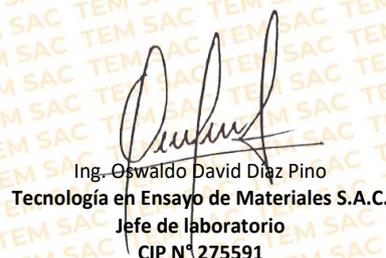
NOTAS:

- El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
- El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M
- Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2,000 KN de capacidad con certificado de calibración N° LFP-071-2024, cumpliendo la norma ASTM C39/C39M.
- Como elementos de distribución de carga se emplearon pads de neopreno, según norma ASTM C1231/C1231M
- Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
- El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados

* Según ASTM C39, Se debe reportar el tipo de fractura si es diferente al cono usual



MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191



Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591

Oficina: Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.

Laboratorio: Av Oswaldo Herculles 390 Urb Chimú - Trujillo.

website: www.tem-concrete.com

INFORME DE ENSAYO N° 1466-24-TEM

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas

ASTM C39/C39M - NTP 339.034

Datos de Identificación del Cliente y Muestra

Cliente :	Araujo Saucedo Jean Pier Cabello Lopez Jean Marco
Proyecto :	Influencia de polvo de algas marinas en la permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto en Nuevo Chimbote, Áncash
Muestra :	Concreto con 2.0% de polvo de algas marinas

Fecha de Emisión:	03-12-24
Fecha de Moldeado:	16-11-24
Fecha de Ensayo:	23-11-24
f'c (kg/cm²):	210

RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm²)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm²)	Tipo de Fractura*
043-24-TEM-P041	7	10.18	81.3	164.3	20.2	206	2
043-24-TEM-P042	7	10.20	81.7	163.5	20.0	204	5
043-24-TEM-P043	7	10.25	82.5	162.6	19.7	201	2
043-24-TEM-P044	7	10.30	83.3	162.5	19.5	199	2
043-24-TEM-P045	7	10.20	81.7	159.8	19.6	200	2
Promedio					19.8	202	

NOTAS:

1. El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
2. El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M
3. Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2,000 KN de capacidad con certificado de calibración N° LFP-071-2024, cumpliendo la norma ASTM C39/C39M.
4. Como elementos de distribución de carga se emplearon pads de neopreno, según norma ASTM C1231/C1231M
5. Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
6. El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados

* Según ASTM C39, Se debe reportar el tipo de fractura si es diferente al cono usual



MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191




Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591

Oficina: Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.

Laboratorio: Av Oswaldo Hercelles 390 Urb Chimú - Trujillo.

website: www.tem-concrete.com

INFORME DE ENSAYO N° 1467-24-TEM

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas

ASTM C39/C39M - NTP 339.034

Datos de Identificación del Cliente y Muestra

Cliente :	Araujo Saucedo Jean Pier Cabello Lopez Jean Marco
Proyecto :	Influencia de polvo de algas marinas en la permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto en Nuevo Chimbote, Áncash
Muestra :	Concreto con 2.0% de polvo de algas marinas

Fecha de Emisión:	03-12-24
Fecha de Moldeado:	16-11-24
Fecha de Ensayo:	30-11-24
f'c (kg/cm²):	210

RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm ²)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	Tipo de Fractura*
043-24-TEM-P046	14	10.18	81.3	210.5	25.9	264	2
043-24-TEM-P047	14	10.28	83.0	208.4	25.1	256	2
043-24-TEM-P048	14	10.23	82.2	211.7	25.8	263	2
043-24-TEM-P049	14	10.23	82.2	208.9	25.4	259	2
043-24-TEM-P050	14	10.18	81.3	212.8	26.1	267	2
Promedio					25.7	262	

NOTAS:

1. El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
2. El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M
3. Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2,000 KN de capacidad con certificado de calibración N° LFP-071-2024, cumpliendo la norma ASTM C39/C39M.
4. Como elementos de distribución de carga se emplearon pads de neopreno, según norma ASTM C1231/C1231M
5. Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
6. El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados

* Según ASTM C39, Se debe reportar el tipo de fractura si es diferente al cono usual



MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191




Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591

Oficina: Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.

Laboratorio: Av Oswaldo Herculles 390 Urb Chimú - Trujillo.

website: www.tem-concrete.com

INFORME DE ENSAYO N° 1544-24-TEM

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas
ASTM C39/C39M - NTP 339.034

Datos de Identificación del Cliente y Muestra

Cliente:	Araujo Saucedo Jean Pier Cabello Lopez Jean Marco
Proyecto:	Influencia de polvo de algas marinas en la permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto en Nuevo Chimbote, Áncash
Muestra:	Concreto con 2.0% de polvo de algas marinas

Fecha de Emisión:	20-12-24
Fecha de Moldeado:	16-11-24
Fecha de Ensayo:	14-12-24
f'c (kg/cm²):	210

RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm ²)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	Tipo de Fractura*
043-24-TEM-P071	28	10.20	81.7	244.6	29.9	305	2
043-24-TEM-P072	28	10.15	80.9	242.8	30.0	306	5
043-24-TEM-P073	28	10.20	81.7	240.5	29.4	300	2
043-24-TEM-P074	28	10.15	80.9	243.1	30.0	307	2
043-24-TEM-P075	28	10.25	82.5	241.6	29.3	299	2
Promedio					29.7	303	

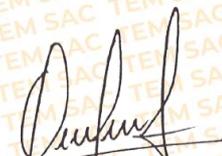
NOTAS:

- El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
- El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M
- Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2,000 KN de capacidad con certificado de calibración N° LFP-071-2024, cumpliendo la norma ASTM C39/C39M.
- Como elementos de distribución de carga se emplearon pads de neopreno, según norma ASTM C1231/C1231M
- Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
- El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados

* Según ASTM C39, Se debe reportar el tipo de fractura si es diferente al cono usual



MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191



Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591

**ANEXO 11: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO CON % CON
MEJOR COMPORTAMIENTO (1%)**

**INFORME DE ENSAYO
CERT-TEM-0117-25**

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas
ASTM C39/C39M - NTP 339.034

Datos de Identificación del Cliente y Muestra

Cliente :	Araujo Saucedo Jean Pier Cabello Lopez Jean Marco
Responsable :	-
Proyecto :	Influencia de polvo de algas marinas en la permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto en Nuevo Chimbote, Áncash
Elemento :	Concreto con 1.0% de polvo de algas marinas

Fecha de Emisión:	25-02-25
Fecha de Moldeado:	22-01-25
Fecha de Ensayo:	19-02-25
f'c (kg/cm²):	210

RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESION

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm ²)	Carga Máxima (KN)	Carga Máxima (kg)	Resistencia a la Compresión		Resistencia (%)	Tipo de Fractura	Densidad (kg/m ³)
						(MPa)	(kg/cm ²)			
043-24-TEM-P076	28	10.2	82.4	278.0	28,344.6	33.8	344	164	2	-
043-24-TEM-P077	28	10.2	82.4	273.7	27,912.2	33.2	339	161	2	-
043-24-TEM-P078	28	10.2	82.2	271.7	27,703.2	33.1	337	160	2	-
043-24-TEM-P079	28	10.3	82.8	268.0	27,329.0	32.4	330	157	5	-
043-24-TEM-P080	28	10.3	82.7	268.8	27,411.6	32.5	332	158	2	-



Observaciones: No se encontraron observaciones.

Msc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191



Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente.
- 2) El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
- 3) El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M.
- 4) Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2,000 KN de capacidad con certificado de calibración N° LFP-071-2024, cumpliendo la norma ASTM C39/C39M.
- 5) Como elementos de distribución de carga se emplearon pads de neopreno, según norma ASTM C1231/C1231M
- 6) Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
- 7) El curado inicial, final y edad de ensayo se han adaptado a los días laborables, horario de trabajo y requisitos establecidos por el laboratorio en el acuerdo contractual, con conocimiento y aceptación del cliente. La edad de ensayo nominal (días) es la indicada por el cliente en su orden de servicio.
- 8) El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados.

Fin del informe

Contacto:



TECNOLOGÍA EN ENSAYO DE MATERIALES S.A.C.

Oficina: Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.

Laboratorio: Av Oswaldo Hercelles 390 Urb Chimu - Trujillo.

website: www.tem-concrete.com

Calibración de prensa:



INFORME DE ENSAYO
CERT-TEM-0118-25

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas
ASTM C39/C39M - NTP 339.034

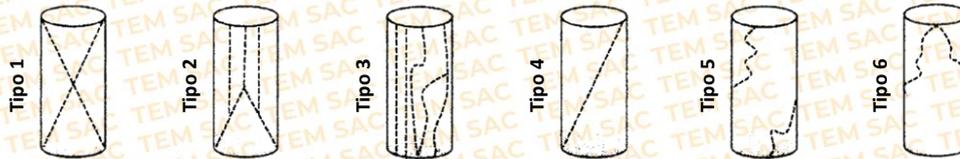
Datos de Identificación del Cliente y Muestra

Cliente :	Araujo Saucedo Jean Pier Cabello Lopez Jean Marco
Responsable :	-
Proyecto :	Influencia de polvo de algas marinas en la permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto en Nuevo Chimbote, Áncash
Elemento :	Concreto con 1.0% de polvo de algas marinas

Fecha de Emisión:	25-02-25
Fecha de Moldeado:	22-01-25
Fecha de Ensayo:	19-02-25
f'c (kg/cm²):	210

RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESION

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm ²)	Carga Máxima (KN)	Carga Máxima (kg)	Resistencia a la Compresión		Resistencia (%)	Tipo de Fractura	Densidad (kg/m ³)
						(MPa)	(kg/cm ²)			
043-24-TEM-P081	28	10.2	82.4	279.8	28,530.2	34.0	346	165	5	-
043-24-TEM-P082	28	10.2	82.0	258.8	26,390.9	31.5	322	153	2	-
043-24-TEM-P083	28	10.3	82.7	274.3	27,967.3	33.2	338	161	5	-
043-24-TEM-P084	28	10.3	82.5	256.9	26,199.2	31.1	318	151	2	-
043-24-TEM-P085	28	10.3	82.6	255.7	26,073.7	31.0	316	150	2	-



Observaciones: No se encontraron observaciones.

MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191



Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente.
- 2) El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
- 3) El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M.
- 4) Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2,000 KN de capacidad con certificado de calibración N° LFP-071-2024, cumpliendo la norma ASTM C39/C39M.
- 5) Como elementos de distribución de carga se emplearon pads de neopreno, según norma ASTM C1231/C1231M
- 6) Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
- 7) El curado inicial, final y edad de ensayo se han adaptado a los días laborables, horario de trabajo y requisitos establecidos por el laboratorio en el acuerdo contractual, con conocimiento y aceptación del cliente. La edad de ensayo nominal (días) es la indicada por el cliente en su orden de servicio.
- 8) El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados.

Fin del informe

Contacto:



TECNOLOGÍA EN ENSAYO DE MATERIALES S.A.C.

Oficina: Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.
Laboratorio: Av Oswaldo Hercelles 390 Urb Chimu - Trujillo.
website: www.tem-concrete.com

Calibración de prensa:



**INFORME DE ENSAYO
 CERT-TEM-0119-25**

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas
 ASTM C39/C39M - NTP 339.034

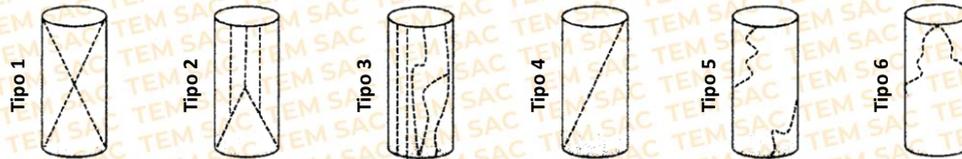
Datos de Identificación del Cliente y Muestra

Cliente :	Araujo Saucedo Jean Pier Cabello Lopez Jean Marco
Responsable :	-
Proyecto :	Influencia de polvo de algas marinas en la permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto en Nuevo Chimbote, Áncash
Elemento :	Concreto con 1.0% de polvo de algas marinas

Fecha de Emisión:	25-02-25
Fecha de Moldeado:	22-01-25
Fecha de Ensayo:	19-02-25
f'c (kg/cm²):	210

RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESION

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm ²)	Carga Máxima (KN)	Carga Máxima (kg)	Resistencia a la Compresión		Resistencia (%)	Tipo de Fractura	Densidad (kg/m ³)
						(MPa)	(kg/cm ²)			
043-24-TEM-P086	28	10.3	82.8	267.4	27,261.7	32.3	329	157	2	-
043-24-TEM-P087	28	10.3	82.7	263.4	26,858.9	31.9	325	155	2	-
043-24-TEM-P088	28	10.3	82.7	264.8	26,998.6	32.0	327	156	2	-
043-24-TEM-P089	28	10.3	82.6	261.3	26,643.7	31.6	323	154	5	-
043-24-TEM-P090	28	10.2	82.4	257.3	26,231.8	31.2	319	152	2	-



Observaciones: No se encontraron observaciones.


 MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
 Gerente General
 CIP N° 248191




 Ing. Oswaldo David Díaz Pino
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
 Jefe de laboratorio
 CIP N° 275591

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente.
- 2) El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
- 3) El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M.
- 4) Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2,000 KN de capacidad con certificado de calibración N° LFP-071-2024, cumpliendo la norma ASTM C39/C39M.
- 5) Como elementos de distribución de carga se emplearon pads de neopreno, según norma ASTM C1231/C1231M
- 6) Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
- 7) El curado inicial, final y edad de ensayo se han adaptado a los días laborables, horario de trabajo y requisitos establecidos por el laboratorio en el acuerdo contractual, con conocimiento y aceptación del cliente. La edad de ensayo nominal (días) es la indicada por el cliente en su orden de servicio.
- 8) El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados.

Fin del informe



TECNOLOGÍA EN ENSAYO DE MATERIALES S.A.C.
 Oficina: Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.
 Laboratorio: Av Oswaldo Hercelles 390 Urb Chimu - Trujillo.
 website: www.tem-concrete.com



**INFORME DE ENSAYO
CERT-TEM-0120-25**

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas
ASTM C39/C39M - NTP 339.034

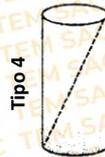
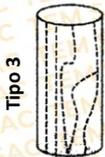
Datos de Identificación del Cliente y Muestra

Cliente :	Araujo Saucedo Jean Pier Cabello Lopez Jean Marco
Responsable :	-
Proyecto :	Influencia de polvo de algas marinas en la permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto en Nuevo Chimbote, Áncash
Elemento :	Concreto con 1.0% de polvo de algas marinas

Fecha de Emisión:	25-02-25
Fecha de Moldeado:	22-01-25
Fecha de Ensayo:	19-02-25
f'c (kg/cm²):	210

RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESION

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm ²)	Carga Máxima (KN)	Carga Máxima (kg)	Resistencia a la Compresión		Resistencia (%)	Tipo de Fractura	Densidad (kg/m ³)
						(MPa)	(kg/cm ²)			
043-24-TEM-P091	28	10.3	82.6	264.3	26,952.7	32.0	326	155	5	-
043-24-TEM-P092	28	10.3	82.5	271.6	27,697.1	32.9	336	160	5	-
043-24-TEM-P093	28	10.2	82.3	271.7	27,704.2	33.0	337	160	2	-
043-24-TEM-P094	28	10.3	82.5	277.2	28,265.1	33.6	343	163	2	-
043-24-TEM-P095	28	10.3	82.5	271.9	27,729.7	33.0	336	160	2	-



Observaciones: No se encontraron observaciones.

MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191



Ing. Osvaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente.
- 2) El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
- 3) El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M.
- 4) Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2,000 KN de capacidad con certificado de calibración N° LFP-071-2024, cumpliendo la norma ASTM C39/C39M.
- 5) Como elementos de distribución de carga se emplearon pads de neopreno, según norma ASTM C1231/C1231M
- 6) Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
- 7) El curado inicial, final y edad de ensayo se han adaptado a los días laborables, horario de trabajo y requisitos establecidos por el laboratorio en el acuerdo contractual, con conocimiento y aceptación del cliente. La edad de ensayo nominal (días) es la indicada por el cliente en su orden de servicio.
- 8) El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados.

Fin del informe



Contacto:

TECNOLOGÍA EN ENSAYO DE MATERIALES S.A.C.
Oficina: Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.
Laboratorio: Av Osvaldo Hercelles 390 Urb Chimu - Trujillo.
website: www.tem-concrete.com

Calibración de prensa:



**INFORME DE ENSAYO
CERT-TEM-0121-25**

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas
ASTM C39/C39M - NTP 339.034

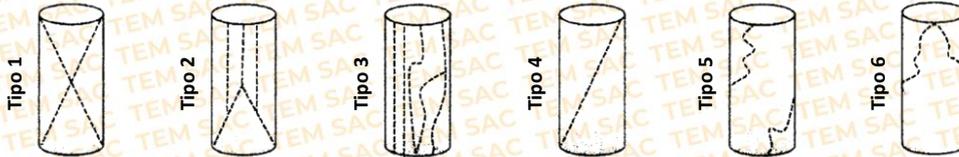
Datos de Identificación del Cliente y Muestra

Cliente :	Araujo Saucedo Jean Pier Cabello Lopez Jean Marco
Responsable :	-
Proyecto :	Influencia de polvo de algas marinas en la permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto en Nuevo Chimbote, Áncash
Elemento :	Concreto con 1.0% de polvo de algas marinas

Fecha de Emisión:	25-02-25
Fecha de Moldeado:	22-01-25
Fecha de Ensayo:	19-02-25
f'c (kg/cm²):	210

RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESION

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm ²)	Carga Máxima (KN)	Carga Máxima (kg)	Resistencia a la Compresión		Resistencia (%)	Tipo de Fractura	Densidad (kg/m ³)
						(MPa)	(kg/cm ²)			
043-24-TEM-P096	28	10.2	82.4	271.2	27,654.3	32.9	336	160	2	-
043-24-TEM-P097	28	10.3	82.5	264.3	26,946.6	32.0	327	156	2	-
043-24-TEM-P098	28	10.3	82.7	273.8	27,920.4	33.1	338	161	5	-
043-24-TEM-P099	28	10.3	83.0	269.6	27,492.1	32.5	331	158	5	-
043-24-TEM-P100	28	10.3	82.8	268.1	27,340.2	32.4	330	157	2	-



Observaciones: No se encontraron observaciones.

Msc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191



Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente.
- 2) El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
- 3) El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M.
- 4) Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2,000 KN de capacidad con certificado de calibración N° LFP-071-2024, cumpliendo la norma ASTM C39/C39M.
- 5) Como elementos de distribución de carga se emplearon pads de neopreno, según norma ASTM C1231/C1231M
- 6) Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
- 7) El curado inicial, final y edad de ensayo se han adaptado a los días laborables, horario de trabajo y requisitos establecidos por el laboratorio en el acuerdo contractual, con conocimiento y aceptación del cliente. La edad de ensayo nominal (días) es la indicada por el cliente en su orden de servicio.
- 8) El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados.

Fin del informe



TECNOLOGÍA EN ENSAYO DE MATERIALES S.A.C.
Oficina: Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.
Laboratorio: Av Oswaldo Hercelles 390 Urb Chimú - Trujillo.
website: www.tem-concrete.com



INFORME DE ENSAYO
CERT-TEM-0122-25

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas
ASTM C39/C39M - NTP 339.034

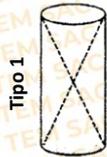
Datos de Identificación del Cliente y Muestra

Cliente :	Araujo Saucedo Jean Pier Cabello Lopez Jean Marco
Responsable :	-
Proyecto :	Influencia de polvo de algas marinas en la permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto en Nuevo Chimbote, Áncash
Elemento :	Concreto con 1.0% de polvo de algas marinas

Fecha de Emisión:	25-02-25
Fecha de Moldeado:	22-01-25
Fecha de Ensayo:	19-02-25
f'c (kg/cm²):	210

RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESION

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm ²)	Carga Máxima (KN)	Carga Máxima (kg)	Resistencia a la Compresión		Resistencia (%)	Tipo de Fractura	Densidad (kg/m ³)
						(MPa)	(kg/cm ²)			
043-24-TEM-P101	28	10.3	82.8	271.7	27,706.3	32.8	335	159	5	-
043-24-TEM-P102	28	10.3	82.5	272.5	27,788.9	33.0	337	160	5	-
043-24-TEM-P103	28	10.3	82.5	254.9	25,992.2	30.9	315	150	2	-
043-24-TEM-P104	28	10.3	82.7	263.3	26,844.6	31.8	325	155	2	-
043-24-TEM-P105	28	10.3	83.0	262.1	26,730.4	31.6	322	153	5	-



Tipo 1



Tipo 2



Tipo 3



Tipo 4



Tipo 5



Tipo 6

Observaciones: No se encontraron observaciones.


MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191




Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente.
- 2) El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
- 3) El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M.
- 4) Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2,000 KN de capacidad con certificado de calibración N° LFP-071-2024, cumpliendo la norma ASTM C39/C39M.
- 5) Como elementos de distribución de carga se emplearon pads de neopreno, según norma ASTM C1231/C1231M
- 6) Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
- 7) El curado inicial, final y edad de ensayo se han adaptado a los días laborables, horario de trabajo y requisitos establecidos por el laboratorio en el acuerdo contractual, con conocimiento y aceptación del cliente. La edad de ensayo nominal (días) es la indicada por el cliente en su orden de servicio.
- 8) El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados.

Fin del informe



TECNOLOGÍA EN ENSAYO DE MATERIALES S.A.C.
Oficina: Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.
Laboratorio: Av Oswaldo Hercelles 390 Urb Chimu - Trujillo.
website: www.tem-concrete.com



ANEXO 12: ENSAYO DE DIFRACCIÓN DE RAYOS X (DRX)

**INFORME DE ENSAYO
IE-2024-3476**

1. DATOS DEL CLIENTE

1.1 Cliente : JEAN MARCO CABELLO LOPEZ
1.2 RUC o DNI : 70878375
1.3 Dirección :

2. DATOS DE LA MUESTRA

2.1 Producto : ALGA MARINA EN POLVO
2.2 Muestreado por : CLIENTE (c)
2.3 Número de Muestras : 01
2.4 Fecha de Recepción : 2024-11-18
2.5 Periodo de Ensayo : 2024-11-19 al 2024-11-26
2.6 Fecha de Emisión : 2024-11-27
2.7 Fecha y Hora de Muestreo : No Precisa
2.8 N° de cotización : COT-158960-SL24

3. ENSAYO SOLICITADO - METODOLOGÍA UTILIZADA

ENSAYO	MÉTODO
Ensayo de Fluorescencia de Rayos X Composición Química por (óxidos): SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , CaO, MgO, K ₂ O, Na ₂ O, etc	Fluorescencia de Rayos X - FRX

4. RESULTADOS

4.1. DESCRIPCIÓN DE MUESTRA: Polvo de Algas Marinas (c)

Título de Tesis: "Influencia de polvo de algas marinas en la permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto en Nuevo Chimbote, Áncash" (c)

Integrantes:

-Araujo Saucedo Jean Pier
-Cabello Lopez Jean Marco (c)



DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO
QUÍMICO
CQP. 1337

4.2. RESULTADOS OBTENIDOS DE ENSAYO DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X

- Equipo Utilizado: SHIMADZU EDX espectrómetro de fluorescencia de rayos X
- Barrido elemental del Na a U, expresados en óxidos.
- Limite de detección del equipo es 0.001%.

Tabla N°1: COMPOSICIÓN QUÍMICA EXPRESADOS COMO ÓXIDOS

Código de laboratorio	Componente	Unidad	LCM	Resultado
S-5645	Óxido de Potasio, K ₂ O	%	0.001	27.756
	Óxido de Calcio, CaO	%	0.001	3.454
	Cloruro, Cl	%	0.001	16.764
	Óxido de Hierro, Fe ₂ O ₃	%	0.001	1.661
	Óxido de Magnesio, MgO	%	0.001	6.109
	Óxido de Sodio, Na ₂ O	%	0.001	21.395
	Óxido de Fósforo, P ₂ O ₅	%	0.001	2.695
	Óxido de Azufre, SO ₃	%	0.001	20.165

Nota: Balance de resultados al 100% de óxidos calculados del análisis elemental (del sodio al uranio) por espectrometría de fluorescencia de rayos X. Análisis semicuantitativo en atmósfera de vacío.

La muestra fue calcinada a 500°C, por 2 horas
Se obtuvo una pérdida por calcinación del 50.12%

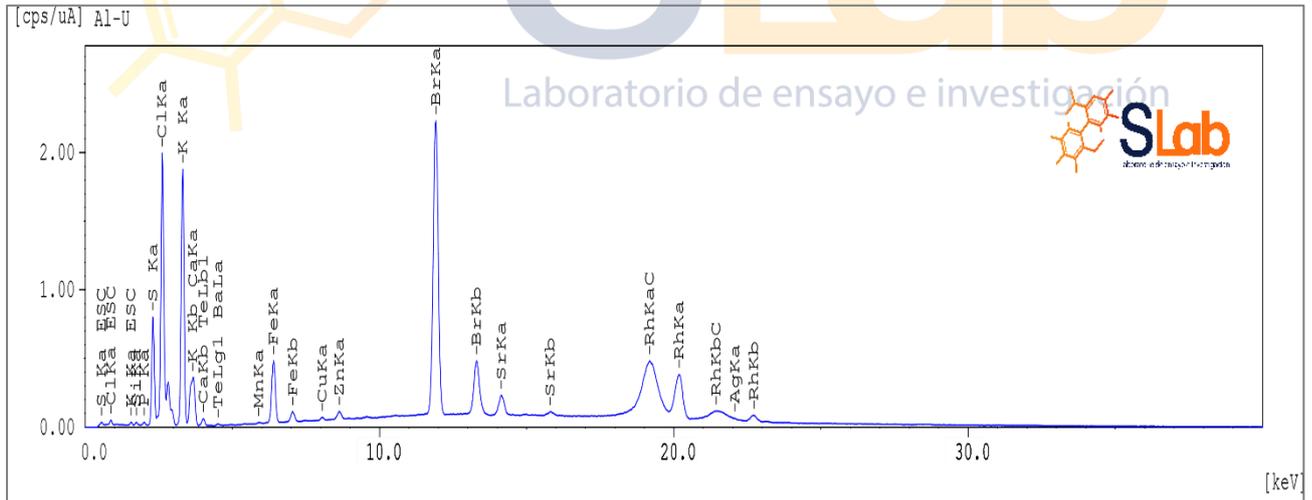


IMAGEN N°1: GRÁFICO DE ENERGÍA DE ANÁLISIS

ANEXO 13: ENSAYO DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X (FRX)

**INFORME DE ENSAYO
IE-2024-3476**

1. DATOS DEL CLIENTE

1.1 Cliente : JEAN MARCO CABELLO LOPEZ
1.2 RUC o DNI : 70878375
1.3 Dirección :

2. DATOS DE LA MUESTRA

2.1 Producto : ALGA MARINA EN POLVO
2.2 Muestreado por : CLIENTE (c)
2.3 Número de Muestras : 01
2.4 Fecha de Recepción : 2024-11-18
2.5 Periodo de Ensayo : 2024-11-19 al 2024-11-26
2.6 Fecha de Emisión : 2024-11-27
2.7 Fecha y Hora de Muestreo : No Precisa
2.8 N° de cotización : COT-158960-SL24

3. ENSAYO SOLICITADO - METODOLOGÍA UTILIZADA

ENSAYO	MÉTODO
Ensayo de Fluorescencia de Rayos X Composición Química por (óxidos): SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , CaO, MgO, K ₂ O, Na ₂ O, etc	Fluorescencia de Rayos X - FRX

4. RESULTADOS

4.1. DESCRIPCIÓN DE MUESTRA: Polvo de Algas Marinas (c)

Título de Tesis: "Influencia de polvo de algas marinas en la permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto en Nuevo Chimbote, Áncash" (c)

Integrantes:

-Araujo Saucedo Jean Pier
-Cabello Lopez Jean Marco (c)



DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO
QUÍMICO
CQP. 1337

4.2. RESULTADOS OBTENIDOS DE ENSAYO DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X

- Equipo Utilizado: SHIMADZU EDX espectrómetro de fluorescencia de rayos X
- Barrido elemental del Na a U, expresados en óxidos.
- Limite de detección del equipo es 0.001%.

Tabla N°1: COMPOSICIÓN QUÍMICA EXPRESADOS COMO ÓXIDOS

Código de laboratorio	Componente	Unidad	LCM	Resultado
S-5645	Óxido de Potasio, K ₂ O	%	0.001	27.756
	Óxido de Calcio, CaO	%	0.001	3.454
	Cloruro, Cl	%	0.001	16.764
	Óxido de Hierro, Fe ₂ O ₃	%	0.001	1.661
	Óxido de Magnesio, MgO	%	0.001	6.109
	Óxido de Sodio, Na ₂ O	%	0.001	21.395
	Óxido de Fósforo, P ₂ O ₅	%	0.001	2.695
	Óxido de Azufre, SO ₃	%	0.001	20.165

Nota: Balance de resultados al 100% de óxidos calculados del análisis elemental (del sodio al uranio) por espectrometría de fluorescencia de rayos X. Análisis semicuantitativo en atmósfera de vacío.

La muestra fue calcinada a 500°C, por 2 horas
Se obtuvo una pérdida por calcinación del 50.12%

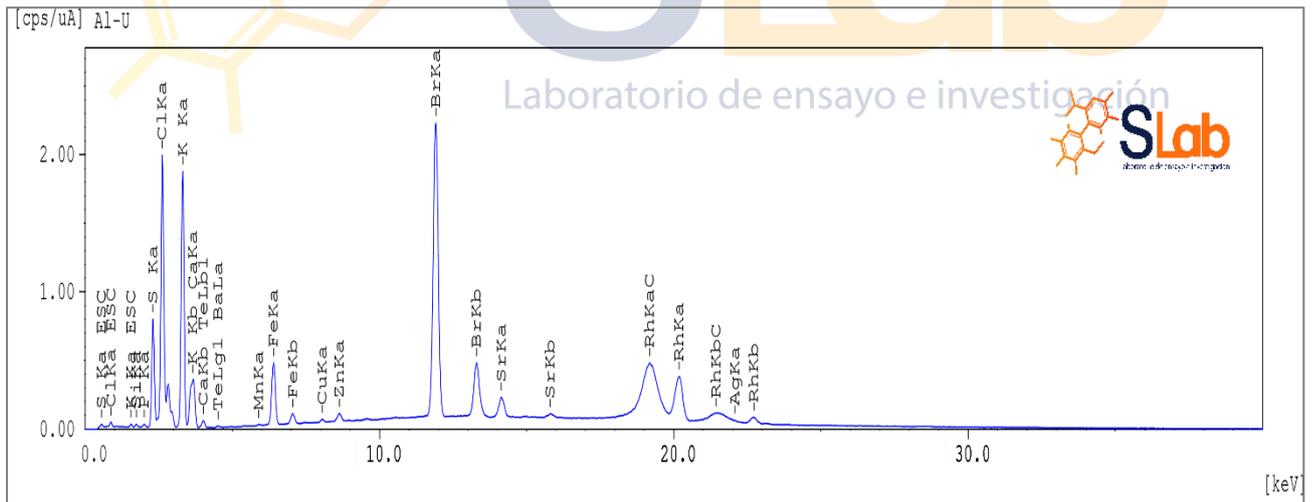


IMAGEN N°1: GRÁFICO DE ENERGÍA DE ANÁLISIS

ANEXO 14: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN



Arso Group
Laboratorio de Metrología

Fecha de emisión	2024/05/17
Solicitante	TECNOLOGIA EN ENSAYO DE MATERIALES S.A.C.
Dirección	CAL.ENRIQUE BARRON NRO. 1231 DPTO. 104 URB. SANTA BEATRIZ LIMA - LIMA - LIMA
Instrumento de medición	MAQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL
Identificación	NO INDICA
Marca	A & A INSTRUMENTS
Modelo	STYE-200
Serie	210406
Capacidad	2000KN
Indicador	NO INDICA
Modelo	RFP-03
Serie	NO INDICA
Bomba	ELECTRICA
Procedencia	PERÚ
Ubicación	Laboratorio de concreto
Lugar de calibración	Instalaciones del cliente
Fecha de calibración	2024/05/17

Método/Procedimiento de calibración

El procedimiento toma como referencia a la norma ISO 7500-1 "Metallic materials - Verification of static uniaxial testing machines", Se aplicaron dos series de carga al Sistema Digital mediante la misma prensa. En cada serie se registraron las lecturas de las cargas.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.



ARSOU GROUP S.A.C.
Ing. Hugo Luis Arevalo Carnica
METROLOGIA

ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437
ventas@arsougroup.com
www.arsougroup.com



Patrones e Instrumentos auxiliares

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia de PUCP	FORCE TRANSDUCER	INF-LE N° 039-23

Condiciones ambientales durante la calibración

Temperatura Ambiental	Inicial: 19 °c	Final: 19 °c
Humedad Relativa	Inicial: 73 %hr	Final: 73 %hr

Resultados

TABLA N° 01
CALIBRACION DE PRENSA HIDRAULICA PARA CONCRETO

SISTEMA DIGITAL "A" KN	SERIES DE VERIFICACIÓN PATRON (kN)				PROMEDIO "B" KN	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE (1) KN	SERIE (2) KN	ERROR (1) %	ERROR (2) %			
100	100.04	100.02	0.04	0.02	100.0	0.03	0.01
200	200.01	199.98	0.00	-0.01	200.0	0.00	0.01
300	299.85	299.93	-0.05	-0.02	299.9	-0.04	0.02
400	400.72	400.61	0.18	0.15	400.7	0.17	0.02
500	500.55	500.49	0.11	0.1	500.5	0.10	0.01
600	600.45	600.34	0.08	0.06	600.4	0.07	0.01
700	699.87	699.96	-0.02	-0.01	699.9	-0.01	0.01
800	799.96	799.99	0	0.00	800.0	0.00	0.00

NOTAS SOBRE CALIBRACION

- La Calibración se hizo según el Método C de la norma ISO 7500-1
- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:
 $Ep = ((A-B) / B) * 100$ $Rp = Error(2) - Error(1)$
- La norma exige que Ep y Rp no excedan el +/- 1.0 %



ARSOU GROUP S.A.C.
Ing. Hugo Luis Arevalo Carnicero
METROLOGIA

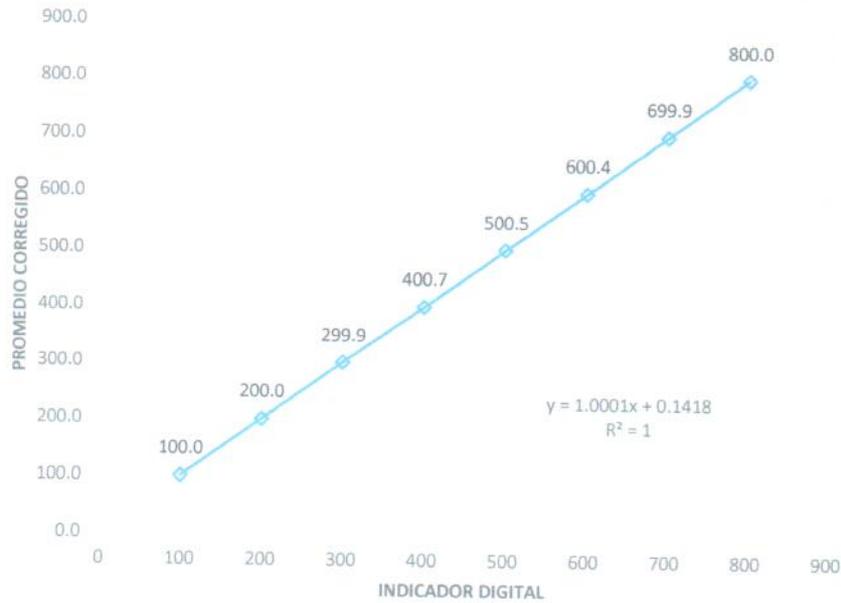
ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martin de Porres, Lima, Perú
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437
ventas@arsougroup.com
www.arsougroup.com



Gráfica (Coeficiente de correlación y Ecuación de Ajuste)

GRAFICO N° 01



Ecuación de ajuste:

Donde: $y = 1,0001x + 0.1418$

Coeficiente Correlación $R^2 = 1$

X : Lectura de la pantalla (KN)

Y : fuerza promedio (KN)



Observaciones

1. Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
2. La incertidumbre de la medición ha sido calculada para un nivel de confianza de aproximadamente del 95%.
3. (*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
4. Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"

Fin de documento

Signature and stamp of the metrologist, including the name 'CARRERA' and 'METROLOGÍA'.

ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú

Tel: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437

ventas@arsougroup.com

www.arsougroup.com

ANEXO 15: PANEL FOTOGRÁFICO

Fotografía 1

Llegada a mercado minorista de peces en el muelle de Chimbote



Fotografía 2

Traslado de algas marinas al Instituto de Investigación Tecnológico Agroindustrial (IITA) de la Universidad Nacional del Santa



Fotografía 3

Muestras de algas marinas a procesar (pulverizado)



Fotografía 4

Colocación de muestra en secadora de bandeja



Fotografía 5

Muestra de algas marinas listas para secado a 60°C por 24 horas en secadora de bandejas



Fotografía 6

Muestra de algas marinas secas



Fotografía 7

Preparación de muestra seca de algas marinas para su colocación en molino de martillo



Fotografía 8

Colocación de muestra de algas marinas en molino de martillo



Fotografía 9

Pulverizado de algas marinas en molino de martillo



Fotografía 10

Polvo de algas marinas obtenido



Fotografía 11

Empaquetado y sellado de muestra de polvo de algas marinas para su traslado a laboratorio de Ingeniería Civil de la UNS



Fotografía 12

Tamizado de polvo de algas marinas por malla N°100



Fotografía 13

Entrada a la cantera "Chero" para muestreo de agregados



Fotografía 14

Toma de muestra de agregado en cantera "Chero"



Fotografía 15

Cuarteo de agregado grueso



Fotografía 16

Tamizado de agregados para análisis granulométrico



Fotografía 17

Peso unitario del agregado grueso



Fotografía 18

Lavado y saturación del agregado grueso por 24 horas



Fotografía 19

Realizando ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso



Fotografía 20

Peso sumergido en agua de muestra de agregado grueso



Fotografía 21

Preparación de muestra de agregado fino para ensayo de peso específico y absorción



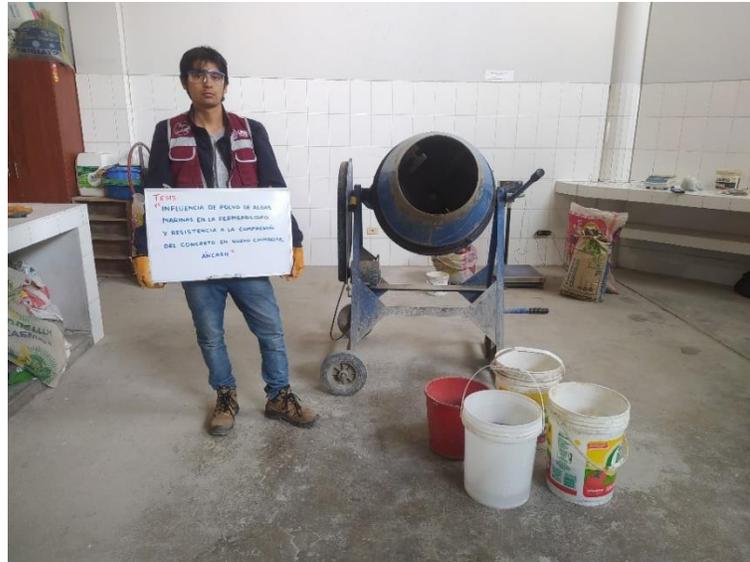
Fotografía 22

Ensayo de peso específico y absorción del agregado fino



Fotografía 23

Realizando mezclas de prueba de concreto



Fotografía 24

Testigos de concreto con la mezcla de prueba



Fotografía 25

Preparación de concreto con polvo de algas marinas



Fotografía 26

Ensayo de asentamiento (Slump)



Fotografía 27

Temperatura del concreto en estado fresco



Fotografía 28

Peso unitario del concreto en estado fresco



Fotografía 29

Rotura de testigos de concreto



Fotografía 30

Piezas de concreto siendo hervidas en agua como parte del ensayo de densidad, absorción y vacíos en el concreto endurecido



Fotografía 31

Peso aparente sumergido de piezas de concreto como parte de ensayo de densidad, absorción y vacíos en el concreto endurecido



Fotografía 32

Llegada a la planta de Sika para la realización del ensayo de profundidad de penetración



Fotografía 33

Probetas de concreto en dispositivo de ensayo para el cálculo de la profundidad de penetración



Fotografía 34

Rotura de probetas ensayadas en dos mitades



Fotografía 35

Probetas listas para cálculo de profundidad de penetración



Fotografía 36

Marcado de frente de penetración en probetas



Fotografía 37

Recorte del papel marcado con el área encerrada por el frente de penetración

